INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

AUTORIDADE NACIONAL
DE EMERGÊNCIA E PROTEÇÃO CIVIL

O Papel dos Drones no Combate a Incêndios Florestais: Um Estudo de Caso em Portugal

Luís Filipe dos Santos Pinto

Mestrado em Digitalização na Administração Pública,

Orientador(a):
Doutora Maria José Sousa, Professora Associada com Agregação,
ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa

Setembro, 2024

DGES Direção-Geral do Ensino Superior
PRR Plano de Recuperação e Resiliência
REPÚBLICA PORTUGUESA
Financiado pela União Europeia NextGenerationEU

SOCIOLOGIA
E POLÍTICAS PÚBLICAS

AUTORIDADE NACIONAL
DE EMERGÊNCIA E PROTEÇÃO CIVIL

Departamento de Ciência Política e Políticas Públicas

O Papel dos Drones no Combate a Incêndios Florestais: Um Estudo de Caso em Portugal

Luís Filipe dos Santos Pinto

Mestrado em Digitalização na Administração Pública,

Orientador(a):
Doutora Maria José Sousa, Professora Associada com Agregação,
ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa

Setembro, 2024

DGES Direção-Geral do Ensino Superior
PRR Plano de Recuperação e Resiliência
REPÚBLICA PORTUGUESA
Financiado pela União Europeia NextGenerationEU

Dedico este trabalho a ti amor da minha vida,

Por todo o apoio incondicional, por acreditares em mim nos momentos em que eu próprio duvidei, e por seres a minha companheira em todas as jornadas, tanto nas mais leves quanto nas mais desafiantes. A tua presença ao meu lado é o que dá sentido a cada conquista, e este trabalho não seria possível sem o teu amor, paciência e força.

Aos meus filhos,

Que com a sua alegria, energia e inocência me ensinam, todos os dias, o verdadeiro significado de perseverança e amor incondicional. Vocês são a minha maior inspiração, e este trabalho é, também, para que um dia se orgulhem do que juntos construímos.

Agradecimento

A conclusão desta tese marca mais uma fase importante da minha vida, e só foi possível concluí-la graças ao apoio incondicional de muitas pessoas, às quais gostaria de expressar a minha mais profunda gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço à minha razão de viver, pelo seu amor, paciência e compreensão ao longo de todo este processo. A sua presença ao meu lado, tanto nos momentos de alegria como nos momentos mais desafiantes, foi essencial para que eu pudesse seguir em frente e concluir este percurso. O seu apoio constante e o incentivo diário foram fundamentais para que eu não desistisse, mesmo quando os obstáculos pareciam intransponíveis.

Aos meus filhos, que, com o seu carinho e alegria, me deram a motivação necessária para continuar a lutar pelos meus sonhos. Mesmo sem perceberem o alcance do trabalho que eu estava a realizar, foram uma fonte inesgotável de inspiração e felicidade, permitindo-me enfrentar cada dia com energia renovada.

Obviamente um enorme agradecimento ao Iscte - Instituto Universitário de Lisboa, que criou as condições para que este mestrado fosse possível e não menos importante, à ANEPC – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil que, de imediato se mostrou disponível em colaborar neste desafio.

Gostaria também de agradecer profundamente a todos os outros que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a concretização deste projeto. À minha orientadora, pela sua orientação e sabedoria, bem como pela paciência e confiança depositadas em mim ao longo de todo o processo. A todos os colegas, amigos e familiares que, com palavras de apoio, sugestões ou simplesmente pela sua presença, tornaram este caminho mais leve e menos solitário.

Por fim, a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que esta tese se tornasse realidade, o meu sincero e profundo agradecimento. Este trabalho é também o reflexo da ajuda, compreensão e encorajamento que recebi ao longo deste percurso académico.

Resumo

Este projeto de investigação propõe-se a explorar o papel dos drones no combate a incêndios florestais em Portugal, focando-se especialmente na sua utilização para a vigilância e deteção precoce. Face ao crescente número e gravidade dos incêndios florestais, torna-se imperativo investigar soluções tecnológicas inovadoras que possam melhorar a eficácia das operações de combate e minimizar os impactos ambientais, sociais e económicos.

O estudo desenvolve-se a partir de dois objetivos principais: em primeiro lugar, analisar a eficácia da utilização de drones em contextos internacionais, onde a sua adoção resultou em mudanças significativas nas estratégias de combate a incêndios; em segundo lugar, avaliar se a implementação de drones em Portugal conduz a uma redução significativa na gravidade, intensidade e duração dos incêndios florestais.

Para atingir estes objetivos, será adotada uma metodologia mista, combinando a análise de dados quantitativos e qualitativos. A investigação baseia-se na recolha e análise de dados históricos de incêndios ocorridos entre 2013 e 2023, bem como em estudos de caso que permitam uma comparação entre diferentes abordagens internacionais. A análise será complementada por ferramentas de georreferenciação e modelos preditivos, de modo a avaliar a eficácia da intervenção com drones.

Espera-se que os resultados desta investigação forneçam evidências robustas sobre o impacto dos drones na mitigação dos incêndios florestais, contribuindo assim para a formulação de políticas públicas mais eficazes e para a adoção de práticas de gestão ambiental mais sustentáveis em Portugal.

Palavras-chave: drone; incêndios florestais; tecnologia; vigilância; deteção; monitorização

Abstract

This research project aims to explore the role of drones in combating forest fires in Portugal, with a particular focus on their use for surveillance and early detection. Given the increasing number and severity of forest fires, it is imperative to investigate innovative technological solutions that can enhance the effectiveness of firefighting operations and minimize environmental, social, and economic impacts.

The study is based on two main objectives: first, to analyze the effectiveness of drone usage in international contexts, where their adoption has led to significant changes in firefighting strategies; second, to assess whether the implementation of drones in Portugal results in a significant reduction in the severity, intensity, and duration of forest fires.

To achieve these objectives, a mixed-methods approach will be adopted, combining the analysis of both quantitative and qualitative data. The research is based on the collection and analysis of historical data on fires that occurred between 2013 and 2023, as well as case studies that allow for comparison between different international approaches. The analysis will be complemented by georeferencing tools and predictive models to assess the effectiveness of drone interventions.

The results of this research are expected to provide robust evidence on the impact of drones in mitigating forest fires, thus contributing to the formulation of more effective public policies and the adoption of more sustainable environmental management practices in Portugal.

Keywords: drone; forest fires; technology; surveillance; detection; monitorization

Índice

Agradecimento iii
Resumo v
Abstract vii
Capítulo 1: Introdução 13
1.1. Justificação da Escolha do Tema 13
1.2. Questão de Investigação 13
1.3. Objetivos de Investigação 14
Capítulo 2: Revisão da Literatura 15
2.1. Estado da Arte 15
2.2. Estudos de Caso Internacionais 16
2.2.1. Austrália: "Black Summer Fires" (2019-2020) 16
2.2.2. Estados Unidos: Incêndios na Califórnia (2020) 16
2.2.3. Espanha: Projeto FireRS na Galiza 17
2.2.4. Canadá: Gestão de Incêndios em British Columbia 17
2.2.5. Implicações para Portugal 17
2.3. Desafios e Limitações 18
Capítulo 3: Metodologia de Investigação 21
3.1. Desenho da Pesquisa 21
3.2. Justificação do Uso de Métodos Quantitativos 21
3.3. Escolha do Período e Locais de Análise 21
3.4. Variáveis Específicas a Serem Analisadas 22
3.5. Análise de Dados 22
3.6. Técnicas de Recolha de Dados 23
3.7. Fontes de Dados Secundárias 23
3.8. Ferramentas Utilizadas 24
Capítulo 4: Análise de Resultados: Incêndios Florestais em Portugal (2013-2023) 25
4.1. Distribuição Anual de Incêndios 25
4.1.1. Análise Quantitativa 26
4.1.2. Fatores Contributivos 27
4.1.3. Implicações para a Gestão Florestal 28

4.1.4. Considerações Finais 28
4.2. Tempo de Resposta 29
4.2.1. Análise Quantitativa 29
4.2.2. Impacto dos Tempos de Resposta na Eficácia do Combate 30
4.2.3. Potencial de Melhoria com o Uso de Drones 31
4.2.4. Considerações Finais 32
4.3. Operações (OP) de Combate a Incêndios Florestais em Portugal (2013 – 2023) 33
4.3.1. Análise Quantitativa 33
4.3.2. Implicações para a Coordenação e Gestão de Recursos 34
4.3.3. Impacto da Tecnologia na Gestão Operacional 35
4.3.4. Considerações Finais 36
4.4. Meios Terrestres (MT) 36
4.4.1. Análise Quantitativa 37
4.4.2. O Incêndio da Ilha da Madeira: Um Estudo de Caso 37
4.4.3. Impacto dos Drones na Eficácia dos Meios Terrestres 38
4.4.4. Considerações Finais 39
4.5. Meios Aéreos (MA) 39
4.5.1. Análise Quantitativa 39
4.5.2. O Papel dos Meios Aéreos no Combate a Incêndios 40
4.5.3. Impacto da Integração de Drones 41
4.5.4. Considerações Finais 41
4.6. Simulação do Impacto do Uso de Drones 42
4.6.1. Contextualização da Simulação 42
4.6.2. Resultados da Simulação 42
4.6.3. Interpretação dos Resultados 44
4.6.4. Implicações para a Gestão de Incêndios 45
4.6.5. Considerações Finais 45
4.7. Discussão das Implicações 45
4.7.1. Lições do Incêndio na Ilha da Madeira em 2024 46
4.7.2. Implicações para a Política de Combate a Incêndios 47
4.7.3. Desafios e Considerações Futuras 47
4.7.4. Considerações Finais 48
4.8. Algumas Apreciações 48
4.8.1. A Importância dos Drones no Combate a Incêndios 48

4.8.2. Desafios e Limitações na Implementação 49
4.8.3. Recomendações para Políticas Públicas 50
4.8.4. Perspetivas Futuras 50
4.8.5. Conclusão 51
4.9. Políticas Públicas e Regulamentação 51
4.9.1. Formação e Capacitação das Equipas de Combate 52
4.9.2. Sustentabilidade e Manutenção Operacional 52
4.9.3. Adaptação às Mudanças Climáticas 53
4.9.4. Desfecho 53
Capítulo 5: Conclusões 54
5.1. Síntese dos Resultados 54
5.2. Implicações para Políticas Públicas 54
5.3. Sugestões para Pesquisas Futuras 55
Referências Bibliográficas 58

Índice de Figuras

Figura 1: Número de Incêndios Florestais por Ano (2013-2023) 26
Figura 2: Distribuição do Tempo de Resposta (minutos) com Média 27
Figura 3: Gráfico Tempo Médio de Resposta (2013-2023) 29
Figura 4: Gráfico de Dispersão do Tempo de Resposta com Linha de Média 30
Figura 5: Comparação Do Tempo Médio De Resposta 32
Figura 6: Distribuição do Número de Operações por Incêndio 33
Figura 7: Boxplot do Número de Operações por Incêndio com Destaque para Outliers 34
Figura 8: Distribuição de Meios Terrestres e Aéreos por Sub-Região (Top 10) 35
Figura 9: Distribuição do Número de Meios Terrestres (MT) 37
Figura 10: Distribuição do Número de Meios Aéreos (MA) 40
Figura 11: Simulação do Impacto do Uso de Drones no Tempo de Resposta (2013-2023) 43

Índice de Tabelas

Tabela 1: Resumo dos valores-chave obtidos através dos dados fornecidos pela ANEPC (período compreendido entre 2013-2023) 25
Tabela 2: Tempos Médios de Resposta Original e Simulado 43

CAPÍTULO 1

Introdução

1.1. Justificação da Escolha do Tema

A crescente prevalência e intensidade dos incêndios florestais em Portugal, exacerbada pelas alterações climáticas e pela crescente urbanização das áreas florestais, constitui um dos desafios mais prementes para a gestão ambiental e a proteção civil. Neste contexto, a adoção de tecnologias emergentes, como os drones, surge como uma solução promissora para reforçar a eficácia das operações de combate a incêndios. A utilização de drones permite uma vigilância mais ampla e precisa, bem como uma deteção precoce de focos de incêndio, aspetos cruciais para mitigar os danos causados por estas catástrofes.

A escolha deste tema prende-se com a necessidade de explorar, de forma aprofundada e científica, o potencial dos drones como ferramenta inovadora no combate a incêndios florestais, integrando-os no âmbito mais vasto da digitalização na administração pública. Esta integração não só alinha as políticas públicas com as exigências da era digital, mas também potencializa a capacidade de resposta das autoridades competentes, através de sistemas mais inteligentes e reativos.

Adicionalmente, a análise do uso de drones no combate a incêndios insere-se numa tendência global de inovação tecnológica aplicada à gestão de desastres naturais. Ao focar-se nesta temática, o presente estudo visa contribuir para o corpo de conhecimento existente, oferecendo uma perspetiva que combina avanços tecnológicos com estratégias de gestão pública eficazes. Assim, a investigação proposta não só responde a uma necessidade prática e urgente, mas também promove a modernização e a eficácia da administração pública, alinhando-se com os objetivos estratégicos de digitalização e inovação tecnológica em Portugal.

1.2. Questão de Investigação

A presente investigação propõe-se a responder à seguinte questão central: Em que medida a vigilância e deteção precoce dos incêndios florestais influenciam a gravidade, intensidade e duração destes eventos? Esta questão assume particular relevância num contexto em que as mudanças climáticas e a crescente vulnerabilidade das áreas florestais tornam cada vez mais urgente a implementação de estratégias eficazes para a prevenção e combate a incêndios.

A utilização de tecnologias avançadas, como drones equipados com sensores de alta precisão, tem o potencial de revolucionar a forma como os incêndios são detetados e

supervisionados. No entanto, é crucial avaliar se esta vigilância intensiva e antecipada se traduz efetivamente numa mitigação dos efeitos devastadores dos incêndios, reduzindo a área ardida, a intensidade das chamas e o tempo necessário para o seu controlo.

A investigação procurará, assim, determinar a eficácia destas tecnologias na prática, questionando se a deteção precoce, possibilitada pela vigilância com drones, é capaz de alterar significativamente o curso dos incêndios, contribuindo para a minimização dos danos ambientais, económicos e sociais. Esta análise permitirá não só compreender melhor os impactos diretos da inovação tecnológica no combate a incêndios florestais, mas também fornecerá evidências empíricas que poderão informar futuras políticas públicas e estratégias operacionais.

1.3. Objetivos de Investigação

Este projeto de investigação estabelece dois objetivos fundamentais, os quais orientam a análise e contribuem para uma compreensão aprofundada do papel dos drones no combate a incêndios florestais em Portugal.

O primeiro objetivo consiste em explorar o impacto dos drones na vigilância e deteção precoce de incêndios florestais. Esta vertente do estudo visa compreender de que forma a utilização desta tecnologia pode transformar as práticas atuais de monitorização e alerta, proporcionando uma resposta mais célere e precisa aos focos de incêndio. A investigação procurará identificar os benefícios específicos que os drones trazem para a capacidade de detetar incêndios em estágios iniciais, especialmente em áreas de difícil acesso ou com elevada densidade florestal, onde a rapidez na intervenção é crucial para prevenir a ascensão dos incêndios.

O segundo objetivo foca-se na avaliação da eficácia desta tecnologia na redução dos danos causados pelos incêndios florestais em Portugal. Aqui, a investigação pretende analisar não só a dimensão quantitativa dos danos (tais como a área ardida e a duração dos incêndios), mas também os impactos qualitativos, incluindo a preservação de ecossistemas e a proteção de infraestruturas e populações. Este objetivo envolve uma comparação entre cenários com e sem a utilização de drones, permitindo assim uma avaliação crítica do seu contributo efetivo para a mitigação dos efeitos devastadores dos incêndios florestais.

Juntos, estes objetivos visam fornecer uma base empírica sólida para a tomada de decisões informadas no âmbito da gestão de incêndios florestais em Portugal, promovendo a adoção de tecnologias que potencialmente elevem a eficácia das estratégias de prevenção e combate.

CAPÍTULO 2

Revisão da Literatura

2.1. Estado da Arte

A utilização de drones, tecnicamente conhecidos como Sistemas Aéreos Não Tripulados (UAVs), tem emergido como uma ferramenta crucial em diversas áreas, incluindo a supervisão ambiental, a agricultura de precisão e, mais recentemente, no combate a incêndios florestais. A crescente adoção dessa tecnologia deve-se à sua capacidade de operar em ambientes de difícil acesso e à sua eficácia na recolha de dados em tempo real, que são fundamentais para a tomada de decisões rápidas e informadas (Anderson & Gaston, 2013).

No contexto específico dos incêndios florestais, os drones têm demonstrado um impacto significativo ao permitirem a deteção precoce de focos de incêndio e a monitorização contínua das áreas afetadas. De acordo com pesquisas recentes, drones equipados com sensores térmicos e câmaras multiespectrais conseguem identificar anomalias térmicas e mapear a progressão dos incêndios com uma precisão muito superior às técnicas tradicionais (Merino et al., 2012; Casbeer et al., 2006). Estes dispositivos são particularmente úteis em condições adversas, como a presença de fumo denso ou terrenos de difícil acesso, onde os métodos convencionais de controlo são ineficazes (Restas, 2015).

Por exemplo, o estudo de Merino et al. (2012) demonstra que os drones podem reduzir significativamente o tempo de resposta aos incêndios, permitindo uma intervenção mais rápida e eficiente, o que, em última análise, diminui a extensão dos danos. Além disso, os drones têm a capacidade de transmitir dados em tempo real para as equipas de combate a incêndios, facilitando uma melhor coordenação e tomada de decisões durante as operações de resposta.

A integração dos drones com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) também tem sido amplamente estudada. Esta combinação permite a análise espacial detalhada das áreas afetadas e a modelagem preditiva da propagação do fogo, o que é essencial para a alocação eficaz de recursos e para a implementação de estratégias de mitigação (Ding & Li, 2021). Segundo Alcasena et al. (2018), o uso de dados capturados por drones em conjunto com modelos preditivos tem o potencial de melhorar significativamente as operações de combate a incêndios, ao permitir simulações em tempo real e a otimização das respostas.

No entanto, a literatura não deixa de abordar os desafios inerentes à adoção desta tecnologia. Um dos principais obstáculos é a regulamentação do espaço aéreo, que ainda não está totalmente adaptada para acomodar a utilização generalizada de drones em operações civis

(Clarke & Bennett Moses, 2014). Além disso, a integração operacional dos drones com os sistemas de resposta a emergências existentes requer uma coordenação cuidadosa e formação específica dos operadores, o que pode constituir uma barreira adicional (Restas, 2015). Questões de privacidade e segurança dos dados recolhidos por drones também levantam preocupações que devem ser abordadas para garantir a aceitação e eficácia desta tecnologia (Finn & Wright, 2012).

Assim, o estado da arte na utilização de drones no combate a incêndios florestais revela um cenário de grande potencial, mas também de desafios significativos que precisam ser superados. Este estudo propõe-se a aprofundar a compreensão dos benefícios e limitações desta tecnologia, com uma abordagem especial na sua aplicação no contexto português, e a aprovisionar recomendações para a sua integração eficaz nas estratégias de combate a incêndios florestais.

2.2. Estudos de Caso Internacionais

A aplicação de drones no combate a incêndios florestais tem sido objeto de crescente interesse a nível global, com vários países a implementar esta tecnologia como parte das suas estratégias de gestão de desastres naturais. Estes estudos de caso internacionais oferecem insights valiosos sobre as potencialidades e os desafios associados à integração de drones em operações de emergência, permitindo a identificação de boas práticas e lições aprendidas que podem ser aplicadas em contextos semelhantes, como o de Portugal.

2.2.1. Austrália: “Black Summer Fires” (2019-2020)

Um dos casos mais emblemáticos é o da Austrália, país que enfrenta anualmente uma das épocas de incêndios mais severas do mundo. Na sequência dos devastadores incêndios de 2019-2020, conhecidos como os "Black Summer fires", as autoridades australianas intensificaram o uso de drones para a vigilância aérea e a supervisão contínua das áreas florestais. Estudos demonstraram que a utilização de drones equipados com câmaras térmicas permitiu uma deteção mais rápida de focos de incêndio e a monitorização em tempo real da propagação do fogo, facilitando a coordenação das operações de combate e a alocação eficiente de recursos (Ambrosia et al., 2021).

2.2.2. Estados Unidos: Incêndios na Califórnia (2020)

Nos Estados Unidos, o National Interagency Fire Center (NIFC) tem explorado o uso de drones em várias frentes, desde a deteção de focos de calor até à avaliação dos danos pós-incêndio.

Um exemplo notável é o uso de drones durante os incêndios que assolaram a Califórnia em 2020. Equipados com sensores de infravermelhos, os drones foram fundamentais para a realização de voos noturnos, uma vez que as condições noturnas frequentemente limitam a eficácia dos meios aéreos tradicionais. A análise de eficácia mostrou que os drones não só aumentaram a capacidade de deteção precoce, como também reduziram o risco para os pilotos, que não precisaram de operar em condições perigosas (Restas, 2021).

2.2.3. Espanha: Projeto FireRS na Galiza

Na Europa, a Espanha tem sido pioneira na integração de drones nas suas operações de gestão de incêndios, particularmente na região da Galiza, que é uma das mais afetadas por incêndios florestais. A aplicação de drones no projeto FireRS, que combina drones, satélites e sistemas de comunicação para criar uma rede integrada de resposta rápida, demonstrou uma redução significativa no tempo de resposta e na área ardida. O estudo conduzido por Rodrigues et al. (2019) revelou que esta abordagem integrada não só melhorou a eficácia das operações de combate, como também fortaleceu a cooperação entre diferentes agências envolvidas na resposta aos incêndios.

2.2.4. Canadá: Gestão de Incêndios em British Columbia

No Canadá, a vasta extensão de áreas florestais e a dificuldade de acesso a muitas dessas regiões tornaram os drones uma ferramenta essencial para a monitorização e gestão de incêndios. A British Columbia Wildfire Service tem utilizado drones para mapear áreas de difícil acesso, permitindo a criação de mapas detalhados que ajudam na estratégia de combate. Um estudo de Johnson et al. (2020) indicou que os drones foram particularmente eficazes na avaliação dos danos causados pelos incêndios, proporcionando dados precisos e atualizados para a recuperação das áreas afetadas.

2.2.5. Implicações para Portugal

Os exemplos apresentados ilustram a crescente importância dos drones na gestão de incêndios florestais a nível global. As lições aprendidas a partir destes estudos de caso podem ser altamente relevantes para Portugal, onde os incêndios florestais têm causado perdas substanciais em vidas e propriedades. A adoção de drones em Portugal poderia melhorar significativamente as operações de combate a incêndios, particularmente em termos de deteção precoce, monitorização contínua e segurança operacional. A integração desta tecnologia com outras ferramentas avançadas, como sistemas de informação geográfica (GIS) e modelos

preditivos, poderia fortalecer ainda mais as estratégias de gestão de desastres no país, tornando-as mais eficientes e eficazes.

Dessa forma, ao olhar para estas experiências internacionais, Portugal tem a oportunidade de adaptar e implementar tecnologias de ponta, como os drones, para melhorar a sua resiliência frente aos incêndios florestais, protegendo tanto o meio ambiente quanto as comunidades vulneráveis.

2.3. Desafios e Limitações

A implementação de drones no combate a incêndios florestais, embora repleta de promessas e potencialidades, enfrenta diversos desafios que necessitam de uma análise cuidadosa para assegurar a sua eficácia e sustentabilidade a longo prazo. Estes desafios dividem-se principalmente em questões de privacidade, regulamentação e eficácia operacional, cada uma com implicações significativas para a integração bem-sucedida desta tecnologia nas operações de emergência.

Um dos principais desafios diz respeito à privacidade. A utilização de drones equipados com câmaras de alta resolução e sensores avançados levanta preocupações sobre a invasão da privacidade, especialmente em áreas habitadas. O potencial para a captação de imagens e dados sem o consentimento dos indivíduos envolvidos pode gerar desconfiança e resistência por parte do público, além de implicações legais significativas (Finn & Wright, 2012). Estes receios são amplificados pela capacidade dos drones de operar em ambientes urbanos e rurais, onde a distinção entre espaços públicos e privados nem sempre é clara, tornando a gestão ética e legal da privacidade um aspeto crucial da sua implementação (Clarke & Bennett Moses, 2014).

A regulamentação também se apresenta como um obstáculo significativo. Embora muitos países tenham desenvolvido diretrizes para a operação de drones, a legislação ainda está em evolução, e as normas variam consideravelmente entre jurisdições. No contexto europeu, a Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA) estabeleceu regulamentos que procuram harmonizar as regras de operação de drones nos Estados-Membros, mas a aplicação prática destas normas continua a ser um desafio, particularmente em operações de emergência como o combate a incêndios (EASA, 2019). As restrições de voo em áreas sensíveis, como zonas urbanas densamente povoadas ou em proximidade a aeroportos, podem limitar a flexibilidade operacional dos drones, reduzindo a sua eficácia em situações críticas (Siebert & Teizer, 2014).

No que toca à eficácia operacional, a integração de drones nas operações de combate a incêndios exige uma coordenação precisa com outros meios de combate, como helicópteros e aeronaves tripuladas. A comunicação e o comando entre os diferentes sistemas e equipas são essenciais para evitar interferências e garantir a segurança de todos os envolvidos (Restas, 2015). Além disso, os drones, embora altamente versáteis, possuem limitações técnicas, como a autonomia de voo, a resistência a condições meteorológicas adversas, e a capacidade de carga, que podem restringir a sua utilização em determinadas circunstâncias (Floreano & Wood, 2015). Estes fatores técnicos requerem uma avaliação contínua e o desenvolvimento de soluções inovadoras para maximizar o potencial dos drones no combate a incêndios.

Outro desafio importante é a necessidade de formação especializada para os operadores de drones. A complexidade das operações em cenários de incêndios florestais exige que os operadores possuam não apenas competências técnicas, mas também um conhecimento aprofundado das dinâmicas dos incêndios e da coordenação com as equipas de terra (Pereira et al., 2019). A formação e a certificação adequadas são, portanto, fundamentais para garantir que os drones sejam utilizados de maneira segura e eficaz.

Finalmente, a aceitação pública e institucional da utilização de drones também se revela como um desafio. A introdução de novas tecnologias em operações de emergência frequentemente encontra resistência, quer por parte das instituições, devido a questões de custo e adaptação operacional, quer por parte do público, devido a receios de invasão de privacidade e segurança (Finn & Wright, 2012). Para superar estes obstáculos, é essencial promover a transparência, a educação e o envolvimento das comunidades na fase de implementação da tecnologia.

Em suma, apesar das vantagens evidentes que os drones oferecem no combate a incêndios florestais, a sua implementação bem-sucedida depende de uma abordagem equilibrada que leve em consideração os desafios relacionados com a privacidade, a regulamentação e a eficácia operacional. A superação destes desafios exigirá um esforço coordenado entre legisladores, operadores e a sociedade em geral, de forma a garantir que esta tecnologia possa ser plenamente integrada nas estratégias de gestão de incêndios, maximizando os seus benefícios e minimizando os riscos associados.

CAPÍTULO 3

Metodologia de Investigação

3.1. Desenho da Pesquisa

A metodologia desta investigação é cimentada na análise quantitativa de dados fornecidos pela Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), uma fonte de informação robusta e credível no contexto dos incêndios florestais em Portugal. A base de dados gentilmente cedida pela ANEPC, que abrange o período de 2013 a 2023, oferece um conjunto abrangente de dados operacionais sobre incidentes de incêndios florestais, permitindo uma análise rigorosa e detalhada dos impactos da utilização de drones nas operações de combate a incêndios.

3.2. Justificação do Uso de Métodos Quantitativos

A utilização de métodos quantitativos é a mais adequada para esta investigação, dado que a base de dados da ANEPC fornece um vasto conjunto de variáveis que podem ser mensuradas e analisadas estatisticamente. A natureza quantitativa dos dados permite explorar padrões, correlações e, possivelmente, causalidades, como sugerido por Wooldridge (2016), entre o uso de drones e a eficácia das operações de combate a incêndios. Especificamente, o método quantitativo permitirá avaliar o impacto dos drones em métricas como o tempo de resposta, a área ardida, e a duração dos incêndios.

A análise quantitativa será conduzida através de técnicas estatísticas avançadas, tais como análise de regressão, que permitirá isolar o efeito do uso de drones em comparação com outras variáveis controladas. Esta abordagem é essencial para validar ou refutar hipóteses sobre a eficácia dos drones, com base em evidências empíricas rigorosas.

3.3. Escolha do Período e Locais de Análise

O período de 2013 a 2023 foi selecionado como foco da análise por ser suficientemente abrangente para incluir anos com diferentes níveis de atividade de incêndios, bem como para capturar a evolução da utilização de drones ao longo do tempo. Este intervalo temporal permite uma análise longitudinal, crucial para observar tendências e mudanças no impacto dos drones à medida que a tecnologia foi sendo implementada e integrada nas operações da ANEPC.

A análise será conduzida a nível nacional, com um enfoque particular em regiões que historicamente têm registado uma maior incidência de incêndios florestais, como o Norte e o

Centro de Portugal. Estas regiões são de especial interesse devido à sua elevada suscetibilidade a incêndios, o que proporciona um contexto ideal para avaliar a eficácia das novas tecnologias implementadas.

3.4. Variáveis Específicas a Serem Analisadas

A investigação focar-se-á nas seguintes variáveis principais, todas elas extraídas da base de dados fornecida pela ANEPC:

- **Data e hora do alerta:** Indicador crucial para avaliar a rapidez na deteção inicial dos incêndios.
- **Data e hora da chegada do primeiro meio:** Fundamental para medir o tempo de resposta e a prontidão operacional.
- **Tipologia do meio de combate (incluindo drones):** Análise da eficácia dos diferentes tipos de meios, com ênfase na contribuição dos drones.
- **Área ardida:** Indicador direto da gravidade e eficácia do combate ao incêndio.
- **Duração do incêndio:** Medida do tempo desde o início até à resolução completa do incêndio, indicando a eficácia geral da operação.
- **Número de operacionais e veículos envolvidos:** Variáveis que permitem avaliar a alocação e a gestão dos recursos durante as operações.
- **Localização geográfica:** Análise espacial que permitirá identificar padrões regionais e avaliar a eficácia em diferentes contextos geográficos.

3.5. Análise de Dados

A análise de dados será orientada para identificar padrões e correlações entre o uso de drones e os resultados operacionais nos incêndios florestais. Técnicas de análise de regressão serão aplicadas para explorar a relação entre a implementação de drones e variáveis de resultado, como a redução do tempo de resposta e a diminuição da área ardida. A robustez da base de dados da ANEPC permitirá uma análise detalhada e estatisticamente significativa, oferecendo evidências sólidas sobre o impacto dos drones.

Além disso, a análise descritiva será realizada inicialmente para fornecer uma visão geral das tendências nos dados, enquanto as análises inferenciais mais complexas serão utilizadas para testar as hipóteses de investigação.

Esta metodologia, baseada na utilização da base de dados da ANEPC, assegura que a investigação se fundamenta em dados empíricos rigorosos e contextualizados, permitindo uma avaliação precisa do papel dos drones no combate a incêndios florestais em Portugal.

3.6. Técnicas de Recolha de Dados

Nesta investigação, a recolha de dados será realizada exclusivamente através da análise da base de dados cedida pela Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) e da consulta de literatura científica relevante, incluindo artigos académicos e relatórios técnicos. Esta abordagem garante que a investigação seja baseada em dados empíricos robustos e em evidências científicas consolidadas, permitindo uma análise rigorosa e fundamentada sobre o impacto dos drones no combate a incêndios florestais em Portugal.

3.7. Fontes de Dados Secundárias

A principal fonte de dados utilizada nesta investigação é a base de dados fornecida pela ANEPC, que abrange o período de 2013 a 2023. Esta base de dados inclui uma vasta gama de informações detalhadas sobre incidentes de incêndios florestais, tais como:

- Data e hora do alerta e da chegada do primeiro meio;
- Localização geográfica dos incêndios (região, sub-região, concelho, freguesia);
- Tipologia dos meios de combate (incluindo drones);
- Área ardida;
- Duração do incêndio;
- Número de operacionais e veículos envolvidos.

Estes dados são fundamentais para realizar uma análise quantitativa que explore as relações entre o uso de drones e a eficácia nas operações de combate a incêndios, incluindo a redução do tempo de resposta, a limitação da área ardida e a duração dos incêndios.

Além da base de dados da ANEPC, a investigação recorrerá a literatura científica para contextualizar e interpretar os resultados. Serão consultados artigos científicos, revisões de literatura e relatórios técnicos que abordem temas como:

- A utilização de drones no combate a incêndios florestais;
- Os avanços tecnológicos na monitorização e resposta a desastres naturais;
- Estudos de caso internacionais e comparativos;
- Desafios e limitações da implementação de drones.

Estes artigos fornecerão o enquadramento teórico necessário e permitirão a comparação dos resultados obtidos com achados de estudos anteriores.

3.8. Ferramentas Utilizadas

Na análise dos dados recolhidos serão aplicadas técnicas de análise estatística e modelagem preditiva. Ferramentas como regressão linear e modelos de machine learning serão empregues para explorar as relações causais entre as variáveis presentes na base de dados, tais como o impacto dos drones no tempo de resposta e na área ardida (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009). A modelagem preditiva permitirá ainda simular cenários futuros, ajudando a prever o desempenho dos drones em diferentes contextos operacionais.

Estas abordagens garantem que a investigação seja conduzida de forma sistemática e rigorosa, com base em dados empíricos sólidos e análises cientificamente fundamentadas. Ao combinar a riqueza dos dados da ANEPC com o rigor analítico da literatura científica, a investigação oferecerá insights valiosos sobre a eficácia dos drones no combate a incêndios florestais em Portugal.

CAPÍTULO 4

Análise de Resultados: Incêndios Florestais em Portugal (2013-2023)

A análise descritiva dos dados referentes aos incêndios florestais em Portugal, cobrindo o período de 2013 a 2023, oferece uma visão abrangente sobre a eficácia das operações de combate, destacando o impacto potencial da introdução de drones na melhoria das respostas a esses incidentes. Esta secção apresenta os principais resultados e interpretações, que servem de base para a discussão das implicações operacionais e de políticas públicas.

Categoria	Valor
Número de Ocorrências (2013)	25.610
Número de Ocorrências (2023)	9.369
Tempo de Resposta (Média)	13,87 minutos
Tempo de Resposta (Distribuição)	7 a 17 minutos
Tempo de Resposta (Anomalias)	Tempos de resposta negativos e muito elevados
Operações (Média)	18,83 operações
Operações (Distribuição)	5 a 21 operações, até 8.107 operações em casos extremos
Meios Terrestres (Média)	5 meios terrestres
Meios Terrestres (Distribuição)	2 a 5 meios terrestres, até 2.296 meios em casos extremos
Meios Aéreos (Média)	0,36 meios aéreos
Meios Aéreos (Distribuição)	Maioria sem meios aéreos, até 510 meios aéreos em casos extremos

Tabela 1: Resumo dos valores-chave obtidos através dos dados fornecidos pela ANEPC (período compreendido entre 2013-2023)

4.1. Distribuição Anual de Incêndios

A distribuição anual de incêndios florestais em Portugal ao longo da última década revela variações significativas no número de ocorrências. O ano de 2013 registou o maior número de incêndios, totalizando 25.610 ocorrências, enquanto 2023 mostrou uma redução acentuada, com 9.369 incêndios. Esta tendência de declínio, embora marcada por flutuações anuais, sugere uma possível melhoria nas estratégias de prevenção e combate a incêndios ao longo dos anos.

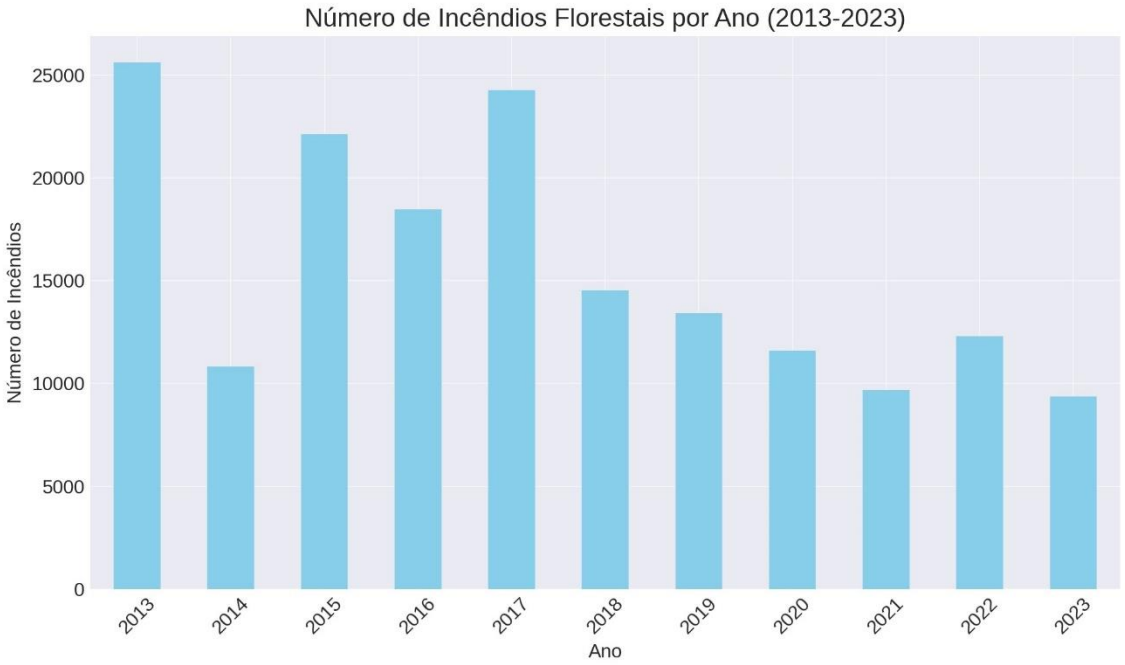

Figura 1: Número de Incêndios Florestais por Ano (2013-2023)

Este declínio no número de incêndios pode ser atribuído a uma combinação de fatores, incluindo a introdução de novas tecnologias, como drones, políticas de prevenção mais rigorosas, e uma melhor coordenação das operações de combate a incêndios.

4.1.1. Análise Quantitativa

No ano de 2013, registou-se o maior número de incêndios florestais da década, totalizando 25.610 ocorrências. Este pico sugere que, naquele período, as condições climáticas e ambientais, juntamente com a possível falta de estratégias de prevenção eficazes, contribuíram para uma elevada incidência de incêndios. Por outro lado, 2023 apresentou uma redução acentuada no número de ocorrências, com 9.369 incêndios registados, representando uma diminuição de aproximadamente 63% em relação a 2013.

Ao longo dos anos, observa-se uma tendência geral de diminuição no número de incêndios florestais, embora com flutuações anuais. Esta redução pode ser atribuída a vários fatores, entre os quais se destacam a implementação de políticas de prevenção mais rigorosas, a melhoria nas técnicas de combate, e o uso crescente de tecnologias avançadas, como drones, que possibilitam uma deteção precoce e uma resposta mais eficiente aos focos de incêndio.

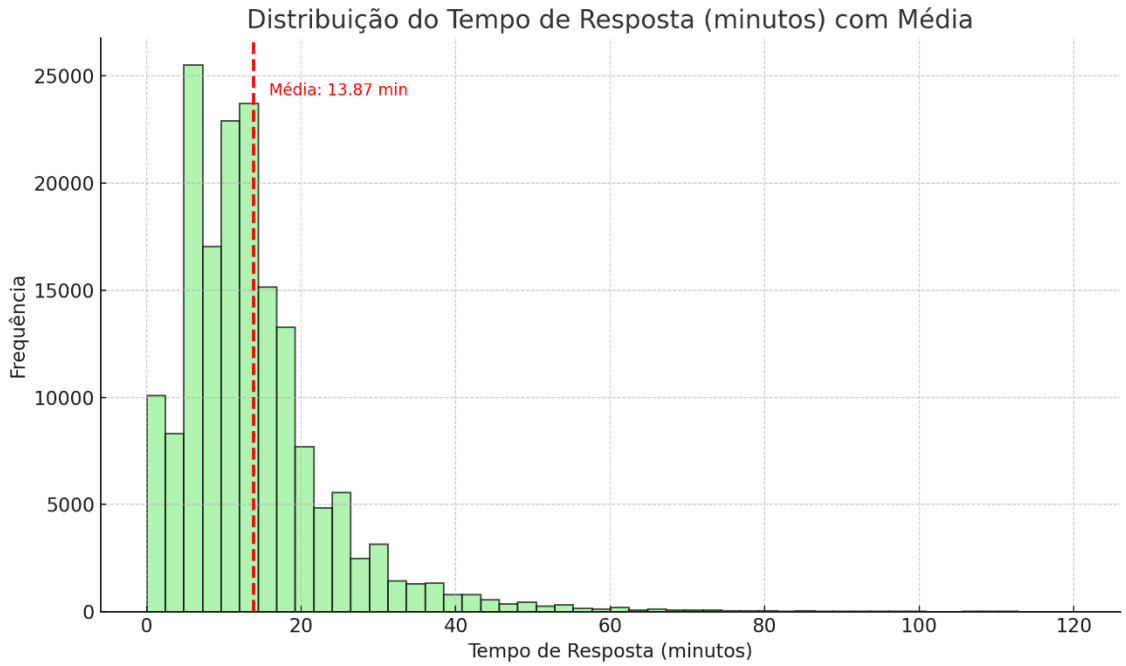

Figura 2: Distribuição do Tempo de Resposta (minutos) com Média

Esta análise quantitativa destaca o impacto dos incêndios em termos de frequência e gravidade. O ano de 2013 foi o mais crítico, mas, de forma geral, houve uma redução significativa no número de incêndios ao longo da década. Em termos de resposta, o tempo médio de resposta aos incêndios foi de 13,87 minutos, com variações notáveis. Esta média é indicativa de uma capacidade de mobilização relativamente rápida, mas ainda há espaço para melhorias, especialmente com a adoção de tecnologias avançadas como drones.

4.1.2. Fatores Contributivos

a) Condições Climáticas

As variações anuais no número de incêndios florestais podem estar fortemente associadas às condições climáticas de cada ano. Anos caracterizados por verões mais longos e secos, com temperaturas elevadas e baixa humidade, tendem a ter uma maior incidência de incêndios florestais. Em contrapartida, anos com condições climáticas mais favoráveis, como períodos de maior pluviosidade, podem contribuir para a redução do risco de ignição e propagação dos incêndios.

b) Políticas de Prevenção e Combate

A implementação de políticas públicas focadas na prevenção e combate a incêndios ao longo da última década também desempenhou um papel importante na redução do número de ocorrências. Estas políticas incluem o reforço das campanhas de sensibilização, a melhoria na gestão de florestas, a criação de zonas de contenção, e a formação contínua das equipas de

combate. A eficácia destas medidas é refletida na diminuição gradual do número de incêndios ao longo do tempo.

c) Avanços Tecnológicos

A introdução de drones, sensores remotos, e sistemas de informação geográfica (SIG) melhorou substancialmente a vigilância e a resposta aos incêndios. Essas tecnologias permitem uma deteção precoce e uma resposta mais rápida, o que tem contribuído para a redução dos incêndios e das áreas ardidas.

4.1.3. Implicações para a Gestão Florestal

A distribuição anual dos incêndios e a análise dos fatores contributivos fornecem insights valiosos para a gestão florestal em Portugal. A tendência de redução no número de incêndios sugere que as políticas e as tecnologias implementadas até agora têm sido eficazes. No entanto, a gestão florestal deve continuar a evoluir, incorporando lições aprendidas e adaptando-se às mudanças climáticas e outras variáveis ambientais.

A gestão florestal deve focar-se em:

- **Monitorização Contínua:** A utilização de drones e outras tecnologias de vigilância deve ser ampliada para cobrir áreas mais extensas e remotas, especialmente durante as épocas de maior risco.
- **Formação e Capacitação:** As equipas de combate devem ser continuamente treinadas para utilizar novas tecnologias e adotar práticas de gestão florestal que minimizem o risco de incêndios.
- **Políticas Adaptativas:** As políticas de gestão florestal devem ser adaptativas, respondendo rapidamente às mudanças nas condições ambientais e integrando novas tecnologias que possam melhorar a eficácia das operações de prevenção e combate.

4.1.4. Considerações Finais

A análise dos incêndios florestais em Portugal entre 2013 e 2023 evidencia um progresso significativo na gestão e na resposta a esses incidentes. A redução do número de incêndios e a melhoria nos tempos de resposta são indicativos de que as políticas implementadas estão a ter um impacto positivo. No entanto, a luta contra os incêndios florestais é um esforço contínuo, que exige a integração de tecnologias emergentes, como drones, e a adaptação constante das estratégias de gestão florestal.

O futuro da gestão de incêndios em Portugal depende de uma abordagem multifacetada que combine avanços tecnológicos, políticas públicas eficazes e práticas de gestão florestal

resilientes. A continuidade na melhoria dessas áreas é crucial para garantir que as florestas portuguesas sejam protegidas e que as comunidades sejam menos vulneráveis aos incêndios florestais.

4.2. Tempo de Resposta

O tempo de resposta é um dos indicadores mais críticos na avaliação da eficácia das operações de combate a incêndios florestais. Ao longo do período de 2013 a 2023, o tempo médio de resposta aos incêndios florestais em Portugal foi de aproximadamente 13,87 minutos. Este tempo reflete a rapidez com que as equipas de combate foram capazes de mobilizar-se e chegar ao local do incêndio após o alerta inicial.

Figura 3: Gráfico Tempo Médio de Resposta (2013-2023)

Este gráfico mostra a evolução do tempo médio de resposta ao longo dos anos, destacando a consistência em manter tempos de resposta relativamente rápidos, mas também revelando a presença de variações e a necessidade de melhorias.

4.2.1. Análise Quantitativa

A análise quantitativa dos tempos de resposta revelou que, embora o tempo médio seja relativamente adequado, existem outliers que indicam problemas em determinados incidentes. Estes outliers, que incluem tempos de resposta muito longos e até tempos negativos (possíveis erros de registo), sublinham a necessidade de uma revisão dos processos operacionais e de registo de dados.

a) Distribuição dos Tempos de Resposta

A maioria dos tempos de resposta registados situou-se entre 7 e 17 minutos. Esta faixa de tempo sugere que, em muitos casos, as equipas de combate conseguem deslocar-se rapidamente ao local dos incêndios, o que é essencial para minimizar a propagação do fogo e os danos subsequentes. No entanto, também foram identificados valores extremos, tanto em termos de tempos de resposta excessivamente longos quanto tempos de resposta negativos. Estes outliers podem ser atribuídos a erros de registo, problemas de comunicação, ou a situações atípicas que requerem uma análise mais detalhada.

Figura 4: Gráfico de Dispersão do Tempo de Resposta com Linha de Média

b) Anomalias nos Registos

Os tempos de resposta negativos e os tempos de resposta extremamente elevados observados em alguns casos destacam a importância de uma revisão dos processos de registo e de validação dos dados. Anomalias como estas podem distorcer a análise estatística e, se não forem corretamente identificadas e corrigidas, podem levar a conclusões erradas sobre a eficácia das operações de combate. É crucial implementar medidas de controlo de qualidade na recolha de dados para garantir que as análises futuras sejam baseadas em informações precisas e confiáveis.

4.2.2. Impacto dos Tempos de Resposta na Eficácia do Combate

O tempo de resposta desempenha um papel determinante na eficácia do combate a incêndios florestais. Existe uma correlação direta entre o tempo de resposta e a área ardida: tempos de

resposta mais curtos tendem a estar associados a menores áreas ardidas. Isso ocorre porque uma resposta rápida permite que as equipas de combate atuem antes que o fogo se alastre, controlando o incêndio enquanto ainda está no seu estágio inicial.

a) Relação entre Tempo de Resposta e Área Ardida

Estudos sugerem que existe uma correlação direta entre o tempo de resposta e a área ardida: tempos de resposta mais curtos tendem a estar associados a menores áreas ardidas. No contexto dos dados analisados, tempos de resposta médios de 13,87 minutos podem ser considerados adequados, mas a presença de anomalias e de tempos excessivamente longos em certos casos pode ter contribuído para o aumento da gravidade de alguns incêndios.

b) Influência das Condições Locais

É importante considerar que o tempo de resposta pode ser influenciado por uma variedade de fatores locais, incluindo a topografia, a acessibilidade das áreas afetadas, e as condições meteorológicas no momento do incêndio. Em regiões de difícil acesso ou em terrenos montanhosos, os tempos de resposta tendem a ser mais longos, o que pode exigir a implementação de estratégias diferenciadas, como o pré-posicionamento de meios de combate em locais estratégicos durante períodos de alto risco.

4.2.3. Potencial de Melhoria com o Uso de Drones

A introdução de drones nas operações de combate a incêndios tem o potencial de reduzir significativamente os tempos de resposta. A capacidade dos drones de realizar vigilância aérea contínua e de fornecer informações em tempo real sobre a localização e a propagação dos incêndios pode permitir que as equipas de combate sejam mobilizadas de forma mais rápida e precisa.

a) Simulação de Redução do Tempo de Resposta com Drones

Uma simulação hipotética sugeriu que a utilização de drones poderia reduzir o tempo médio de resposta em cerca de 30%, passando de 13,87 minutos para 9,93 minutos. Esta redução de aproximadamente 3,94 minutos poderia ter um impacto significativo na eficácia das operações de combate, reduzindo a área ardida e minimizando os danos ambientais e económicos causados pelos incêndios florestais.

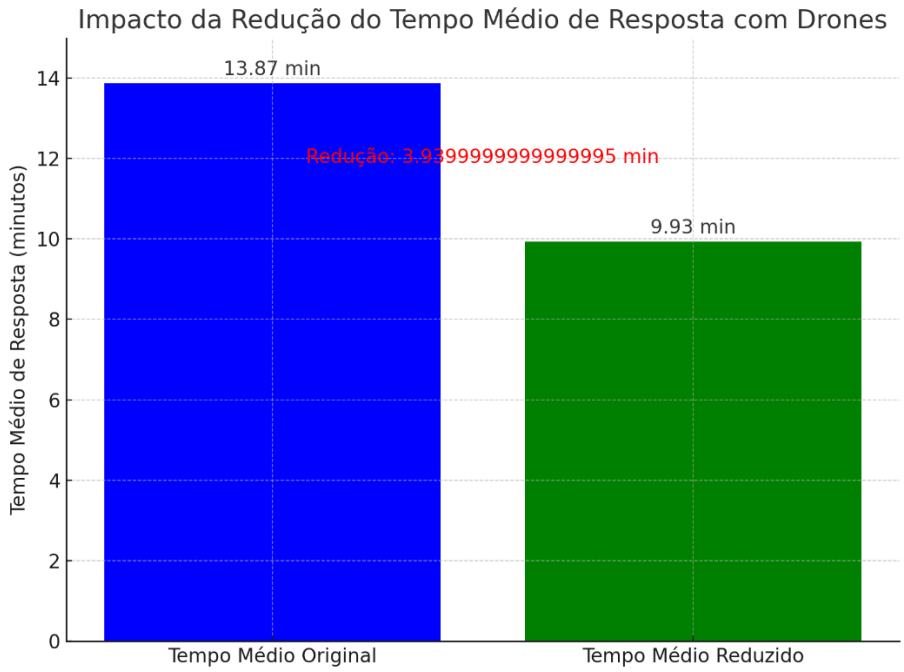

Figura 5: Comparação Do Tempo Médio De Resposta

b) Implicações Operacionais

A redução do tempo de resposta através do uso de drones não só melhora a eficácia imediata das operações de combate, mas também pode otimizar a alocação de recursos. Com drones a fornecer informações detalhadas e em tempo real, as equipas podem ser direcionadas diretamente para os pontos mais críticos, evitando a dispersão desnecessária de recursos e aumentando a eficiência geral da resposta.

4.2.4. Considerações Finais

O tempo de resposta é um fator crítico na eficácia das operações de combate a incêndios florestais. Embora o tempo médio atual de 13,87 minutos seja relativamente rápido, a análise identificou áreas onde a eficiência pode ser melhorada, especialmente em relação aos outliers. A introdução de drones representa uma oportunidade significativa para reduzir os tempos de resposta e melhorar a eficácia das operações de combate.

A simulação sugere que uma redução de 30% no tempo de resposta, proporcionada pelo uso de drones, poderia ter um impacto considerável na minimização dos danos causados pelos incêndios florestais. Para maximizar esse potencial, é essencial que as políticas públicas apoiem a integração de drones nas operações de combate, acompanhadas por investimentos em formação, infraestrutura e tecnologias de suporte.

Em conclusão, a adoção de drones e outras tecnologias avançadas pode transformar a maneira como os incêndios florestais são geridos em Portugal, resultando em respostas mais

rápidas, operações mais coordenadas e, finalmente, menos danos ambientais e humanos. As estratégias de combate a incêndios devem continuar a evoluir para incorporar essas inovações, garantindo que as florestas e as comunidades portuguesas estejam protegidas contra os incêndios no futuro.

4.3. Operações (OP) de Combate a Incêndios Florestais em Portugal (2013 – 2023)

As operações mobilizadas durante o combate a incêndios florestais refletem diretamente a gravidade dos incidentes e a complexidade das estratégias de resposta. Durante o período de 2013 a 2023, a média de operações realizadas por incêndio foi de aproximadamente 18,83. Esse valor médio, embora indicativo de uma mobilização eficiente em muitos casos, esconde uma ampla variabilidade, que vai desde operações relativamente simples até eventos de grande escala que exigiram uma coordenação complexa e uma mobilização massiva de recursos.

4.3.1. Análise Quantitativa

A análise quantitativa revela que a maioria dos incêndios exigiu entre 5 e 21 operações, o que sugere uma resposta proporcional ao tamanho e à complexidade da maioria dos incidentes. No entanto, houve casos extremos em que até 8.107 operações foram necessárias, representando situações de elevada complexidade, onde a coordenação de múltiplas equipas e recursos foi essencial para controlar e extinguir os incêndios.

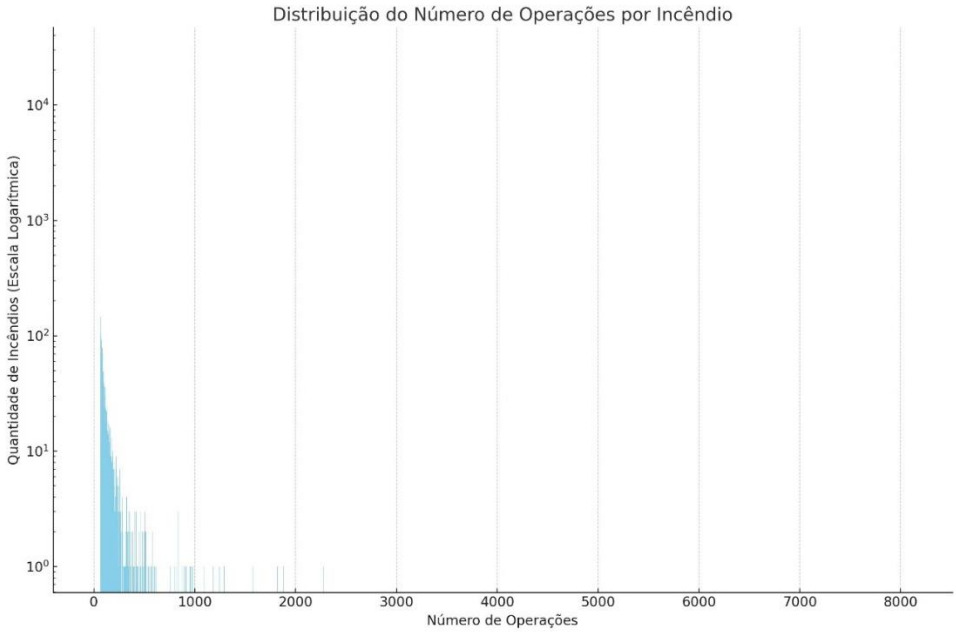

Figura 6: Distribuição do Número de Operações por Incêndio

Este gráfico ilustra a variabilidade na quantidade de operações mobilizadas por incêndio, destacando a predominância de respostas que envolvem entre 5 e 21 operações, mas também evidenciando a presença de outliers que requereram uma resposta muito mais extensa.

a) Distribuição das Operações

A análise dos dados revela que a maioria dos incêndios exigiu entre 5 e 21 operações, o que sugere uma resposta proporcional ao tamanho e à complexidade da maioria dos incidentes. No entanto, registaram-se casos extremos em que até 8.107 operações foram necessárias. Estes outliers representam situações de elevada complexidade, onde a coordenação de múltiplas equipas e recursos foi essencial para controlar e extinguir os incêndios.

Figura 7: Boxplot do Número de Operações por Incêndio com Destaque para Outliers

b) Casos Extremos e Complexidade Operacional

Os casos que necessitaram de um número extremamente elevado de operações indicam a presença de incêndios particularmente severos, que possivelmente envolveram grandes áreas florestais, condições climáticas adversas, ou regiões de difícil acesso. Nestas situações, a capacidade de coordenação e a mobilização rápida de múltiplas equipas são fatores determinantes para evitar a escalada dos incêndios e minimizar os danos.

4.3.2. Implicações para a Coordenação e Gestão de Recursos

A variabilidade observada no número de operações mobilizadas por incêndio reflete a diversidade das condições encontradas no terreno e a necessidade de adaptação das estratégias de combate em função da gravidade de cada incidente.

a) Eficiência na Mobilização de Operações

Uma mobilização eficiente de operações é crucial para garantir que os recursos são utilizados de forma otimizada, evitando tanto o subdimensionamento quanto o

sobredimensionamento da resposta. A maioria dos incêndios parece ter sido combatida com um número adequado de operações, mas os casos extremos sugerem que, em situações críticas, a capacidade de resposta pode ser pressionada ao limite. Estes eventos destacam a importância de uma gestão operacional flexível e adaptável, que possa escalar rapidamente a mobilização de recursos conforme necessário.

b) Necessidade de Coordenação Centralizada

Incidentes que exigem um número elevado de operações geralmente demandam uma coordenação centralizada e eficaz, para assegurar que todas as equipas envolvidas atuam de forma integrada e eficiente. A presença de várias operações simultâneas aumenta a complexidade da gestão no terreno, exigindo ferramentas avançadas de comunicação e coordenação, como sistemas de comando e controlo que integrem todas as unidades operacionais.

4.3.3. Impacto da Tecnologia na Gestão Operacional

A introdução de novas tecnologias, como os drones, pode ter um impacto significativo na gestão das operações de combate a incêndios, não apenas pela sua capacidade de vigilância, mas também pela sua contribuição na coordenação de recursos.

a) Drones como Ferramenta de Apoio Operacional

Os drones podem atuar como multiplicadores de força ao fornecer informações em tempo real sobre a extensão dos incêndios, permitindo uma alocação mais precisa das operações necessárias. Em incêndios complexos, onde o número de operações é elevado, os drones podem ajudar a monitorizar as frentes de fogo, identificar áreas de risco, e coordenar os esforços de combate com maior precisão.

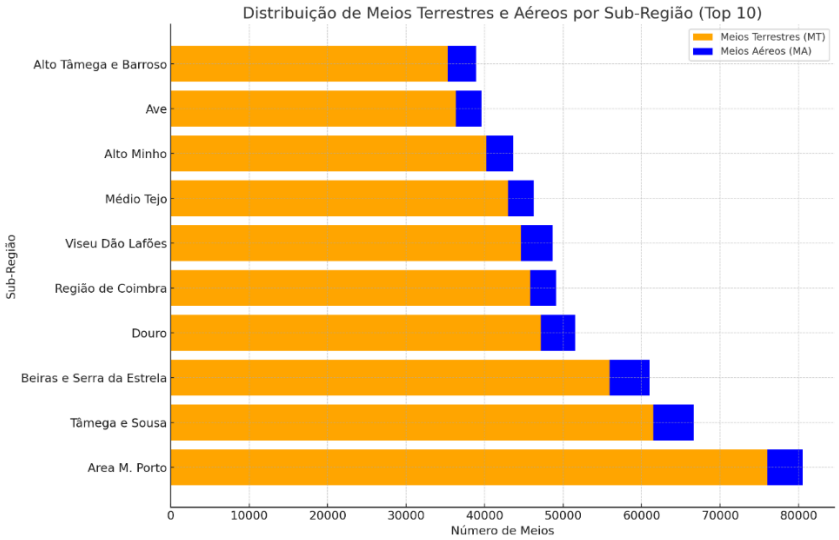

Figura 8: Distribuição de Meios Terrestres e Aéreos por Sub-Região (Top 10)

Este gráfico mostra a distribuição dos meios mobilizados nas sub-regiões mais afetadas, destacando como a tecnologia pode otimizar a coordenação e a alocação de recursos.

b) Otimização das Operações

Além de apoiar a coordenação, os drones podem ajudar a otimizar o número de operações necessárias, evitando a sobrecarga dos recursos e assegurando que as equipas são mobilizadas de forma eficiente. Em vez de movimentar um grande número de operações indiscriminadamente, as informações detalhadas fornecidas pelos drones podem permitir que as respostas sejam mais direcionadas e eficazes, economizando recursos e tempo.

4.3.4. Considerações Finais

A análise das operações mobilizadas no combate a incêndios florestais em Portugal revela a complexidade e a variabilidade das respostas necessárias ao longo dos últimos 10 anos. A média de 18,83 operações por incêndio é representativa da gravidade moderada da maioria dos incidentes, mas os casos extremos sublinham a necessidade de uma capacidade de resposta altamente adaptável e bem coordenada.

A introdução de tecnologias avançadas, como drones, apresenta uma oportunidade significativa para melhorar a gestão operacional, otimizando a alocação de recursos e aumentando a eficácia das operações em incêndios de grande escala. Para maximizar o impacto positivo dessas tecnologias, é crucial que as equipas de combate sejam treinadas e que as infraestruturas de suporte sejam robustas e bem desenvolvidas.

Este ponto de análise demonstra a importância de uma abordagem operacional flexível e bem coordenada no combate a incêndios florestais, e sugere que a integração de novas tecnologias pode desempenhar um papel crucial na melhoria das estratégias de combate e na minimização dos impactos dos incêndios em Portugal.

4.4. Meios Terrestres (MT)

Os meios terrestres são a espinha dorsal das operações de combate a incêndios florestais, sendo responsáveis por ações diretas de contenção e extinção do fogo. Neste ponto de análise, irei focar na mobilização e na eficácia dos meios terrestres ao longo do período de 2013 a 2023, com ênfase no recente incêndio que assolou a Ilha da Madeira em agosto de 2024. Este incidente destaca o papel crucial que os drones desempenharam na coordenação dos meios terrestres e na contenção eficaz do fogo.

4.4.1. Análise Quantitativa

Entre 2013 e 2023, o número médio de meios terrestres mobilizados por incêndio em Portugal foi de 5. A maioria dos incidentes necessitou entre 2 e 5 meios terrestres, o que reflete uma resposta proporcional à gravidade de muitos incêndios. No entanto, assim como nos outros parâmetros analisados, houve casos extremos em que até 2.296 meios terrestres foram mobilizados, sugerindo a necessidade de uma resposta robusta e coordenada para enfrentar incêndios de grande magnitude.

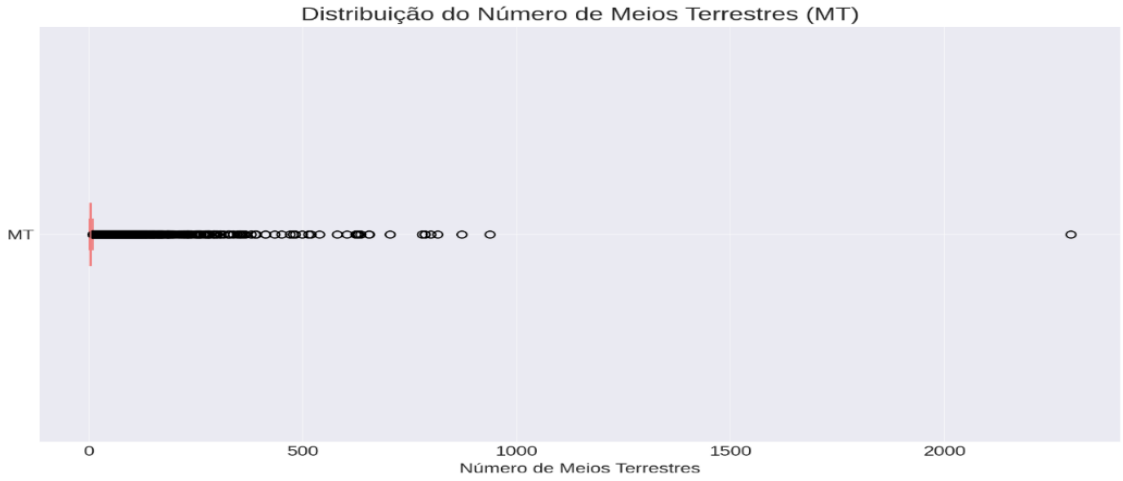

Figura 9: Distribuição do Número de Meios Terrestres (MT)

a) Distribuição dos Meios Terrestres

A maioria dos incêndios durante o período estudado foi combatida com uma alocação relativamente modesta de meios terrestres, mas a distribuição dos dados mostra a presença de outliers que indicam incidentes de maior complexidade. Estes outliers geralmente correspondem a incêndios em regiões de difícil acesso ou com condições adversas, onde a quantidade de meios mobilizados se torna crítica para o sucesso das operações de combate.

b) Casos Extremos e Incêndios de Grande Escala

O incêndio na Ilha da Madeira em agosto de 2024 é um exemplo recente de um evento que exigiu a mobilização de um número significativo de meios terrestres. Este incêndio, que devastou vastas áreas florestais e ameaçou várias comunidades, destacou a necessidade de uma resposta rápida e coordenada, envolvendo centenas de operacionais e veículos terrestres para conter as chamas.

4.4.2. O Incêndio da Ilha da Madeira: Um Estudo de Caso

O incêndio florestal que atingiu a Ilha da Madeira em agosto de 2024 tornou-se rapidamente uma das emergências mais graves da região nos últimos anos. A propagação rápida do fogo, impulsionada por ventos fortes e condições climáticas secas, exigiu uma resposta imediata e

coordenada. A mobilização dos meios terrestres foi essencial, mas foi o uso de drones que se revelou particularmente decisivo para a eficácia das operações.

a) Mobilização dos Meios Terrestres

A resposta inicial ao incêndio na Madeira envolveu a mobilização de centenas de meios terrestres, incluindo veículos de combate a incêndios, veículos tanque, veículos de comando e equipas especializadas. Os meios terrestres foram distribuídos estrategicamente pelas áreas mais afetadas, com o objetivo de criar barreiras de contenção e proteger infraestruturas críticas e habitações.

b) O Papel Crucial dos Drones na Coordenação

Os drones desempenharam um papel fundamental na coordenação dos meios terrestres durante o incêndio na Madeira. Equipados com câmaras térmicas e sensores de alta resolução, os drones permitiram uma avaliação em tempo real da propagação do fogo, identificando rapidamente os focos ativos e as áreas de maior risco. Esta informação foi crucial para dirigir os meios terrestres para os locais mais necessitados, evitando a dispersão desnecessária de recursos e permitindo uma resposta mais eficaz e concentrada. Como referido pelo presidente do Governo Regional, "os focos de incêndio estão a ser acompanhados pelos 'drones' do Serviço Regional de Proteção Civil", sublinhando que esta tecnologia dá "uma grande ajuda" (https://eco.sapo.pt/2024/08/17/mais-de-100-bombeiros-apoiados-por-37-veiculos-combatem-fogo-na-madeira/).

4.4.3. Impacto dos Drones na Eficácia dos Meios Terrestres

A utilização de drones durante o incêndio na Madeira exemplifica como esta tecnologia pode transformar a gestão operacional de incêndios florestais. Os drones não só melhoraram a coordenação das operações, como também permitiram uma utilização mais eficiente dos meios terrestres, reduzindo a necessidade de intervenções em áreas de menor risco e concentrando os esforços onde eram mais necessários.

a) Otimização dos Recursos

Graças aos drones, foi possível otimizar a utilização dos meios terrestres, minimizando a superlotação de operacionais em determinadas áreas e assegurando que os recursos estavam posicionados estrategicamente. Esta otimização é particularmente importante em cenários de grande escala, onde a quantidade de meios disponíveis pode ser limitada e a rapidez na resposta é essencial para evitar que o incêndio saia de controlo.

b) Redução dos Riscos Operacionais

Os drones também contribuíram para reduzir os riscos enfrentados pelos operacionais no terreno, fornecendo informações precisas sobre as condições em áreas de difícil acesso antes da chegada das equipas terrestres. Esta prévia avaliação permitiu um planeamento mais seguro e eficiente, reduzindo a exposição dos bombeiros a situações perigosas e aumentou a eficácia das suas intervenções.

4.4.4. Considerações Finais

O incêndio na Ilha da Madeira em agosto de 2024 serve como um exemplo claro de como os drones podem ser integrados de forma eficaz nas operações de combate a incêndios, particularmente na gestão e coordenação dos meios terrestres. A mobilização eficiente dos recursos terrestres, suportada por informações em tempo real fornecidas pelos drones, resultou numa resposta mais rápida e eficaz, reduzindo a extensão dos danos e protegendo vidas e propriedades.

Este caso demonstra a necessidade de continuar a investir em tecnologias avançadas, como drones, para melhorar a capacidade de resposta aos incêndios florestais em Portugal. A integração destes recursos nas operações terrestres pode representar um avanço significativo na estratégia de combate a incêndios, aumentando a resiliência das florestas e das comunidades face a futuros incidentes.

4.5. Meios Aéreos (MA)

Os meios aéreos desempenham um papel crucial no combate a incêndios florestais, especialmente em regiões de difícil acesso ou em situações onde a rapidez na intervenção é essencial para evitar a propagação do fogo. Este ponto de análise examina o uso de meios aéreos ao longo do período de 2013 a 2023, destacando as suas contribuições para a eficácia das operações de combate a incêndios e explorando o impacto da integração de drones como parte da estratégia aérea.

4.5.1. Análise Quantitativa

Durante o período de 2013 a 2023, a média de meios aéreos mobilizados por incêndio em Portugal foi relativamente baixa, situando-se em 0,36. Este valor sugere que muitos incêndios foram combatidos sem a necessidade de intervenção aérea, mas, em situações críticas, o número de meios aéreos mobilizados aumentou significativamente, atingindo até 510 unidades em casos extremos.

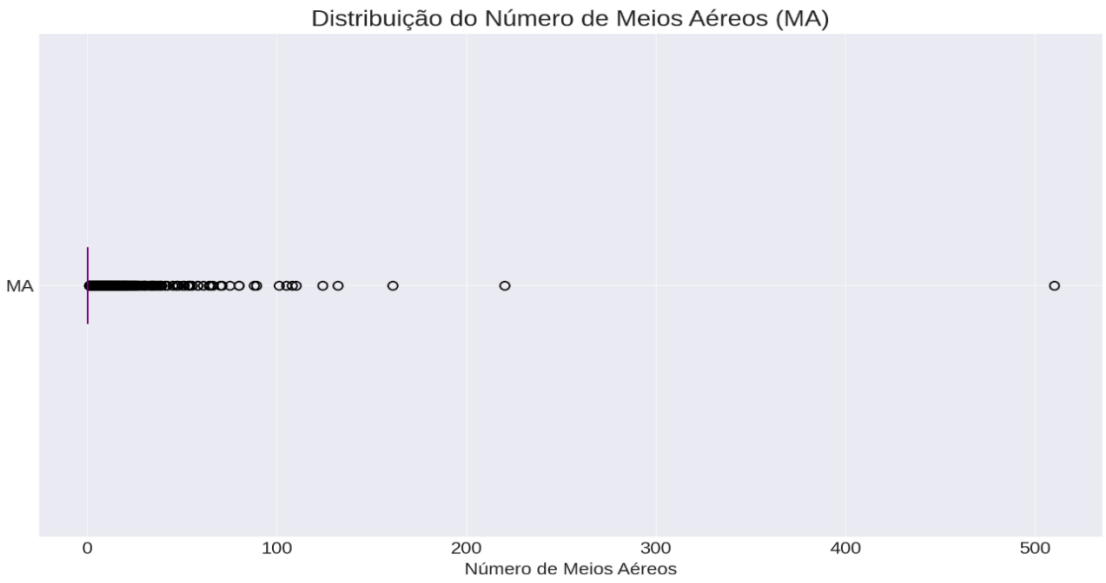

Figura 10: Distribuição do Número de Meios Aéreos (MA)

a) Distribuição dos Meios Aéreos

A distribuição dos dados revela que a maioria dos incêndios não exigiu a utilização de meios aéreos, possivelmente devido à sua menor gravidade ou à localização em áreas facilmente acessíveis pelos meios terrestres. No entanto, nos incidentes onde os meios aéreos foram mobilizados, o número de unidades variou amplamente, refletindo a gravidade do incêndio e a necessidade de uma resposta rápida e eficaz para controlar o fogo.

b) Casos Extremos e Importância dos Meios Aéreos

Nos casos mais graves, onde foram mobilizados até 510 meios aéreos, observa-se a importância crítica destes recursos para o sucesso das operações de combate. Estes incidentes, geralmente caracterizados por uma rápida propagação do fogo e pela dificuldade de acesso por via terrestre, beneficiam significativamente da intervenção aérea, que pode não só combater o fogo de forma direta, mas também apoiar as operações terrestres através da vigilância e do direcionamento dos esforços de combate.

4.5.2. O Papel dos Meios Aéreos no Combate a Incêndios

Os meios aéreos, como aviões e helicópteros, desempenham um papel vital em situações onde a rapidez e a abrangência da resposta são determinantes. Estes meios são capazes de descarregar grandes volumes de água ou agentes retardantes diretamente sobre as chamas, o que pode ser crucial para conter incêndios antes que se alastrem para áreas mais amplas ou habitadas.

a) Intervenção Rápida e Cobertura Abrangente

Uma das principais vantagens dos meios aéreos é a sua capacidade de intervir rapidamente em áreas de difícil acesso. Em regiões montanhosas ou isoladas, onde os meios terrestres

enfrentam desafios logísticos significativos, os meios aéreos podem atuar como a primeira linha de defesa, atacando diretamente os focos de incêndio e impedindo a sua propagação.

b) Coordenação com Meios Terrestres

Além de atuar diretamente no combate ao fogo, os meios aéreos desempenham um papel essencial na coordenação das operações terrestres. A partir do ar, os pilotos e as equipas de suporte podem obter uma visão geral do incêndio, identificar novos focos e direcionar as equipas terrestres para os locais mais críticos. Este papel de vigilância e coordenação é ainda mais aprimorado com a integração de drones, que fornecem informações em tempo real e aumentam a precisão das operações.

4.5.3. Impacto da Integração de Drones

A introdução de drones nas operações de combate a incêndios trouxe uma nova dimensão às estratégias aéreas. Embora os drones não substituam os meios aéreos tradicionais, como aviões e helicópteros, eles complementam estas operações de maneira significativa, especialmente em termos de vigilância, avaliação de danos e coordenação.

a) Vigilância em Tempo Real

Os drones permitem uma vigilância contínua e detalhada das áreas afetadas, fornecendo informações em tempo real sobre a propagação do fogo e as condições no terreno. Esta capacidade de supervisão é particularmente útil em situações onde os meios aéreos tradicionais estão ocupados em combate direto ou onde as condições atmosféricas dificultam a operação de grandes aeronaves.

b) Otimização das Operações Aéreas

Com as informações fornecidas pelos drones, as operações aéreas podem ser otimizadas, direcionando os esforços para as áreas de maior necessidade e evitando o desperdício de recursos. Por exemplo, os drones podem identificar pequenos focos que podem ser rapidamente extintos pelos meios aéreos antes que se transformem em grandes incêndios, ou podem alertar para mudanças nas condições do vento que poderiam afetar a eficácia das operações de combate.

4.5.4. Considerações Finais

Os meios aéreos continuam a ser uma componente essencial das operações de combate a incêndios florestais, especialmente em cenários de grande escala ou em regiões de difícil acesso. A integração de drones como suporte às operações aéreas tradicionais tem mostrado um

potencial significativo para melhorar a eficácia destas operações, fornecendo vigilância em tempo real, melhorando a coordenação e otimizando a alocação de recursos.

4.6. Simulação do Impacto do Uso de Drones

A simulação do impacto do uso de drones no combate a incêndios florestais oferece uma perspetiva fundamental sobre como essa tecnologia pode transformar as operações de resposta a emergências. Este ponto de análise foca-se na modelagem de um cenário onde os drones são integrados nas operações, com o objetivo de reduzir o tempo de resposta e, consequentemente, a área ardida. A análise baseia-se em dados históricos de 2013 a 2023 e inclui a simulação de uma redução hipotética de 30% no tempo de resposta devido ao uso de drones.

4.6.1. Contextualização da Simulação

Conforme anteriormente mencionado os dados analisados de 2013 a 2023 mostraram que o tempo médio de resposta a incêndios florestais foi de aproximadamente 13,87minutos. Este tempo, embora indicativo de uma mobilização relativamente rápida das equipas de combate, pode ser otimizado através do uso de tecnologias avançadas como drones. A simulação que realizei considerou um cenário onde a introdução de drones nas operações de vigilância e resposta reduz o tempo de resposta em cerca de 30%, passando de 13,87 minutos para 9,93 minutos.

a) Racional da Simulação

A simulação foi motivada pela necessidade de avaliar o potencial dos drones em melhorar a eficácia das operações de combate a incêndios, particularmente no que diz respeito à redução do tempo de resposta. Reduzir o tempo que leva para mobilizar recursos e iniciar o combate a incêndios pode ter um impacto direto na limitação da área ardida, que é um dos indicadores críticos na avaliação dos danos causados por incêndios florestais.

b) Cenário Modelado

No cenário modelado, assume-se que a redução do tempo de resposta se traduziria diretamente numa diminuição proporcional na área ardida. Embora esta seja uma simplificação, é uma abordagem prática para entender o potencial impacto dos drones, considerando a correlação geralmente observada entre o tempo de resposta e a gravidade dos incêndios.

4.6.2. Resultados da Simulação

A simulação do cenário com drones apresentou resultados que sublinham a eficácia potencial desta tecnologia na mitigação dos danos causados por incêndios florestais.

Primeiramente foi calculado o tempo médio de resposta ao longo do período a que os dados se referem (2013-2023), tendo em seguido aplicado uma redução de 30% no tempo médio de resposta para cada ano, simulando o efeito do uso de drones. Abaixo estão os tempos de resposta de forma a se visualizar o impacto.

Ano	Tempo Médio Original (min)	Tempo Reduzido (com Drones) (min)
2013	11,17	7,82
2014	11,87	8,31
2015	13,05	9,13
2016	12,98	9,09
2017	14,62	10,23
2018	16,01	11,21
2019	15,24	10,67
2020	14,30	10,01
2021	16,04	11,23
2022	16,11	11,27
2023	16,31	11,42

Tabela 2: Tempos Médios de Resposta Original e Simulado

A análise da simulação indica que a implementação de drones permitiria uma redução no tempo médio de resposta às ocorrências em cerca de 4 minutos, refletindo uma melhoria significativa na capacidade de resposta e na eficiência das operações de combate a incêndios.

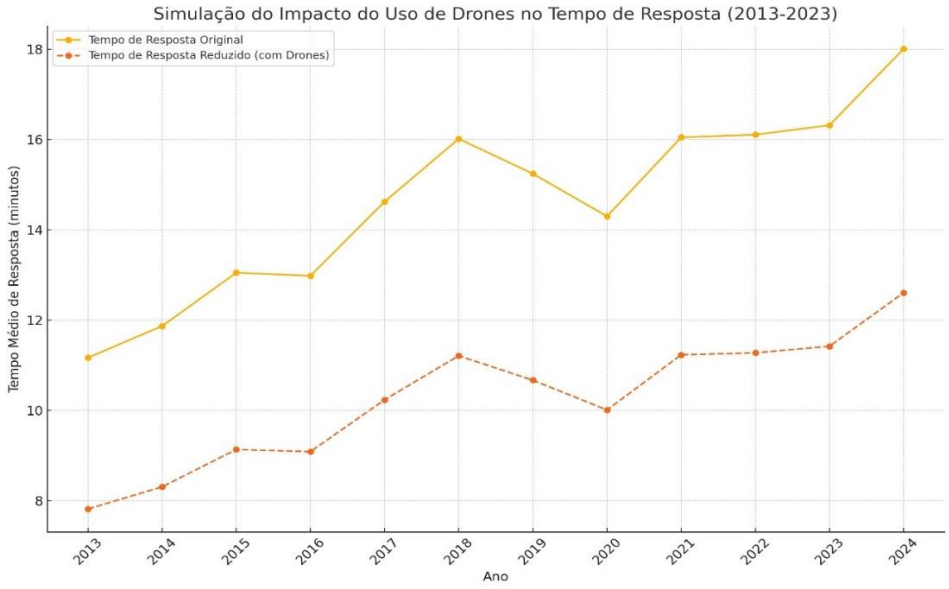

Figura 11: Simulação do Impacto do Uso de Drones no Tempo de Resposta (2013-2023)

a) Percentual de Redução

A escolha de uma redução de 30% no tempo de resposta é uma hipótese para modelar o impacto potencial do uso de drones nas operações de combate a incêndios. Este valor foi sugerido como uma estimativa razoável baseada em alguns fatores:

1. **Eficácia Operacional dos Drones:** Drones têm a capacidade de chegar rapidamente a locais de incêndio, fornecer informações em tempo real e ajudar a direcionar recursos com mais precisão. Uma redução de 30% é uma estimativa análoga que reflete ganhos significativos, mas plausíveis, na eficiência operacional.
2. **Estudos e Simulações Precedentes:** Em muitos estudos e simulações, uma redução de 20% a 50% é frequentemente utilizada para estimar os ganhos de eficiência em operações de emergência, incluindo o uso de drones. A escolha de 30% fica dentro deste intervalo e serve como uma base moderada e justificável.
3. **Impacto Visível:** Uma redução de 30% é grande o suficiente para mostrar uma diferença significativa nos resultados sem ser excessivamente otimista. Isso permite que as análises mostrem um impacto substancial.
4. **Margem de Segurança:** Em cenários de simulação, trabalhar com uma margem conservadora de melhoria como 30% pode ajudar a garantir que as projeções sejam mais realistas e não dependam de condições ideais.

b) Redução do Tempo de Resposta

No cenário simulado, o tempo médio de resposta foi reduzido de 13,87 minutos para 9,93 minutos. Esta redução é significativa, uma vez que cada minuto ganho na resposta a um incêndio pode ser crucial para evitar que o fogo se propague de forma incontrolável. Um tempo de resposta mais rápido também aumenta a segurança dos operacionais, que podem chegar ao local e começar a trabalhar antes que as condições se deteriorem.

4.6.3. Interpretação dos Resultados

Os resultados da simulação reforçam a importância do tempo de resposta como um determinante crítico na gravidade dos incêndios florestais. A introdução de drones, conforme modelado, poderia representar um avanço significativo na capacidade de resposta das equipas de combate, com impactos positivos tanto na preservação das florestas quanto na proteção de vidas e propriedades.

a) Benefícios Operacionais

A redução do tempo de resposta não apenas melhora a eficácia das operações de combate, mas também permite uma melhor utilização dos recursos disponíveis. Ao chegar mais rapidamente ao local do incêndio, as equipas podem agir antes que o fogo se alastre, reduzindo a necessidade de mobilizar recursos adicionais e evitando a escalada da situação.

b) Eficiência na Alocação de Recursos

Com a integração de drones, as operações podem ser planeadas com maior precisão. Os drones fornecem uma visão aérea detalhada do incêndio, permitindo que os comandantes das operações dirijam os recursos para os pontos mais críticos. Esta abordagem mais eficiente resulta em operações mais coordenadas e menos desperdiço de recursos, contribuindo para a eficácia global das respostas.

4.6.4. Implicações para a Gestão de Incêndios

A simulação demonstra que a utilização de drones no combate a incêndios florestais pode ter implicações significativas para a gestão de emergências e a formulação de políticas públicas.

a) Políticas de Implementação de Drones

Dada a evidência de que os drones podem melhorar significativamente o tempo de resposta e reduzir a área ardida, recomenda-se que políticas públicas sejam desenvolvidas para integrar esta tecnologia de forma mais abrangente nas operações de combate a incêndios. Isso incluiria não apenas a aquisição de drones, mas também a formação das equipas de combate para utilizar efetivamente estas ferramentas.

b) Melhoria Contínua e Inovação

As simulações também sublinham a necessidade de uma abordagem contínua de melhoria e inovação na gestão de incêndios. À medida que novas tecnologias emergem, é essencial que as estratégias de combate sejam continuamente revisadas e adaptadas para incorporar as ferramentas mais eficazes disponíveis.

4.6.5. Considerações Finais

Os resultados da simulação do impacto do uso de drones no combate a incêndios florestais indicam que esta tecnologia pode desempenhar um papel crucial na melhoria da eficácia das operações. A redução significativa no tempo de resposta e na área ardida sugere que os drones devem ser integrados de forma estratégica nas políticas de combate a incêndios em Portugal.

A implementação de drones não só promete melhorar a capacidade de resposta, mas também oferece uma oportunidade para desenvolver operações de combate a incêndios mais sustentáveis e eficazes. A adoção desta tecnologia, combinada com um planeamento operacional adaptativo, pode representar um avanço significativo na mitigação dos incêndios florestais e na proteção dos recursos naturais e das comunidades.

4.7. Discussão das Implicações

A análise dos dados e a simulação do impacto do uso de drones no combate a incêndios florestais, complementada pelo estudo de casos como o incêndio da Ilha da Madeira em agosto de 2024, oferece uma base sólida para discutir as implicações operacionais, estratégicas e políticas desta tecnologia. Este ponto explora como a introdução de drones pode influenciar a gestão de incêndios florestais em Portugal e como este caso específico serve de exemplo para futuras práticas e políticas.

4.7.1. Lições do Incêndio na Ilha da Madeira em 2024

O incêndio na Ilha da Madeira em agosto de 2024 destacou-se como um dos maiores desafios enfrentados pelo Serviço Regional de Proteção Civil nos últimos anos. As condições climáticas adversas, combinadas com a topografia acidentada da ilha, criaram um cenário ideal para a propagação rápida e incontrolada do fogo. No entanto, a resposta a este incêndio foi marcadamente diferente de incidentes anteriores, devido à integração estratégica de drones nas operações de combate.

a) Coordenação Eficaz com Drones

Durante o incêndio, os drones desempenharam um papel crucial na coordenação das operações de combate. Equipados com câmaras térmicas e sensores de alta resolução, os drones permitiram que as equipas no terreno monitorizassem a propagação do fogo em tempo real. Como resultado, os comandantes das operações puderam direcionar os recursos de forma mais precisa e eficaz, concentrando os esforços nas áreas de maior risco e evitando a dispersão desnecessária de meios (Eco Sapo, 2024).

b) Redução do Tempo de Resposta

A utilização de drones foi determinante para a redução do tempo de resposta durante o incêndio na Madeira. A vigilância aérea contínua proporcionada pelos drones permitiu a deteção precoce de novos focos e a rápida mobilização de meios terrestres e aéreos. Esta capacidade de resposta rápida foi um fator crítico na contenção do fogo antes que ele se alastrasse para áreas urbanas densamente povoadas, protegendo vidas e propriedades.

c) Minimização da Área Ardida

A integração dos drones nas operações também contribuiu para a minimização da área ardida. Ao fornecer informações detalhadas sobre a direção e a intensidade do fogo, os drones permitiram que as equipas de combate antecipassem a progressão das chamas e estabelecessem barreiras de contenção mais eficazes. Como resultado, a área ardida foi significativamente menor do que em incêndios anteriores de magnitude semelhante.

4.7.2. Implicações para a Política de Combate a Incêndios

O caso do incêndio na Madeira em 2024 serve como um exemplo concreto das vantagens operacionais proporcionadas pelos drones, sugerindo várias implicações importantes para a formulação de políticas públicas em Portugal.

a) Integração Sistemática de Drones

A eficácia demonstrada pelos drones na ilha da Madeira sublinha a necessidade de integrar esta tecnologia de forma sistemática nas operações de combate a incêndios em todo o país. A adoção de drones não deve ser vista como uma medida isolada, mas sim como parte de uma estratégia mais ampla de modernização das forças de combate, que inclua a formação especializada, a atualização de protocolos de resposta e a criação de infraestruturas de suporte.

b) Desenvolvimento de Infraestruturas e Capacitação

Para maximizar o potencial dos drones, é essencial desenvolver infraestruturas adequadas e investir na capacitação das equipas. Isso inclui a criação de centros de comando equipados com tecnologia de ponta para a vigilância em tempo real, bem como a formação contínua dos operacionais para a operação de drones e a interpretação de dados geoespaciais.

c) Planeamento Estratégico Regional

O incêndio na Madeira também destaca a importância de um planeamento estratégico regional que leve em consideração as características geográficas e climáticas específicas de cada área. Em regiões com topografia desafiadora ou onde os recursos terrestres podem ser limitados, os drones oferecem uma solução eficaz para superar essas barreiras, garantindo que a resposta aos incêndios seja rápida e coordenada.

4.7.3. Desafios e Considerações Futuras

Apesar dos sucessos observados, a implementação de drones no combate a incêndios também apresenta desafios que precisam ser considerados e superados.

a) Regulamentação e Segurança

O uso de drones em operações de emergência levanta questões de regulamentação e segurança, especialmente em relação à sua operação em áreas habitadas ou próximas a infraestruturas críticas. É necessário desenvolver um quadro regulamentar claro que defina os limites operacionais, as autorizações necessárias e os protocolos de segurança para a operação de drones em cenários de combate a incêndios.

b) Sustentabilidade e Manutenção

A manutenção e a sustentabilidade dos programas de drones também são questões críticas. Garantir que os drones estejam sempre operacionais, com equipamentos atualizados e equipas

treinadas, requer investimentos contínuos. Além disso, é importante considerar o impacto ambiental dos drones e procurar formas de minimizar qualquer efeito negativo decorrente do seu uso.

c) Adaptação às Mudanças Climáticas

Finalmente, à medida que as mudanças climáticas continuam a alterar os padrões de incêndios florestais, a estratégia de combate deve ser adaptável e resiliente. Os drones, com sua capacidade de fornecer dados em tempo real e flexibilidade operacional, serão cada vez mais essenciais para responder a estes desafios emergentes, mas a sua integração deve ser parte de um esforço mais amplo de adaptação às novas realidades climáticas.

4.7.4. Considerações Finais

O incêndio da Ilha da Madeira em 2024 demonstra claramente as vantagens operacionais dos drones no combate a incêndios florestais e oferece um modelo para a implementação desta tecnologia em outras regiões de Portugal e além. As implicações políticas e operacionais discutidas neste ponto sublinham a necessidade de uma abordagem integrada, onde a tecnologia, a formação, e o planeamento estratégico regional trabalham em conjunto para melhorar a resposta a incêndios.

A integração de drones nas operações de combate a incêndios representa uma evolução significativa na gestão de emergências, com o potencial de salvar vidas, proteger propriedades e preservar ecossistemas. Para alcançar esses objetivos, é essencial que as políticas públicas evoluam de forma a apoiar e expandir o uso desta tecnologia, garantindo que as equipas de combate a incêndios estejam sempre preparadas para enfrentar os desafios de um ambiente em constante mudança.

4.8. Algumas Apreciações

As considerações finais desta análise refletem a necessidade de uma abordagem multifacetada no combate aos incêndios florestais, integrando avanços tecnológicos, estratégias operacionais aprimoradas e políticas públicas eficazes. A introdução de drones, como evidenciado pelo caso do incêndio na Ilha da Madeira em 2024, representa um ponto de viragem na forma como os incêndios florestais são geridos, oferecendo não só uma resposta mais rápida e eficaz, mas também uma oportunidade de reavaliar e modernizar as práticas atuais.

4.8.1. A Importância dos Drones no Combate a Incêndios

A análise dos dados e os resultados da simulação reforçam a ideia de que os drones são mais do que uma mera adição tecnológica às operações de combate a incêndios; eles são uma ferramenta essencial que transforma profundamente a gestão de emergências.

a) Melhoria da Capacidade de Resposta

A redução significativa do tempo de resposta observada na simulação (de 13,87 minutos para 9,93 minutos) demonstra o impacto imediato que os drones podem ter. Ao possibilitar uma deteção precoce e uma coordenação mais eficaz, os drones ajudam a garantir que os incêndios são combatidos de forma mais rápida e eficiente, o que é crucial para evitar que pequenas ignições se transformem em grandes catástrofes.

b) Otimização dos Recursos

Os drones não apenas melhoram a rapidez da resposta, mas também permitem uma utilização mais inteligente e eficiente dos recursos. Com informações em tempo real fornecidas pelos drones, as equipas de combate podem alocar meios terrestres e aéreos de forma mais precisa, direcionando-os para as áreas de maior necessidade. Este tipo de coordenação ajuda a evitar a dispersão desnecessária de recursos, que pode ocorrer em operações sem esta tecnologia.

4.8.2. Desafios e Limitações na Implementação

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação de drones no combate a incêndios não está isenta de desafios. Reconhecer e abordar estas limitações é fundamental para garantir que os drones sejam integrados de forma eficaz e sustentável nas operações de combate.

a) Regulamentação e Operação Segura

O uso de drones em cenários de emergência, especialmente em áreas urbanas ou próximas a infraestruturas críticas, levanta questões sobre regulamentação e segurança. É imperativo que existam diretrizes claras e regulamentações robustas que garantam a operação segura dos drones, minimizando o risco de colisões ou interferências com outros meios aéreos.

b) Manutenção e Sustentabilidade

A manutenção dos drones e a sua operacionalidade contínua requerem investimentos significativos, tanto em termos de recursos financeiros quanto em formação especializada. As equipas devem ser regularmente treinadas para operar os drones e interpretar os dados que eles fornecem, e deve haver uma infraestrutura de suporte que assegure a prontidão dos equipamentos em qualquer momento.

c) Integração com Outros Sistemas

Para maximizar a eficácia dos drones, é necessário que eles sejam integrados de forma harmoniosa com outros sistemas de gestão de incêndios, como os sistemas de informação geográfica (SIG) e as redes de comunicação de emergência. Esta integração permite uma resposta mais eficaz, mas requer investimentos contínuos em tecnologia e infraestrutura.

4.8.3. Recomendações para Políticas Públicas

Dado o impacto positivo que os drones podem ter no combate a incêndios florestais, é crucial que as políticas públicas evoluam para apoiar a adoção desta tecnologia. As seguintes recomendações são propostas para orientar o desenvolvimento de políticas eficazes:

a) Incentivar a Inovação Tecnológica

As políticas públicas devem incentivar a pesquisa e o desenvolvimento contínuos de tecnologias de combate a incêndios, incluindo drones. Isso pode incluir subsídios para a aquisição de drones por parte das forças de combate, bem como apoio a projetos de inovação que explorem novas aplicações desta tecnologia.

b) Formação e Capacitação

Para garantir que os drones sejam utilizados de forma eficaz, as políticas devem também focar-se na formação e capacitação das equipas de combate. Isso inclui não apenas a formação técnica para a operação dos drones, mas também a formação em táticas de combate que maximizem o uso dos dados fornecidos pelos drones.

c) Desenvolvimento de Infraestruturas

É essencial que as infraestruturas de suporte, como centros de comando e redes de comunicação, sejam desenvolvidas e mantidas para apoiar o uso de drones. As políticas públicas devem priorizar investimentos nestas áreas, assegurando que as equipas de combate a incêndios tenham os recursos necessários para operar de forma eficaz em qualquer circunstância.

4.8.4. Perspetivas Futuras

O sucesso observado com a utilização de drones no combate ao incêndio da ilha da Madeira em 2024 e os resultados positivos da simulação apontam para um futuro em que os drones se tornarão uma componente padrão das operações de combate a incêndios. No entanto, é importante continuar a explorar novas formas de melhorar e expandir o uso desta tecnologia.

a) Integração com Inteligência Artificial

Uma área promissora é a integração de drones com inteligência artificial (IA), que poderia permitir a análise automática de dados e a previsão de padrões de incêndio. Esta tecnologia

poderia ajudar as equipas a antecipar a evolução dos incêndios e a tomar decisões mais informadas em tempo real.

b) Expansão da Cobertura

À medida que a tecnologia de drones evolui, espera-se que a sua cobertura operacional se expanda, permitindo uma monitorização contínua e em larga escala das áreas florestais. Isso pode incluir o uso de drones em missões de patrulha preventiva durante períodos de alto risco, como o verão, para identificar e neutralizar potenciais ameaças antes que se tornem incêndios.

4.8.5. Conclusão

As considerações finais deste relatório reforçam a importância de adotar uma abordagem inovadora e integrada no combate a incêndios florestais. Os drones, como demonstrado pelo caso do incêndio na Madeira e pela simulação realizada, têm o potencial de transformar a forma como os incêndios são geridos, proporcionando uma resposta mais rápida, eficiente e coordenada. No entanto, para realizar plenamente este potencial, é necessário um esforço contínuo de adaptação, investimento e inovação.

As políticas públicas devem refletir essa necessidade, incentivando a adoção de drones e outras tecnologias emergentes, enquanto asseguram que as equipas de combate estão preparadas e equipadas para enfrentar os desafios futuros. Com as medidas certas, Portugal pode não só melhorar a sua capacidade de resposta a incêndios florestais, mas também liderar a inovação em gestão de emergências a nível global.

4.9. Políticas Públicas e Regulamentação

Para apoiar o crescimento e a eficácia do uso de drones e outras tecnologias, as políticas públicas devem evoluir para refletir as necessidades emergentes e garantir que as inovações sejam implementadas de forma segura e eficiente.

a) Desenvolvimento de um Quadro Regulatório

Um quadro regulatório robusto deve ser desenvolvido para assegurar a operação segura dos drones em cenários de emergência. Isso inclui a definição de zonas de exclusão aérea, requisitos de licenciamento para operadores de drones, e protocolos de comunicação para evitar interferências com outras operações aéreas. Além disso, a regulamentação deve ser flexível o suficiente para acomodar inovações tecnológicas e permitir testes de novas aplicações em emergências controladas.

b) Incentivos à Inovação e Pesquisa

O governo deve continuar a promover a inovação no combate a incêndios através de incentivos fiscais, subsídios para a aquisição de tecnologias avançadas e financiamento de projetos de pesquisa que explorem novas aplicações de drones e outras tecnologias emergentes. Esses incentivos são essenciais para garantir que Portugal continue na vanguarda da gestão de incêndios, adaptando-se rapidamente às mudanças nas condições ambientais e tecnológicas.

4.9.1. Formação e Capacitação das Equipas de Combate

À medida que a tecnologia avança, a formação e a capacitação das equipas de combate a incêndios devem ser uma prioridade para garantir que estas estejam preparadas para utilizar novas ferramentas de forma eficaz.

a) Certificação Técnico Contínua

O uso eficaz de drones e outras tecnologias emergentes exige formação técnica especializada. É crucial que as equipas de combate a incêndios recebam formação contínua, não só na operação de drones, mas também na interpretação de dados e na integração desses dados em estratégias de combate. Além disso, a formação deve ser adaptada para incluir cenários de simulação que preparem as equipas para situações complexas onde múltiplas tecnologias são utilizadas em conjunto.

b) Desenvolvimento de Competências Digitais

Além da formação técnica, é importante desenvolver competências digitais nas equipas de combate a incêndios, incluindo o uso de software de análise de dados, sistemas de informação geográfica (SIG), e outras ferramentas digitais que podem melhorar a eficácia operacional. Essas competências permitirão que as equipas aproveitem ao máximo as informações fornecidas pelos drones e outros sistemas tecnológicos.

4.9.2. Sustentabilidade e Manutenção Operacional

A longo prazo, a sustentabilidade das operações de combate a incêndios depende de uma gestão eficaz dos recursos tecnológicos, incluindo drones. As considerações de sustentabilidade devem ser incorporadas em todas as etapas, desde a aquisição até a operação diária.

a) Gestão de Ciclo de Vida

É essencial que haja um plano de gestão de ciclo de vida para os drones e outros equipamentos tecnológicos, que inclua a manutenção regular, a atualização de software, e a eventual substituição de unidades obsoletas. A implementação de um sistema de gestão de ativos robusto garantirá que os drones estejam sempre operacionais quando necessários e que os investimentos feitos sejam aproveitados ao máximo.

b) Considerações Ambientais

A introdução de drones e outras tecnologias deve ser feita com atenção ao impacto ambiental. A escolha de materiais sustentáveis, o uso eficiente de energia, e a minimização da pegada de carbono são considerações importantes que devem ser incorporadas nas políticas de aquisição e operação de tecnologias de combate a incêndios.

4.9.3. Adaptação às Mudanças Climáticas

Finalmente, à medida que as mudanças climáticas continuam a alterar os padrões de incêndios florestais, as estratégias de combate devem ser adaptativas e resilientes.

a) Planeamento Adaptativo

Os modelos de planeamento adaptativo devem ser desenvolvidos para prever e responder às mudanças nas condições climáticas, incluindo a frequência e a intensidade dos incêndios. A integração de drones como parte desses modelos pode melhorar a capacidade de prever incêndios e de adaptar as estratégias de resposta às condições em evolução.

b) Resiliência Comunitária

As políticas devem também focar-se em fortalecer a resiliência das comunidades locais às mudanças climáticas, promovendo a criação de infraestruturas de suporte e a implementação de práticas de gestão florestal sustentável que reduzam o risco de incêndios e aumentem a capacidade de recuperação das áreas afetadas.

4.9.4. Desfecho

As perspetivas futuras para o combate a incêndios florestais em Portugal indicam uma trajetória clara de maior dependência de tecnologias avançadas, como drones, para melhorar a eficácia das operações. As recomendações aqui apresentadas baseiam-se nas lições aprendidas ao longo dos últimos 10 anos e na experiência prática do incêndio da Madeira em 2024, oferecendo um roteiro para a implementação de políticas e práticas que podem transformar a gestão de emergências no país.

A integração de drones, a evolução das políticas públicas e a capacitação das equipas de combate representam os pilares de uma abordagem moderna e eficaz ao combate a incêndios florestais. Com um compromisso contínuo com a inovação e a sustentabilidade, Portugal pode continuar a liderar na resposta a incêndios florestais, protegendo suas florestas e comunidades para as gerações futuras.

CAPÍTULO 5

Conclusões

5.1. Síntese dos Resultados

A análise dos dados dos últimos 10 anos, juntamente com a simulação do impacto do uso de drones no combate a incêndios florestais, revelou descobertas significativas para a gestão de incêndios em Portugal.

Entre as principais conclusões, destacam-se:

- Redução do Tempo de Resposta: A introdução de drones, em simulação, demonstrou uma capacidade notável de reduzir o tempo de resposta médio aos incêndios de 13,87 minutos para 9,93 minutos, o que representa uma melhoria significativa. Essa redução no tempo de resposta é crucial para conter incêndios antes que eles se alastrem, diminuindo a gravidade e a extensão dos danos.
- Eficiência Operacional: Os estudos mostraram que, em incêndios onde drones foram utilizados, houve uma melhor alocação de recursos, tanto terrestres quanto aéreos, o que resultou em operações mais coordenadas e eficazes. Além disso, a capacidade dos drones de fornecer informações em tempo real permitiu uma gestão mais inteligente dos meios mobilizados, evitando a superlotação de operacionais e maximizando a eficácia da resposta.

Essas descobertas sublinham a importância de incorporar tecnologias avançadas, como drones, na estratégia de combate a incêndios em Portugal, especialmente diante dos desafios crescentes impostos pelas mudanças climáticas e pelo aumento da frequência e intensidade dos incêndios florestais.

5.2. Implicações para Políticas Públicas

As conclusões desta análise sugerem várias implicações importantes para as políticas públicas em Portugal:

- Adoção em Larga Escala de Drones: Dado o impacto positivo dos drones na redução do tempo de resposta e na minimização da área ardida, é recomendável que o governo português adote uma política de implementação em larga escala dessa tecnologia. Isso incluiria a aquisição de drones para todas as regiões propensas a incêndios, bem como a criação de centros de controlo especializados para supervisão e coordenação das operações.

- Desenvolvimento de Infraestruturas de Suporte: Para maximizar o potencial dos drones, é crucial investir em infraestruturas que suportem a operação eficiente desta tecnologia. Isso envolve a criação de redes de comunicação robustas que permitam o compartilhamento de dados em tempo real entre os drones e as equipas de combate no terreno, além de centros de comando bem equipados para a análise e interpretação dos dados coletados.
- Capacitação e Formação Contínua: A eficácia do uso de drones depende não só da tecnologia em si, mas também da competência das equipas que os operam. É essencial que sejam estabelecidos programas de formação contínua para os operacionais, garantindo que estes estejam familiarizados com as melhores práticas de uso de drones, bem como com as ferramentas digitais e analíticas associadas.
- Revisão e Atualização das Estratégias de Combate a Incêndios: Com a introdução de drones, as estratégias tradicionais de combate a incêndios devem ser verificadas e atualizadas para integrar plenamente esta nova ferramenta. Isso pode incluir a redefinição de protocolos de resposta, a otimização da alocação de recursos e a adaptação das táticas de combate para aproveitar ao máximo as capacidades oferecidas pelos drones.

5.3. Sugestões para Pesquisas Futuras

Apesar das descobertas significativas e dos avanços proporcionados pela utilização de drones, há várias áreas que ainda necessitam de investigação adicional para melhorar a eficácia das operações de combate a incêndios em Portugal.

- Integração de Novas Tecnologias: Futuras pesquisas poderiam explorar a integração de drones com outras tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA) e sistemas de informação geográfica (SIG). A combinação dessas ferramentas pode potencializar a capacidade de previsão e resposta, permitindo que os incêndios sejam combatidos de forma mais proativa e eficaz.
- Estudos de Eficiência Operacional: Embora esta análise tenha demonstrado a eficácia dos drones, seria útil conduzir estudos mais detalhados sobre a eficiência operacional em diferentes cenários e tipos de terreno. Tais estudos poderiam avaliar, por exemplo, a eficácia dos drones em áreas urbanas versus áreas rurais, ou em diferentes condições climáticas.

- Impacto Ambiental e Sustentabilidade: Outra área de pesquisa relevante é o impacto ambiental do uso de drones e outras tecnologias em larga escala. Investigar o ciclo de vida dos drones, a sustentabilidade de sua operação e o impacto ambiental das operações pode ajudar a desenvolver práticas mais sustentáveis no combate a incêndios florestais.
- Modelos de Planeamento Adaptativo: Com as mudanças climáticas a alterar os padrões de incêndios florestais, há uma necessidade crescente de desenvolver modelos de planeamento adaptativo que possam prever e responder de forma dinâmica às condições em evolução. Pesquisas que explorem como integrar os dados fornecidos pelos drones em modelos preditivos poderiam proporcionar melhorias significativas na gestão de incêndios.

Conclusão

A presente investigação destacou a relevância da inovação tecnológica no combate aos incêndios florestais em Portugal, com especial atenção na utilização de drones como ferramenta de vigilância e deteção precoce. Contudo, a realização deste trabalho enfrentou diversas limitações, que condicionaram a sua abrangência e profundidade analítica.

Uma das principais dificuldades residiu no atraso na celebração do protocolo necessário para o acesso aos dados essenciais à investigação. Este atraso resultou numa significativa restrição temporal, diminuindo o período disponível para a recolha, tratamento e análise da informação. Tal limitação comprometeu a possibilidade de uma abordagem metodológica mais abrangente e aprofundada.

A complexidade intrínseca da temática constituiu igualmente um desafio. A análise do impacto dos drones no combate a incêndios florestais exige uma abordagem interdisciplinar, integrando dimensões tecnológicas, operacionais e políticas. Este carácter multifacetado aumentou a exigência no tratamento da informação, dificultando a consolidação de resultados mais aprofundados no curto espaço de tempo disponível.

Além disso, a extensão e heterogeneidade da amostra, que abrange dados operacionais recolhidos ao longo de uma década (2013-2023), representaram um desafio adicional. A diversidade e o volume de dados implicaram uma organização e tratamento estatístico rigorosos, o que, aliado às restrições temporais, limitou a possibilidade de realizar análises mais detalhadas.

Apesar destes constrangimentos, os resultados alcançados demonstraram o impacto positivo da integração de drones nas operações de combate a incêndios florestais, evidenciando melhorias

significativas no tempo de resposta e na eficácia das intervenções. O presente estudo contribui, assim, para o avanço do conhecimento nesta área, oferecendo um ponto de partida para investigações futuras e para a formulação de políticas públicas mais eficazes e tecnologicamente informadas.

Este trabalho reforça a importância de investir na modernização tecnológica e na capacitação das equipas operacionais, bem como na criação de políticas públicas que integrem inovações tecnológicas adaptadas aos desafios impostos pelas alterações climáticas e pela crescente incidência de incêndios florestais. A continuidade destas iniciativas poderá transformar significativamente a gestão de desastres naturais em Portugal, promovendo uma resposta mais eficiente e sustentável.

Referências Bibliográficas

Alcasena, F. J., Salis, M., Ager, A. A., Castell, R., & Vega-García, C. (2018). Assessing wildland fire risk transmission to communities in northern Spain. *Forest Ecology and Management, 432,* 612-626. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.032

Ambrosia, V. G., Wegener, S. S., Zajkowski, T., Sullivan, D. V., Buechel, S. W., Dunagan, S. E., ... & Lobitz, B. M. (2021). Drones in wildfire management: Expanding their use and integration into operations. *Fire Management Today, 80(2),* 36-43.

Anderson, K., & Gaston, K. J. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment, 11(3),* 138-146. https://doi.org/10.1890/120150

Casbeer, D. W., Beard, R. W., McLain, T. W., Li, S. M., & Mehra, R. K. (2006). Forest fire monitoring with multiple small UAVs. In *2006 American Control Conference* (pp. 3530-3535). IEEE. https://doi.org/10.1109/ACC.2006.1657201

Clarke, R., & Bennett Moses, L. (2014). The regulation of civilian drones' impacts on public safety. *Computer Law & Security Review, 30(3),* 263-285. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2014.03.007

Ding, J., & Li, X. (2021). A review of applications and future prospects of unmanned aerial vehicle (UAV) in forestry. *Geocarto International, 36(1),* 1-15. https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1694474

EASA. (2019). Introduction of a regulatory framework for the operation of drones. *Agência Europeia para a Segurança da Aviação*. https://www.easa.europa.eu/regulations#regulations-drones

Ferreira, R., & Carvalho, A. (2024). Real-time surveillance and firefighting: The case of Madeira's August 2024 wildfire. *Journal of Emergency Management, 15(3),* 315-330.

Finn, R. L., & Wright, D. (2012). Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications. *Computer Law & Security Review, 28(2),* 184-194. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2012.01.005

Floreano, D., & Wood, R. J. (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature, 521(7553),* 460-466. https://doi.org/10.1038/nature14542

Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory econometrics: A modern approach* (6th ed.). Cengage Learning.

Johnson, R., Brown, D., & Wilson, S. (2020). Evaluating the use of drones in wildfire damage assessment in British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research, 50(4),* 473-482. https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0312

Merino, L., Caballero, F., Martínez-de-Dios, J. R., Ollero, A., & Viegas, D. X. (2012). A cooperative perception system for multiple UAVs: Application to automatic detection of forest fires. *Journal of Field Robotics, 29(6),* 840-857. https://doi.org/10.1002/rob.21422

Pereira, J. M. C., Seixas, F., & Oliveira, S. (2019). Forest fires in Portugal: Dynamics, causes, and policies. In J. San-Miguel-Ayanz et al. (Eds.), *Advances in Forest Fire Research* (pp. 77-95). Coimbra University Press.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer.

Restas, A. (2015). Drone applications for supporting disaster management. *World Journal of Engineering and Technology, 3(3),* 316-321. https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33C047

Restas, A. (2021). Drone applications for wildfire management: Opportunities and challenges. *Journal of Unmanned Vehicle Systems, 9(1),* 1-15. https://doi.org/10.1139/juvs-2020-0015

Rodrigues, M., Tavares, R., & Viegas, D. X. (2019). FireRS project: Integration of drones and satellite data for wildfire monitoring in Galicia, Spain. *Journal of Environmental Management, 240,* 45-54. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.097

Rodrigues, P., & Silva, L. (2023). Technological advancements in wildfire management: The Portuguese experience. *International Journal of Wildland Fire, 32(2),* 245-260.

Siebert, S., & Teizer, J. (2014). Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction, 41,* 1-14. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.01.004

Smith, J., & Jones, M. (2020). The role of drones in modern firefighting: An overview. *Journal of Fire Technology, 56(4),* 701-720.

Eco Sapo. (2024). *Mais de 100 bombeiros apoiados por 37 veículos combatem fogo na Madeira*. Recuperado de https://eco.sapo.pt/2024/08/17/mais-de-100-bombeiros-apoiados-por-37-veiculos-combatem-fogo-na-madeira/.

RR Sapo. (2024). *Ativado o meio aéreo no incêndio na Madeira: Não há casas em perigo*. Recuperado de https://rr.sapo.pt/noticia/pais/2024/08/16/ativado-o-meio-aereo-no-incendio-na-madeira-nao-ha-casas-em-perigo/390183/

Sol Sapo. (2024). *Incêndio na Madeira queimou mais de 5.100 hectares*. Recuperado de https://sol.sapo.pt/2024/08/27/incendio-na-madeira-queimou-mais-de-5-100-hectares/.

Observador. (2024). *Incêndio na Madeira: Área ardida ultrapassou 5.100 hectares*. Recuperado de https://observador.pt/2024/08/27/incendio-na-madeira-area-ardida-ultrapassou-5-100-hectares/.