

## EMPREGO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (DRONE) NA INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO FLORESTAL

*Douglas Amaral da Cunha*

*Aspirante a Oficial Bombeiro Militar, Perito em Incêndio e Explosão, graduado em Engenharia de Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2011), Mestre em Aquicultura pela UFSC (2013). Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). E-mail: douglasac@cbm.sc.gov.br*

*João Rudini Sturm*

*1º Tenente Bombeiro Militar, Perito em Incêndio e Explosão, graduado em Física pelas Faculdades Integradas de Palmas – FACIPAL (2003), especialista em Matemática e Física pela Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Paranavaí – FAFIPA (2006) e Oficial pelo Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina – CBMSC (2014). Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). E-mail: rudini@cbm.sc.gov.br*

### RESUMO

O presente artigo foi realizado com o objetivo de verificar a aplicabilidade do emprego da Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) na atividade de investigação de incêndio florestal realizada pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Inicialmente buscou contextualizar o conceito dos incêndios florestais, suas causas e seus indicadores de queima que auxiliam na sua investigação, e, em seguida, o conceito das RPA e seus tipos de plataformas. Na sequência, relacionou a atividade de RPA com a investigação de incêndio florestal, onde pode-se observar que é possível sua aplicação, principalmente para dimensionar e acompanhar o desenvolvimento dos incêndios florestais, verificar os indicadores de incêndios deixados na área, visualizar locais de difícil acesso bem como auxiliar no combate ao incêndio com foco de preservar o local sinistrado. Por fim, conclui-se que a aplicação da RPA na investigação de incêndios florestais possibilita ao investigador mais uma ferramenta que pode ser empregada em sua rotina, proporcionando maior agilidade e eficiência na sua investigação. Além disso, esta ferramenta permite a atividade de investigação ir ao encontro do ciclo operacional do bombeiro, garantindo retroalimentar o sistema. Por fim, o estudo em questão será de grande valia para o aperfeiçoamento dos laudos periciais emitidos pelo CBMSC.

**Palavras-chave:** Incêndio florestal. Aeronave remotamente pilotada (RPA). Investigação de incêndio. Drone. Mapeamento aéreo.

### ABSTRACT

The aim of this article was to verify the applicability of the use of the Remotely Piloted Aircraft (RPA) in the forest fire investigation activity carried out by the Santa Catarina Military Fire Department (CBMSC). Initially, it sought to contextualize the concept of forest fires, their causes and their burning indicators that aid their investigation, and then the concept of RPA and their types of platforms. Following, it related the activity of RPA with the investigation of forest fire, where it can be observed that its application is possible, mainly to dimension and follow the development of forest fires, to check the indicators of fires left in the area, to visualize places of hard access as well as assist in fire fighting with a focus on preserving the disaster site. Finally, it is concluded that the application of RPA in the investigation of forest fires allows the investigator one more tool that can be used in his routine, providing greater agility and efficiency in his investigation. In addition, this tool allows the research activity to

27

meet the firefighter's operating cycle, ensuring feedback to the system. Finally, the study in question will be of great value to improve the expert reports issued by the CBMSC.

**Keywords:** Forest fire. Remotely piloted aircraft (RPA). Fire investigation. Drone. Aerial mapping.

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com os incêndios florestais é uma realidade de ordem global, uma vez que geram grandes problemas em diversas escalas. Muito mais que prejuízos financeiros, trazem consigo prejuízos imensuráveis à biodiversidade e aos ecossistemas (PARIZOTTO, 2006; TORRES et al, 2017). Nos últimos anos, os incêndios provocaram grandes perdas materiais e ambientais, com destruição de partes importantes do ecossistemas e exposição do solo, que passa a sofrer os efeitos da erosão, causando a degradação e o assoreamento de rios e lagos (PARIZOTTO, 2006).

O conhecimento das causas dos incêndios florestais é de extrema importância quando se leva em consideração que o ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção é saber quem (ou o que) iniciou o fogo (PARIZOTTO, 2006).

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), além de ser o responsável direto pelo combate às chamas, tem a incumbência legal de realizar a investigação de incêndios e de áreas sinistradas no limite de sua competência, conforme estabelece o artigo 108 da Constituição Estadual de Santa Catarina. Entretanto a investigação desses incêndios para levantar suas causas ainda é incipiente, necessitando de estudos para seu aprimoramento, tanto para a elaboração de laudos e aplicação de metodologia quanto para a utilização de ferramentas ou equipamentos tecnológicos para essa atividade.

Silva e Vidal (2015) apontam que

[...], não basta o profissional estar habilitado ou capacitado para a função, pois se não dispuser do ferramental ou equipamentos, a operação tende ficar prejudicada. Esta condição inclui ferramentas adequadas, equipamentos com tecnologia agregada de modo que permita afirmativas contundentes com base em provas materiais, testemunhais, científicas e conceitos doutrinários academicamente reconhecidos.

Frente essa realidade, o CBMSC tem a responsabilidade de aprimorar cada vez mais a atividade de investigação de incêndio com o intuito de garantir o profissionalismo dos investigadores bem como a retroalimentação do ciclo operacional do bombeiro. E para cumprir essa missão, é extremamente importante investir em equipamentos com inovação tecnológica, possibilitando ganhos enormes em quesitos como eficiência e melhoria na atividade bombeiril (SILVA, 2015).

Associado a isso, um dos campos tecnológicos com maior desenvolvimento no mundo é o emprego de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), conhecida popularmente como "Drone". A RPA é considerada uma tecnologia revolucionária e sua utilização em diversas áreas e aplicações já é uma realidade (CHAVES, 2013; SILVA, 2015; SARTE, 2017; CUNHA, 2018). Além disso, esta tecnologia possui uma relação custo benefício extremamente atraente comparado às tecnologias atualmente utilizadas (FUCCI, 2016).

No CBMSC a RPA pode ser utilizada praticamente em todas as atividades e operações, como salvamento aquático, busca terrestre, combate a incêndio estrutural e florestal, atendimento pré-hospitalar, segurança contra incêndio, produtos perigosos, desastres, investigação de incêndios, entre outras (SILVA, 2015; SARTE, 2017).

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é verificar a aplicabilidade do emprego de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) na investigação de incêndios florestais com o intuito de acompanhar o desenvolvimento dos incêndios florestais bem como auxiliar na elaboração dos laudos periciais emitidos pelo CBMSC.

## **2 METODOLOGIA**

O presente artigo utiliza o método dedutivo, pois procura traçar conclusões lógicas, partindo do geral ao particular, através de um encadeamento de ideias. Quanto a natureza, a presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois demonstra o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos resultantes do estudo para a corporação. Quanto a abordagem, a pesquisa é qualitativa, pois busca explorar os dados coletados com o intuito de propor algo novo no CBMSC. Quanto aos objetivos propostos na pesquisa, denota-se que a pesquisa é de cunho exploratória e descritiva. E quanto aos procedimentos, as técnicas utilizadas são bibliográficas e documentais. Bibliográfica no sentido de utilizar material já elaborado, constituído principalmente de livros, artigos científicos, teses e etc. E documental, utilizando-se de fontes no sentido amplo, materiais que não receberam um tratamento analítico.

Com o propósito de garantir um melhor entendimento do assunto estudado, o desenvolvimento deste artigo está subdividido em 3 (três) partes. A primeira traz os incêndios florestais, seu conceito, causas, indicadores de queima, entre outros. A segunda aborda as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) e os tipos de plataformas. E a terceira relaciona os incêndios florestais, mais especificamente a investigação destes, com as diferentes aplicabilidades das RPA.

## **3 INCÊNDIOS FLORESTAIS E INVESTIGAÇÃO**

As florestas desempenham um papel importante no equilíbrio e na regulação da quantidade de gás carbônico que é emitido para a atmosfera.

Entretanto, os incêndios cada vez mais vem destruindo-as em diferentes regiões do mundo, provocando inúmeras discussões e debates políticos, nacional e internacionalmente (SILVA, 2012).

Estes incêndios são considerados uma das maiores ameaças que os povoamentos florestais podem enfrentar. E mesmo sabendo que o fogo sempre esteve presente na vida humana, os índices atuais ameaçam a manutenção da biodiversidade, das estruturas, das cidades, dos bens e até de vidas humanas (PARIZOTTO, 2006).

### 3.1 CONCEITO

O incêndio florestal pode ser conceituado como sendo os efeitos causados pelo fogo em sua livre propagação por meio dos processos de transmissão de calor, sem limites preestabelecidos, sob a incitação das forças atuantes de clima, relevo e combustível em biomassa vegetal (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2011).

Para o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2010), o incêndio florestal é todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem (intencional ou negligência) como por causa natural.

E para que estes incêndios florestais ocorram, são necessários três fatores simultâneos, quais são: as condições meteorológicas propícias, a disponibilidade de combustível vegetal e a presença de uma fonte ígnea (FREIRE, 2005 apud STURM; ACORDI, 2015).

### 3.2 CAUSAS DOS INCÊNDIOS

Além das condições climáticas, existe a irresponsabilidade humana que degrada o meio ambiente através das técnicas de queimada, muitas vezes aplicadas de maneira incorreta, contribuindo, assim, na ocorrência dos incêndios florestais (SILVA, 2012). De modo geral, o homem é o principal causador dos incêndios florestais, pois a grande maioria destes são iniciados em decorrência de algum tipo de atividade humana (SILVA, 1998). Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), 85% dos incêndios florestais na América do Sul são causados pela ação humana, incluindo desde a limpeza para o cultivo e agricultura, desenvolvimento industrial, extração de produtos diversos a madeira, negligência e ações criminosas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2005 apud STURM; ACORDI, 2015).

De acordo com Sturm (2019), as causas dos incêndios são classificadas de forma distinta dependendo da instituição. Segundo o mesmo autor, alguns Corpos de Bombeiros brasileiros adotam o padrão do IBAMA, que por sua vez, adota da NFPA. De maneira geral as causas dos incêndios florestais podem ser classificadas em: raios, fogueiras de acampamento, fumantes (cigarros),

queimas para limpeza, incendiários, uso de equipamentos, estradas de ferro, crianças, operações florestais, fogos de recreação, armas de fogo, refração ou reflexão de luz solar, reações biológicas ou químicas exotérmicas, rede elétrica e outros.

### 3.3 INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIOS

A investigação dos incêndios florestais tem como objetivo localizar a origem para determinar que tipo de ação o provocou. Para isso, é necessário realizar uma leitura dos indicadores deixados pelas chamas no decorrer do seu percurso, pois tais efeitos mostram com clareza o sentido de propagação do incêndio (STURM, 2019).

Além disso, a investigação desses incêndios envolve técnicas, práticas, equipamentos e terminologias especializadas. Os princípios básicos da ciência e dinâmica do fogo são praticamente os mesmos em incêndios florestais, entretanto, o desenvolvimento e propagação de incêndios são influenciados por diversos fatores, conforme citados no item 3.1 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2011).

DeHaan et al (2012), aponta que a investigação de um incêndio florestal é mais simples do que a de um incêndio estrutural, pois os combustíveis envolvidos são geralmente limitados à vegetação natural. Eles são inflamados por alguma fonte finita de calor natural, como raios; acidental, como um fósforo descartado; ou incendiário, com um dispositivo de ignição intencional. E, segundo o mesmo autor, evidências dessas fontes permanecerão na cena a menos que, como em um incêndio iniciado com um isqueiro, a fonte tenha sido removida.

Entretanto, a investigação ainda é incipiente no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) e não há registro de perícias desses incêndios na corporação. Sturm e Acordi (2015) sugeriram uma metodologia para a investigação desses incêndios bem como um modelo de laudo para ser utilizado pelos peritos da corporação, uma vez que há a necessidade de padronizar esta atividade com o intuito de impedir a disparidade nos laudos periciais, contribuindo, assim, para o seu crescimento no CBMSC.

#### **3.3.1 Competência para investigação de incêndio florestal**

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), em sua essência, é a organização responsável, por meio da atividade de investigação de incêndio e explosão, realizar perícia em incêndio e em áreas sinistradas no Estado. A previsão legal está na Constituição do Estado de Santa Catarina, 5 de outubro de 1989, que estabelece a competência do Corpo de Bombeiros Militar por meio do artigo 108 - Capítulo III-A, incluído pela Emenda Constitucional nº 33 de 13 de junho de 2013 - que diz:

Art. 108. O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em Lei:

[...]

**IV – realizar perícias de incêndio e de áreas sinistradas no limite de sua competência;**

[...]. (SANTA CATARINA, 1989, p.45, grifo nosso)

Além desta previsão legal, esta competência foi definida, no CBMSC, por meio da Diretriz de Procedimento Operacional Padrão (DtzPOP Nr 24-ComdoG) que Dispõe sobre a regulamentação da atividade de investigação de incêndio e explosão realizada pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina em todo o território catarinense, o qual tem o objetivo de investigar os incêndios ocorridos, com a finalidade de se avaliar o comportamento e o desempenho de todas as partes envolvidas no processo, fechando dessa forma o ciclo operacional do bombeiro (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2017).

Ainda, segundo a DtzPOP Nr 24-ComdoG, a Perícia em incêndio é a investigação de incêndio e/ou explosão em edificações, veículos, aeronaves, embarcações e vegetações, realizada por Oficial Perito em Incêndio e Explosão, sendo o Laudo Pericial, o documento oficial resultante dessa.

### 3.3.2 Indicadores de queima nos incêndios florestais

Os indicadores de queima são os sinais deixados pelo fogo que possibilitam identificar o sentido de sua propagação e, assim, seguir no sentido inverso até chegar a sua origem (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2011; STURM, 2019).

Existem vários indicadores de queima que podem auxiliar na determinação da direção e propagação do fogo nos incêndios florestais de um dado ponto, uma vez que os efeitos da natureza dos combustíveis e das condições de incêndio são razoavelmente previsíveis (DEHAAN et al, 2012).

Como exemplo desses indicadores, tem-se o padrão em “V”, que são marcas horizontais de queima superficiais do solo gerados pela propagação do fogo; os talos de gramíneas, que apresentam um formato diferente quando queimados, sendo influenciado pela direção do vento; o grau de queima, indicando a intensidade de queima em cada ponto do incêndio e que quando próximo da zona de origem essa intensidade é menor, aumentando conforme o fogo avança sobre o estrato vegetal; o ângulo de carbonização, que são marcas deixadas em combustíveis geralmente grossos e em maior quantidade em espécimes individuais quando em configuração de dossel aberto, deixando um ângulo de queima correspondente ao ângulo e à altura da chama associadas com a área de progressão do fogo (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2011; DEHAAN et al, 2012).

Além desses, há também os combustíveis protegidos; a carbonização profunda; o depósito de cinzas, que podem ser usadas para indicar a direção da propagação do fogo; a coloração e deposição de fuligem, que são marcas depositadas nos objetos, principalmente nos incombustíveis, e voltadas para o lado de onde veio o fogo; o *spawling* (desplacamento), que consiste no rompimento de lascas da superfície de rochas; e o congelamento de galhos, no qual consiste no amolecimento dos galhos na presença de calor, se envergam no mesmo sentido do vento, recobrando a rigidez quando se resfriam (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2011; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2011; DEHAAN et al, 2012).

#### **4 AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA)**

Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), conhecida popularmente como Drone, é aquela em que o piloto não está a bordo, mas controla a aeronave remotamente por meio de uma interface (computador, simulador, dispositivo digital, controle remoto, etc) (HIPARC, 2015; BRASIL, 2018). É considerada uma subcategoria de aeronaves não tripuladas utilizada para qualquer outro fim que não seja recreativo (BRASIL, 2018). E por ser considerada uma aeronave, aplicam-se regras específicas de uso e acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro (HIPARC, 2015; BRASIL, 2017b; BRASIL, 2018).

A Circular de Informações Aeronáuticas - AIC N 24/18, por exemplo, tem por finalidade regulamentar os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves remotamente pilotadas, com uso exclusivamente voltado às operações dos Órgãos de Segurança Pública (OSP), da Defesa Civil (DC) e de fiscalização da Receita Federal do Brasil (RFB) (BRASIL, 2018). Além dessa norma, existem outras que tratam sobre as RPA no Brasil, as quais são editadas pelos seguintes Órgãos: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) da Aeronáutica; Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL); e Ministério da Defesa (SARTE, 2017).

##### **4.1 TIPOS DE PLATAFORMAS MAIS COMUNS**

A escolha da aeronave mais adequada, quanto ao tipo de plataforma, vai depender da aplicação específica que se queira desempenhar. Existem alguns fatores como autonomia, velocidade de voo, alcance, versatilidade, capacidade de carga, nível de automação, entre outras, os quais podem auxiliar nessa escolha (PENNA NETO, 2017).

Há dois tipos principais de plataformas que são baseados na técnica de pouso e decolagem (horizontal e vertical). As aeronaves de asa rotativa (multirrotores), as mais populares da atualidade, baseiam-se no pouso e decolagem vertical. Utilizam-se da sustentação gerada pelas hélices acopladas

aos motores, podendo voar a baixas velocidades e até mesmo pairar no ar em pontos específicos (TANG, SHAO, 2015; PENNA NETO, 2017; NETO, 2017).

Aeronaves de asa fixa baseiam-se no pouso e decolagem horizontal. Utilizam-se da diferença de pressão sobre suas asas para obter sustentação (NETO, 2017). São capazes de voar a velocidades elevadas e podem atingir altitudes e distâncias maiores, comparada as de asas rotativas, devido a eficiência aerodinâmica, limitadas apenas pelo link de comunicação. Além disso, precisam estar em movimento para que o voo seja mantido e uma pista, catapulta ou paraquedas para pouso e decolagem (TANG, SHAO, 2015; PENNA NETO, 2017).

## **5 RPA E A INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS**

Os peritos ao realizarem operações com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), além de seguir as legislações referente às suas competências para realização da investigação de incêndios florestais, precisam estar consoantes à Diretriz de Procedimento Operacional Permanente (DtzPOP Nr 28-18-ComdG) - disponível na biblioteca do Estado Maior-Geral do CBMSC, a qual dispõe sobre as operações com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas - RPAS (drones) no CBMSC - bem como às legislações vigentes para essas operações (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2018).

Ao relacionar essas duas atividades, torna-se importante verificar a aplicabilidade da RPA de maneira a obter maiores informações sobre o incêndio florestal, como o dimensionamento do local sinistrado, a verificação das marcas de combustão deixadas nas áreas incendiadas e a visualização de locais de difícil acesso ao perito. Além disso, abordar as limitações desta ferramenta e como ela pode influenciar na investigação quando utilizada no combate ao incêndio também torna-se relevante. Tudo isso com o intuito de auxiliar na identificação das causas bem como na elaboração dos laudos periciais emitidos pelo CBMSC.

### **5.1 USO DA RPA PARA DIMENSIONAMENTO DE UM LOCAL DE INCÊNDIO FLORESTAL**

Os incêndios florestais, em determinados casos, atingem grandes áreas, o que dificulta a investigação, a delimitação da área estudada e, conseqüentemente, a determinação da zona de origem. Além disso, percorrer o incêndio seria dispendioso, uma vez que é preciso estabelecer o perímetro de incêndio, principalmente para se ter uma noção da área estudada. Uma das maneiras para facilitar a investigação, diminuir seu tempo e determinar a dimensão da área incendiada é realizar aerolevante<sup>1</sup> com a utilização de

---

<sup>1</sup>Em conformidade com a Resolução ANAC nº 377, de 15 de março de 2016, que regulamenta os Serviços Aéreos Públicos, em seu Anexo, no item 1.2.6, aerolevante é: "o conjunto de operações para obtenção de informações de parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em plataforma aérea,

uma RPA, com o intuito de gerar ortomosaicos<sup>2</sup> (Figura 1) para posterior análise.

A utilização da RPA para este tipo de mapeamento tem se expandido exponencialmente por ser uma tecnologia mais barata e produtiva em relação a métodos tradicionais de aquisição de informações geoespaciais, além de ser uma plataforma de uso pessoal, necessitando de apenas um piloto para a operação (PALACE et al, 2018; DRONENG, 2019). Além disso, para Tang Shao (2015),

o mapeamento aéreo por meio de drones proporciona benefícios, incluindo baixos custos operacionais e materiais, controle flexível de resolução espacial e temporal, coleta de dados de alta intensidade e ausência de risco para as equipes.

Figura 1 - Ortomosaico gerado por meio de aerolevanteamento.



Fonte: Horus (2017).

E, segundo Sausen e Lacruz (2015), as RPA são equipamentos promissores e flexíveis para a obtenção de dados aéreos em determinadas alturas, principalmente para detecção, monitoramento, caracterização e mapeamento de eventos, processos e alterações de rápido desenvolvimento, como no caso dos incêndios florestais.

Para realizar este mapeamento ou aerolevanteamento, existem basicamente três etapas a serem seguidas: (1) Planejamento de voo; (2) Execução do voo; e (3) Pós-processamento dos dados. Para o "Planejamento de voo" há a possibilidade de se utilizar diversos softwares como o Mission Planner, o Drone Deploy, o Pix4D, o DJI GS Pro, DJI Terra, entre outros. É nele

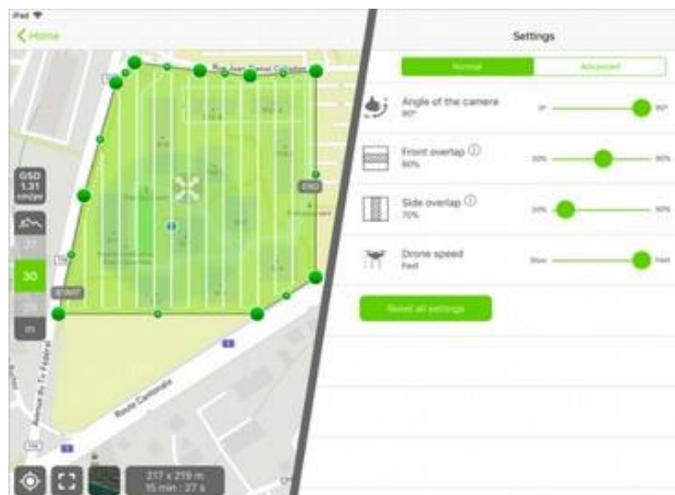
---

complementadas pelo registro e análise dos dados colhidos, utilizando recursos da própria plataforma ou estação localizada à distância", e compreende as operações de aeroprospecção e aerofotogrametria, que são Serviços Aéreos Públicos Especializados em aerolevanteamento (SAE-AL).

<sup>2</sup>Ortomosaico é a união de diversas ortofotos para a obtenção de uma única imagem. Estas ortofotos são imagens georreferenciadas, as quais recebem uma projeção ortogonal no plano, eliminando distorções referente ao sistema de lentes e variação de relevos.

onde ocorre a definição do tamanho da área de interesse, no caso um incêndio florestal, e a elaboração das rotas de voo, na qual a RPA irá percorrer automaticamente (Figura 2) (NETO, 2016; PIX4D, 2019a).

Figura 2 - Planejamento de voo utilizando o software Pix4D.



Fonte: Pix4D (2019a).

Além disso, é nesta etapa que se personaliza parâmetros de mapeamento, como a sobreposição de imagens, o ângulo da câmera ou a altitude de voo de acordo com as necessidades, e se determina o GSD - *Ground Sample Distance* (Distância de amostra do solo), o qual é responsável pelo nível de detalhamento da imagem (NETO, 2016; PIX4D, 2019a).

Na etapa "Execução de voo" é simplesmente ir para a área sinistrada, executar o voo automático planejado (Figura 3) e obter as imagens de interesse para posterior processamento. Nesta etapa há a possibilidade de observar toda a telemetria e as imagens ao vivo da câmera da RPA (PIX4D, 2019a). Assim, o perito que realizar a investigação, já poderá avaliar a cena de interesse.

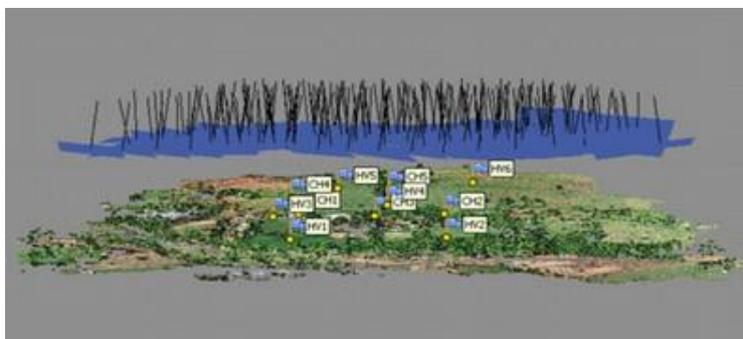
Figura 3 - Execução de voo utilizando o Software Pix4D.



Fonte: Pix4D (2019a).

Após a captação das imagens, a próxima etapa é o “Pós-processamento de dados”, para o qual é necessário a utilização de softwares específicos como o Pix4D, Agisoft PhotoScan, DJI Terra, entre outros. Esta etapa consiste em alinhar as imagens capturadas e produzir a nuvem de pontos (Figura 4), no qual pode ser inseridos pontos de apoio para melhorar sua precisão posicional (CAMPITELI, 2017).

Figura 4 - Nuvem de pontos fotogramétricos com pontos de apoio.



Fonte: Campiteli (2017).

Após esse processo, a partir da nuvem de pontos é criada uma nuvem densificada, que tem a função de aumentar os pontos na nuvem de pontos para representar melhor a área mapeada. Em seguida, com a nuvem densificada, é possível produzir os principais produtos, como o Ortomosaico (Figura 5), Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital de Terreno (MDT), além de gerar superfícies tridimensionais ou modelos 3D, os quais são interessantes para mostrar a realidade atual da área atingida (CAMPITELI, 2017).

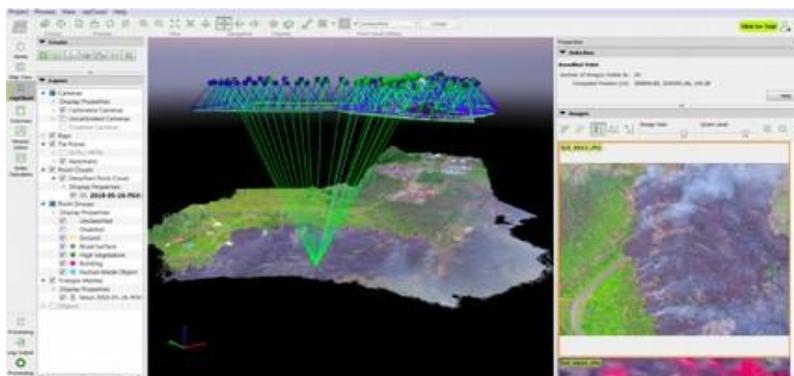
Figura 5 - Ortomosaico gerado e processado no software Agisoft PhotoScan.



Fonte: Campiteli (2017).

A fim de exemplificar, a Figura 6 mostra o mapeamento aéreo da erupção do vulcão Kilauea no Havaí - EUA, ocorrido no início de maio de 2018, onde foi possível verificar a área atingida pela lava. Na figura supramencionada, verifica-se também a Nuvem de Pontos geradas pelo software Pix4D (PIX4D, 2019b).

Figura 6 - Reconstrução do fluxo de lava na ilha do Havaí. Imagens capturadas em 26 de maio de 2018.



Fonte: Pix4D (2019b).

Além desse evento, foi utilizado um drone para mapear o incêndio ocorrido no parque de Coffey em Santa Rosa, norte da Califórnia - EUA (Figura 7), onde foi mapeada toda a área atingida pelo incêndio, sendo possível observar com maiores detalhes do mapeamento desse incêndio no link: <https://labs.mapbox.com/bites/00382/#18.29/38.478374/-122.743515> (PIX4D, 2018).

Figura 7 - Mapa aéreo do parque de Coffey, Santa Rosa, Califórnia, a qual foi afetado pela tempestade de fogo.



Fonte: Pix4D (2018).

Desta forma, por meio dos produtos gerados, é possível extrair dados que após processados e interpretados serão transformados em informações, tais como o perfil topográfico da região atingida pelo fogo, o tipo e quantidade de vegetação queimada, a determinação dos indicadores de queima, bem como criar um croqui mais realista possível, que poderão auxiliar no dimensionamento da área total sinistrada e na possível determinação da propagação do incêndio e da zona de origem (STURM; ACORDI, 2015).

## 5.2. USO DA RPA PARA VERIFICAÇÃO DA MARCA DE COMBUSTÃO DEIXADA NA ÁREA

Diversas são as marcas e modelos de drone no mercado com possibilidade de utilização nas mais variadas áreas. Estes drones ou Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), possuem uma tecnologia capaz de captar e filmar imagens aéreas em altíssima resolução, pois contam com câmeras especiais que podem chegar até 42 megapixels e filmar em 4K (DR1, 2019).

O perito em posse da RPA poderá ter noção do terreno e estimar a propagação do incêndio, processando as imagens nos softwares e gerando os produtos mencionados no item 5.1, além de identificar, com as próprias imagens capturadas, os indicadores de queima, como por exemplo a marca "V", grau de queima, ângulo de carbonização, Spawling (desplacamento), entre outras, comumente deixados nos incêndios florestais. Na figura 8, por exemplo, há duas imagens do mesmo incêndio, uma capturada por terra e outra por RPA, na qual percebe-se a diferença de visualização que o perito possui da área atingida pelo fogo e sua propagação. Após a extinção do incêndio, considerando essas imagens, o perito pode observar que com a RPA fica mais evidente a determinação dos indicadores de incêndio, como a marca em "V".

Figura 8 - Imagem captada do incêndio ocorrido em Chapecó.



Fonte: CBMSC (2017).

Deste modo, capturar imagens da área incendiada por meio do levantamento aéreo com RPA significa ter materiais mais ricos para a elaboração dos laudos e identificação das marcas deixadas pela combustão, valorizando ainda mais o trabalho do perito, além de facilitar o serviço e reduzir o tempo de trabalho.

### 5.3 USO DA RPA PARA VISUALIZAÇÃO DE LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO

A Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) pode ser um fator importante tanto no ganho de tempo quanto para acessar locais de difícil acesso. Isto evitará que o perito se coloque em situação de risco, uma vez que terá uma visão privilegiada de toda a área sinistrada proporcionada pelas câmeras acopladas à RPA.

Com a RPA, o perito poderá fazer a varredura de um local que seja de difícil acesso e com as imagens captadas terá uma noção melhor da área de interesse, quando comparada às imagens terrestres, seja para demarcação ou eliminação da área como zona de origem, uma vez que a geração das imagens é no momento de interesse e com a frequência que for necessária. Assim, o perito só irá para aquele local se houver algum indício de que seja necessário adentrar àquele local.

### 5.4 USO DA RPA PARA AUXILIAR NO COMBATE AO INCÊNDIO E A RESPECTIVA INFLUÊNCIA DESTES USOS NA INVESTIGAÇÃO

A Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) desempenha um papel fundamental no combate ao incêndio florestal. Diversos trabalhos já demonstraram sucesso da aeronave neste tipo de operação, principalmente na

detecção, localização e monitoramento desses incêndios (AMBROSIA et al, 2003; MERINO et al, 2006; GETZIN et al, 2014).

Ao combater um incêndio com o apoio da RPA, o combate se torna mais efetivo e assertivo, com maior agilidade, rapidez e segurança, pois permite a determinação de parâmetros importantes, como o monitoramento da evolução do incêndio - estágio, forma, posição da frente do fogo e a altura máxima das chamas - a avaliação do comportamento do fogo, a observação de múltiplos focos, entre outros, que auxiliarão na gestão do combate aos incêndios florestais (ICMBiO, 2010; MERINO et al, 2012). Além disso, com a RPA pode-se determinar também os pontos de prioridade do ataque, a acessibilidade do pessoal em terra bem como o tipo de ataque e os pontos de escape da equipe de combate. De maneira geral, fornece informações atualizadas à medida que a situação se desenrola (MERINO et al, 2012).

Ademais, há a possibilidade da aplicação de retardantes na vegetação com o uso das RPA, assim como a utilização de câmeras térmicas para detectar focos de calor a longas distâncias, os quais também são extremamente relevantes no planejamento das ações de combate e, conseqüentemente, na futura investigação (SILVA, 2015; TRIGO, 2017).

Segundo a NFPA (2011), a equipe de primeiro combate desempenha um papel importante nessas investigações. Na maioria dos casos, podem fornecer informações valiosas sobre a área de investigação - localização do fogo no momento de sua chegada, a direção em que o fogo estava se espalhando e seu comportamento - a identificação de pessoas ou veículos que saem da área, as condições meteorológicas e os danos ou condições anormais (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2011).

Entretanto, muitas vezes, quando os combatentes não conseguem visualizar todo o incêndio - como está a sua propagação e onde é a sua real frente de fogo - acabam por "correr atrás do fogo", e, conseqüentemente, deixam um padrão de queima que pode causar dúvidas sobre a real propagação do incêndio, prejudicando e confundindo o perito na busca pela definição da zona de origem. Assim, com a utilização de RPA para captação de imagens no combate a incêndios florestais, o combate se tornaria mais assertivo, uma vez que ela proporciona uma perspectiva diferente em comparação ao pessoal em terra. Com a RPA há a possibilidade de traçar estratégias que auxiliaria os combatentes no incêndio, bem como os impediria de causarem marcas que porventura possam confundir o perito. Estas estratégias se tornam valiosas no pós combate, principalmente para a identificação da zona de origem, das áreas queimadas, da direção, propagação e intensidade do fogo em um determinado local de forma a facilitar a compreensão dos peritos no momento da futura investigação (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2011).

## 5.5 LIMITAÇÕES

Uma das maiores limitações das RPA é a sua energia disponível a bordo, principalmente em aeronaves de asas rotativas, as quais são capazes de operar em baixas velocidades ou paradas no ar, impondo restrições a sua autonomia (duração de voo), aos sensores que podem ser transportados, bem como ao alcance e à largura de bandas de comunicação (GUERREIRO, 2014).

Outro ponto a ser considerado é a dificuldade de operar em condições climáticas desfavoráveis, como chuvas, mau tempo, ventos muito fortes, interferências magnéticas, entre outras (DRONES..., 2018; BERNARDINO, 2019). Há de se considerar também a questão de sobrevoar a noite, mesmo existindo drones que conseguem, é uma dificuldade encontrada, o que limita sua utilização, além da própria colisão com pássaros e outras estruturas que por ventura pode acontecer (BERNARDINO, 2019).

Além disso, os Drones podem ter o voo prejudicado devido a estas condições, as quais influenciam diretamente no seu alcance, sendo fundamental checar a previsão do tempo, durante a fase de preparação do plano de voo.

## 6 CONCLUSÃO

O Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina (CBMSC), por prestar o serviço de investigação de incêndios florestais, tem a responsabilidades de aprimorar cada vez mais as técnicas e os equipamentos dessa atividade, com o intuito de garantir o profissionalismo dos investigadores e de retroalimentar o sistema do bombeiro. Esta atividade está muito incipiente na corporação e, por esse motivo, é importante que se acompanhe as novas tecnologias, como no caso do emprego da aeronave remotamente pilotada (RPA), por inovar e possibilitar diversas aplicações.

Nesse sentido, o presente estudo buscou levantar as aplicabilidades da RPA no serviço de investigação de incêndio florestal do CBMSC. E para auxiliar neste artigo, investigou-se o conceito, os indicadores de queima, as possíveis causas, entre outras informações sobre os incêndios florestais, bem como algumas informações referente as RPA com o intuito de relacionar na atividade de investigação.

Durante o estudo, pode-se observar que são diversas as aplicabilidades das RPA na investigação dos incêndios florestais tais como no mapeamento aéreo, produzindo ortomosaicos que auxiliarão no dimensionamento da área atingida e criação de um croqui mais realista, na determinação da propagação do incêndio e da zona de origem. Além disso, é possível utilizar a RPA na visualização e identificação dos indicadores de queima, dos locais de difícil acesso ao perito, bem como auxiliar no combate ao incêndio com foco de preservar o local sinistrado.

Sabe-se também que existe limitações da utilização das RPA e que estas precisam ser observadas no momento da sua utilização de maneira a não prejudicar nas informações adquiridas durante a investigação.

Dado o exposto, este artigo demonstra as possibilidades de aplicação da RPA na investigação de incêndios, as quais vão ao encontro do ciclo operacional do bombeiro com o objetivo de retroalimentar o sistema. Nota-se também que a RPA possibilita ao investigador mais um equipamento, bem como uma ferramenta que pode ser empregada em sua rotina, proporcionando maior agilidade e eficiência na sua investigação. Ademais, o conhecimento adquirido com o estudo em questão será de grande valia para o aperfeiçoamento dos laudos periciais, valorizando ainda mais o trabalho do perito, além de facilitar o serviço e reduzir o tempo de trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMBROSIA, V.; WEGENER, S.; SULLIVAN, D.; BUECHEL, S.; BRASS, S.D.J.; STONEBURNER, J.; SCHOENUNG, S. **Demonstrating UAV-acquired real-time thermal data over fires**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. v. 69(4), p. 391-402. 2003.

BERNARDINO, Lais De Oliveira. **Material Drone - Defesa Civil**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <douglascunha.aqui@gmail.com> em 15 mar. 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **AIC N 24/18: Aeronaves Remotamente Pilotadas para uso exclusivo em operações dos órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de fiscalização da Receita federal**. 11 Jun. 2018. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4784>>. Acesso em 24 fev. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial - RBAC-E nº 94, de 02 de maio de 2017b. **Requisitos Gerais Para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil**. Brasília, DF: Anac, 2017b. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo\\_norma/RBACE94EMD00.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

CAMPITELI, M. 2017. **Entenda o Fluxo de Trabalho no Agisoft PhotoScan**. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/entenda-o-fluxo-de-trabalho-no-agisoft-photoscan/>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

CHAVES, A. N., 2013. **Proposta de modelo de veículos aéreos não tripulados (VANTs) cooperativos aplicados a operação de busca**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 2013.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Diretriz de Procedimento Operacional Permanente (DtzPOP Nr 28-18-ComdoG)** - Dispõe sobre as operações com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas - RPAS (Drones) no CBMSC. Florianópolis, 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Diretriz de Procedimento Operacional Permanente (DtzPOP Nr 24-17-ComdoG)** - Dispõe sobre a regulamentação da atividade de investigação de incêndio e explosão realizada pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina em todo o território catarinense. Florianópolis, 2017.

CUNHA, Douglas Amaral da. **Emprego de Aeronave Remotamente Pilotada (Drone) no Salvamento Aquático**. 2018. 87 p. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar. Florianópolis, 2018.

DEHAAN, John D. et al. **Wildland Fires and Their Investigation In: Kirk's fire investigation**. Pearson Higher, 2012.

DR1. Mercado de Drones. (2019). **Mapeamento aéreo com drones: entenda as diferenças da topografia convencional**. Disponível em: <<https://blog.grupodr1.com.br/mapeamento-aereo-com-drones-entenda-as-diferencas-da-topografia-convencional/>>. Acesso em 17 mar. 2019.

DRONENG, DRONES & ENGENHARIA. **E-Book - Case Mapeamento aéreo urbano: Multirotor e asa fixa**. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/1Grb8IMNi9hLY4\\_tThTlb9Y4kL\\_mYj-lb/view](https://drive.google.com/file/d/1Grb8IMNi9hLY4_tThTlb9Y4kL_mYj-lb/view)>. Acesso em: 08 mar. 2019.

FUCCI, Luciano Cardoso. **Piloto de drone, uma profissão de futuro!: A Tecnologia dos Drones**. Florianópolis: Clube de Autores, 2016.

GETZIN, S.; NUSKE, R.S.; WIEGAND, K. **Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) to quantify spatial gap patterns in forests**. *Remote Sens.* Remote Sensing. v. 6(8), p. 6988-7004. 2014.

GUERREIRO, Bruno J. N.. **Os Drones... e as suas limitações**. 2014. Disponível em: <<http://www.brunojnguerreiro.eu/pt/2014/06/on-the-use-of-drones-and-their-limitations>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

HIPARC GEOTECNOLOGIA. **Alerta de segurança operacional: Cuidados com Drones e VANTS - Veículos Aéreos não-tripulados**. ASO-05-2015-Pag 1; 08-JUN-15. Disponível em: <[http://www.hiparc.com.br/pdf/ASO\\_05\\_2015\\_Cuidados\\_com\\_Drones.pdf](http://www.hiparc.com.br/pdf/ASO_05_2015_Cuidados_com_Drones.pdf)>. Acesso em 28 fev 2019.

HORUS Aeronaves, Drone Mapping Solutions. 2017. **Como processar as imagens capturadas pelo seu drone**. Disponível em: <https://horsaeronaves.com/como-processar-as-imagens-capturadas-pelo-seu-drone/>. Acesso em 29 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Investigação de incêndios florestais**. Brasília: Prevfogo/IBAMA, 2011.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (IBAMA). **Apostila para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. Brasília. DF, 2010.

MERINO, L.; CABALLERO, F.; Martínez-de-Dios, J.R.; MAZA, I.; OLLERO, A. **An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement**. Journal of Intelligent & Robotic Systems. v. 65(1-4), p. 533-548. 2012.

MERINO, L.; CABALLERO, F.; MARTÍNEZ DE DIOS, J.; FERRUZ, J.; OLLERO, A. **A cooperative perception system for multiple UAVs: application to automatic detection of forest fires**. Journal Field Robot. v. 23(3-4), p. 165-184. 2006.

NETO, Manoel Silva. 2016. **Para que serve o GSD?** DronEng: Drones & Engenharia. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/gsd/>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

NETO, Manoel Silva. 2017. **Multi-rotor ou asa fixa? Saiba o que considerar na escolha**. DronEng: Drones & Engenharia. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/multirotor-ou-asa-fixa/>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION et al. **NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations**, 2011 edition. National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2011.

PALACE, M.; HERRICK, C.; DELGRECO, J.; FINNELL, D.; GARNELLO, A.J.; MCCALLEY, C.; MCARTHUR, K.; SULLIVAN, F.; VARNER, R.K. **Determining Subarctic Peatland Vegetation Using an Unmanned Aerial System (UAS)**. Remote Sensing. v. 10(9), p. 1498. 2018.

PARIZOTTO, W. **O Controle dos incêndios florestais pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: Diagnóstico e sugestões para o seu aprimoramento**. 2006. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de PósGraduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PARIZOTTO, W.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.; SOUSA, N.J. 2008. **Controle dos Incêndios Florestais pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: Diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento**. Floresta, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 651-662, dez. 2008.

PENNA NETO, Saulo. **Quais São as Diferenças Entre Aeronaves Remotamente Pilotadas de Asa Fixa e Multirottores?** 2017. Disponível em:

<<https://www.austertecnologia.com/single-post/2017/05/27/Quais-S%C3%A3o-as-Diferen%C3%A7as-Entre-Aeronaves-Remotamente-Pilotadas-de-Asa-Fixa-e-Multirotores>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

PIX4D. 2019a. **Plan and control drone flights for professional mapping and data capture using only your mobile phone.** Disponível em: <<https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

PIX4D. 2019b. **Mapping the Kilauea volcanic eruption with drones.** Disponível em: <<https://www.pix4d.com/blog/mapping-volcanic-eruption-drones>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

PIX4D. 2018. **Images to action: mapping the Santa Rosa fire storms.** Disponível em: <<https://www.pix4d.com/blog/translating-images-action-lessons-learned-santa-rosa-fire-storms>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

RUY, R.S. DronEng, Drones & Engenharia. 2015. **Como funciona a fotogrametria a bordo do VANT?** Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/fotogrametria-a-bordo-do-vant/>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

SANTA CATARINA (Estado). Constituição (1989). **Constituição Estadual de Santa Catarina.** Disponível em: <[http://www.alesc.sc.gov.br/portal\\_alesc/sites/default/files/CONSTITUI%C3%87%C3%83O%20-%20at%C3%A9%20EC74\\_0.pdf](http://www.alesc.sc.gov.br/portal_alesc/sites/default/files/CONSTITUI%C3%87%C3%83O%20-%20at%C3%A9%20EC74_0.pdf)>. Acesso em: 19 fev. 2019.

SARTE, Atila Medeiros. **Proposta de padronização do serviço de aeronaves remotamente pilotadas no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** 2017. 81 p. Monografia (Curso de Comando e Estado Maior; Especialização em Gestão Pública com Ênfase à Atividade de Bombeiro Militar) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2017.

SAUSEN, T.M.; LACRUZ, M.S.P. 2015. **Sensoriamento remoto para desastres.** São Paulo. Oficina de Textos, 2015.

SILVA, M.A.; VIDAL, V.V. 2015. **Equipamentos em Unidade Móvel para a Prática de Investigação em Incêndio.** Curso de Perícia em Incêndio e Explosão. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

SILVA, Pedro Cabral Reis da. **O emprego de veículos aéreos não tripulados no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** 2015. 70 p. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) - Centro de Ensino Bombeiro Militar, Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

SILVA, R. G. 1998. **Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998.

SILVA, Leandro Aparecido Domingos da. **A importância da comunicação dos incêndios florestais pelo CBMSC aos órgãos competentes de sanções.** Monografia (Curso de Formação de Oficiais) - Centro de Ensino Bombeiro Militar. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

STURM, J.R. 2019. **Investigação de Incêndios Florestais.** Apostila de Investigação de Incêndios Florestais do Curso De Perícia Em Incêndio E Explosão do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Florianópolis. 2019.

STURM, J.R.; ACORDI, C.F. 2015. **Metodologia Para Investigação Em Incêndio Florestal.** Curso de Perícia em Incêndio e Explosão. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

TANG, L.; SHAO, G. **Drone remote sensing for forestry research and practices.** Journal of Forestry Research, 26(4):791–797. 2015.

TORRES, F.T.P.; ROQUE, M.P.B.; LIMA, G.S.; MARTINS, S.V.; FARIA, A.L.L. 2017. **Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento.** Floresta e Ambiente. 24 e. 2017.

TRIGO, M. 2017. **Este drone é especialista no combate a incêndios florestais.** Disponível em: <<https://tekgenius.pt/drone-especialista-no-combate-incendios-florestais/>>. Acesso em: 15 mar. 2019.