

Peterson Marcos Lima

**Análise comparativa da aplicabilidade do sensoriamento remoto na
identificação de infrações ambientais.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Perícias Criminais Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fabris Goerl

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Marcos Lima, Peterson

Análise comparativa da aplicabilidade do
sensoriamento remoto na identificação de infrações
ambientais. / Peterson Marcos Lima ; orientador,
Roberto Fabris Goerl, 2019.

110 p.

Dissertação (mestrado profissional) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em
Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Perícias Criminais Ambientais. 2.
Sensoriamento remoto. 3. Aeronaves Remotamente
Pilotadas. 4. Fiscalização Ambiental. 5. Polícia
Militar Ambiental de Santa Catarina. I. Fabris
Goerl, Roberto. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Perícias
Criminais Ambientais. III. Título.

“Análise comparativa da aplicabilidade do sensoriamento remoto na identificação de infrações ambientais”

Por

Peterson Marcos Lima

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (005/2019/PPGMPPA) do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Perícias Criminaís Ambientais - UFSC.

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Perícias Criminaís Ambientais

Banca examinadora:



Dr. Roberto Fabris Goerl (Universidade Federal de Santa Catarina)

Orientador



Dra. Michele Monguilhott (Universidade Federal de Santa Catarina)



Dr. Carlos José de Carvalho Pinto (Universidade Federal de Santa Catarina)

Florianópolis, 09 de maio de 2019.

Este trabalho é dedicado à minha
esposa, ao meu filho e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por permitir concluir mais uma etapa tão importante em minha vida.

Aos meus pais por serem o grande pilar da minha educação e por não medirem esforços para que eu conseguisse chegar até aqui.

Á minha esposa Bruna pelo carinho, amor e compreensão em todos os momentos.

Ao meu filho Ivan que trouxe mais alegria para os meus dias e me fortaleceu nos últimos meses da pesquisa.

Ao meu orientador Roberto pelos ensinamentos, paciência e disposição durante toda a orientação.

Á 1ª Companhia do 1º Batalhão da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina pelo apoio durante o período de aulas do mestrado.

Á 4ª Companhia do 1º Batalhão da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina pelo apoio e disponibilização dos dados para desenvolvimento da pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente participaram de mais essa etapa da minha vida.

Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda.

(Mário Sérgio Cortella)

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar diferentes produtos de sensoriamento remoto no monitoramento e análise de infrações ambientais realizadas pela 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. A Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) é uma ferramenta recente utilizada pelo referido órgão e, por isso, buscou-se nesse estudo avaliar os benefícios do seu uso nas ações da PMA/SC. Para alcançar o propósito dessa investigação foram analisados sete autos de infração e uma requisição do Poder Judiciário e Ministério Público que possuíam imagens obtidas por meio da RPA. Esses documentos foram comparados com os produtos de outros instrumentos de sensoriamento remoto, como o Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina e o *Google Earth*. A partir disso, percebeu-se duas principais vantagens do uso da RPA: a) Utilização dos registros fotográficos para comprovação ou não da materialidade de crimes ambientais; b) Versatilidade da ferramenta no atendimento aos diferentes crimes ambientais. Além da análise crítica dos casos apresentados, realizou-se a análise de três infrações para explorar uma proposta de mapeamento aéreo com o uso da RPA. Assim, evidenciou-se que tal ferramenta pode gerar produtos substanciais para os encaminhamentos das ações dos agentes ambientais.

Palavras-chave: 1. Sensoriamento remoto. 2. Aeronaves Remotamente Pilotadas. 3. Fiscalização Ambiental. 4. Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina

ABSTRACT

The present research had as objective to analyse different remote sensing products in the monitoring and analysis of environmental infractions carried out through by 4^a Company of the Environmental Military Police of Santa Catarina. The Remotely-Piloted Aircraft (RPA) is a recent tool used related agency and, therefore, it searched in this study to evaluate the benefits of its use in the actions from *PMA/SC*. In order to achieve the purpose of this inquiry, seven infraction notices and a request from the Judiciary and Public Ministry that had images obtained through the RPA were analyzed. These documents were compared to the products of other remote sensing instruments, such as the Geographic Information System of Santa Catarina and Google Earth. From this, two main advantages of the use of RPA were perceived: a) Use of photographic records to prove or not the materiality of environmental crimes; b) Versatility of the tool in attending to different environmental crimes. Besides the critical analysis of the presented cases, the analysis of three infractions was carried out to explore a proposal of aerial mapping with the use of RPA. Thus, it was evidenced that such tool can generate substantial items for the referrals of the actions of environmental agents.

Key words: 1. Remote Sensing. 2. Remotely Piloted Aircraft. 3. Environmental Inspection. 4. Environmental Military Police of Santa Catarina.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas Zonas Urbanas - AIC 23-18.	48
Figura 2 - Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas Zonas Rurais.....	49
Figura 3 – Símbolos das imagens de operações de RPA	49
Figura 4 - Imagens do levantamento ambiental realizado pela PMESP em conjunto com a AGX Tecnologia (a - Imagem gerada pelo software Google Earth antes da operação e b - Imagem pós-processada com dados da RPA após a operação)	52
Figura 5 – Área de atuação da 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina.....	57
Figura 6 - Área de abrangência da Serra do Tabuleiro	58
Figura 7 - Layout do Sistema de Gestão e Acompanhamento de Infrações Ambientais (GAIA)	61
Figura 8 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens.....	68
Figura 9 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens.....	71
Figura 10 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens....	73
Figura 11 – Construção em área de amortecimento do PEST (destaque em amarelo) a partir do SIGSC	74
Figura 12 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens....	76
Figura 13 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens....	78
Figura 14 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens....	80
Figura 15 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens....	82
Figura 16 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens....	85
Figura 17 - Local da infração de mineração a partir de diferentes ferramentas	92
Figura 18 - Local da infração de construção em área de preservação permanente a partir de diferentes ferramentas.....	93
Figura 19 - Local da infração de supressão de vegetação a partir de diferentes ferramentas	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de autos de infrações da 4ª Companhia da PMA/SC	59
Gráfico 2 - Número de requisições do Poder Judiciário e Ministério Público da 4ª Companhia da PMA/SC	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais documentos legais federais em relação ao meio ambiente.	33
Quadro 2 - Principais documentos legais estaduais em relação ao meio ambiente	35
Quadro 3 - Organização atual da Polícia Militar de Santa Catarina.....	38
Quadro 4 - Classificação das Aeronaves Remotamente Tripuladas.....	43
Quadro 5 - Resumo dos parâmetros em operações com RPA.....	50
Quadro 6 - Distribuição de RPA nas unidades da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina.....	53
Quadro 7 - Ocorrências da 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental analisada no presente trabalho.....	62
Quadro 8 - Auto de infração do descarte de resíduo sólido irregular.....	66
Quadro 9 - Auto de infração da produção de carvão com madeira nativa sem licença do órgão competente.....	70
Quadro 10 - Auto de infração da construção em zona de amortecimento do Parque da Serra do Tabuleiro.....	72
Quadro 11 - Auto de infração do parcelamento em solo irregular.....	77
Quadro 12 - Auto de infração do incêndio em Unidade de Conservação.....	79
Quadro 13 - Síntese das infrações ambientais.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação espacial e temporal da infração de descarte de resíduos sólidos.....	68
Tabela 2 - Medições do local das infrações a partir das imagens	92
Tabela 3 - Medições do local das infrações a partir das imagens	94
Tabela 4 - Medições do local das infrações a partir das imagens	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGL - Acima do Nível do Solo
AIA - Auto de Infração Ambiental
AIC - Circular de Informações Aeronáuticas
ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicação
APP – Área de preservação permanente
BI - Business Intelligence
BPMA - Batalhão de Polícia Militar Ambiental
CAER - Certificado de Aeronavegabilidade Especial
Carvão-mdc - Quantidade de carvão que preenche o volume de 1 m³
CBMERJ - Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro
CBMSC - Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
CIA – Companhia
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPMA - Comando de Policiamento Militar Ambiental
DC - Defesa Civil
DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ESA - *European Space Agency* - Agência Espacial Europeia
FATMA - Fundação do Meio Ambiente
FCAM - Fundação Cambirela de Meio Ambiente
GEA - Gerência de Educação Ambiental
GNSS - Sistema de Navegação Global por Satélite
GP- Grupamento
GPS - Sistema de Posicionamento Global
GSD - *Ground Sample Distance* - Distância de amostra do solo
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICA - Instrução do Comando da Aeronáutica
IMA – Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
MPSC - Ministério Público Estadual de Santa Catarina
NBR ISO – Norma Brasileira Organização Internacional de Normatização
NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
OSP - Órgãos de Segurança Pública
Pel – Pelotão

PEST – Parque Estadual da Serra do Tabuleiro
PMA/SC – Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina
PMESP - Polícia Militar do Estado de São Paulo
PMSC - Polícia Militar de Santa Catarina
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente
RBAC-E – Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial
RFB - Fiscalização da Receita Federal do Brasil
RGB - *Red, Green e Blue* - Vermelho, Verde e Azul
RPA - *Remotely-Piloted Aircraft* - Aeronaves Remotamente Pilotadas
RPAS - *Remotely Piloted Aircraft Systems* – Sistema da Aeronave Remotamente Pilotada
SADE - Sistema de Atendimento de Despacho de Emergências
SARPAS - Sistemas de Aeronaves Remotamente no Espaço Aéreo Brasileiro
SIG – Sistema de informação geográfica
SIGSC – Sistema de informações Geográficas de Santa Catarina
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente
UAV - *Unmanned aerial vehicle* - Veículo Aéreo Não Tripulado
V-1 - Vengeance Weapon -1
VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado
VLOS - Operação em Linha de Visada Visual

SUMÁRIO

SUMÁRIO	49
INTRODUÇÃO	27
1.1 OBJETIVOS	30
1.1.1 Objetivo Geral	30
1.1.2 Objetivos Específicos	30
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	31
2.1 MEIO AMBIENTE E FISCALIZAÇÃO	31
2.1.1 Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina	36
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO	40
2.2.1 Aeronaves Remotamente Pilotadas: aspectos legais, históricos, conceituais e o seu uso em diferentes contextos de fiscalização.....	41
2.2.1.1 Definição e histórico	41
2.2.1.2 Tipos de Aeronaves Remotamente Tripuladas	42
2.2.1.3 Aspectos legais referentes ao uso das Aeronaves Remotamente Tripuladas	45
2.2.1.4 O uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas em diferentes atividades de fiscalização	50
2.2.1.5 Aeronaves Remotamente Pilotadas da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina	53
3. METODOLOGIA	54
3.1 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA: DOCUMENTAL E ESTUDO DE CASO	55
3.2 CONTEXTO DA PESQUISA	56
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 ANÁLISE DOS CASOS DE AUTUAÇÃO E COMPARAÇÃO COM DIFERENTES SENSORES.....	64
4.1.1 Descarte de resíduo sólido irregular.....	65
4.1.2 Carvão de vegetação nativa sem licença do órgão competente.....	69
4.1.3 Construção em zona de amortecimento em Unidade de Conservação	71
4.1.4 Construção em Área de Preservação Permanente (Topo de Morro)	74

4.1.5 - Parcelamento de solo irregular	76
4.1.6 - Incêndio em Unidade de Conservação	78
4.1.7 Construção em solo não edificável	81
4.1.8 Uso de RPA na identificação e organização da fiscalização ambiental motivado por diversas infrações	82
4.2 ANÁLISE CRÍTICA DOS AUTOS DE INFRAÇÃO APRESENTADOS.	86
4.3 USO DE IMAGENS ÁEREAS NAS ATIVIDADES DE FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL: ANÁLISE E PROPOSTAS PARA O USO DAS AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	100

INTRODUÇÃO

As discussões quanto ao meio ambiente e as ações antrópicas são recorrentes em nossa atualidade, especialmente quanto aos direitos e deveres no que se refere à preservação ambiental. A constante exploração dos recursos ambientais, muitas vezes de forma desenfreada e com o uso irracional, proporciona o desequilíbrio do meio ambiente, ocasionando degradação e afetando a vida de maneira geral. Algumas regiões sofrem com a falta de água, outras com enchentes, poluição do ar, água, solo, enfim, são vários prejuízos ao meio ambiente e conseqüentemente à vida humana.

O Poder Público com intuito de limitar o uso dos recursos naturais cria e estabelece normas para controlar as atividades antrópicas que interferem nas condições do meio ambiente.

A garantia do equilíbrio dessas ações ocorre por conta do trabalho dos órgãos ambientais, dentre eles a Polícia Militar Ambiental. A inserção do Poder de Polícia na temática ambiental no Brasil data de 1981. Neste ano foi criada, através da Lei Federal nº 6938 de 31 de agosto de 1981, a Política Nacional de Meio Ambiente. A referida Lei criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que considerou os Órgãos de meio ambiente estaduais como Órgãos Seccionais, no controle e fiscalização das atividades suscetíveis de degradação da qualidade ambiental. Em Santa Catarina, conforme o Código Estadual do Meio Ambiente (Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009), o Sistema Estadual do Meio Ambiente é composto por órgãos e entidades da administração pública direta e indireta do estado e dos municípios. Cada órgão possui uma atribuição inerente à natureza do seu trabalho, sendo a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina um dos órgãos executores juntamente com o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA).

A Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina (PMA/SC) é uma unidade especializada da Polícia Militar de Santa Catarina que presta serviços públicos por todo território catarinense, atuando na guarda, fiscalização das florestas, dos mananciais e na proteção do meio ambiente. Estas atribuições estão amparadas na Constituição do Estado de Santa Catarina de 1989, art. 107, Inciso I, Letras D e G, (SANTA CATARINA, 1989).

Desde o início das suas atividades, a PMA/SC tem passado por constantes mudanças, acompanhando, de certa forma, os avanços legais e tecnológicos. Atualmente, essa instituição vem buscando ferramentas que

possam contribuir para um trabalho de excelência, otimizando custos operacionais, dando celeridade aos processos e proporcionando melhores condições para a tomada de decisão pelas autoridades competentes. Dessa forma, o emprego de algumas ferramentas de geotecnologias está facilitando o acesso às informações por contribuir essencialmente na disponibilidade de instrumentos adequados ao processamento de dados.

Um das ferramentas utilizadas pela PMA/SC na fiscalização de infrações ambientais são as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), popularmente conhecidas como “Drone” ou “VANT” (Veículo Aéreo Não Tripulado). As RPA são definidas como uma subcategoria de aeronaves não tripuladas, pilotadas a partir de uma Estação de Pilotagem Remota e utilizadas para qualquer outro fim que não seja o recreativo, conforme consta na Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017 (BRASIL, 2017).

A RPA é uma ferramenta utilizada em vários ramos, seja na agricultura, infraestrutura, transportes, mídia, segurança, mineração, atividades humanitárias, monitoramento e fiscalização ambiental, entre outras atividades. Várias repartições públicas do estado de Santa Catarina estão utilizando essa ferramenta em suas atividades, um exemplo é o Corpo de Bombeiros Militar de Santa - CBMSC, em suas atividades de monitoramento de praias e resgates (SARTE, 2017).

A utilização dessa tecnologia nas atividades de fiscalização ambiental é recente em Santa Catarina e, por isso, faz-se necessário compreender quais os benefícios do seu uso para o trabalho da Polícia Militar Ambiental Catarinense. Além dessa ferramenta, a PMA utiliza dados provenientes de outros sensores remotos, os quais tem sido usados em diversas análises ambientais (ORTIZ e FREITAS, 2005; PRADO *et al*, 2007 CALDAS *et al*, 2009; MASCARENHAS *et al*, 2009 ; ARAGÃO e SANTOS, 2014.). As principais diferenças entre os tradicionais produtos do sensoriamento remoto com as imagens orbitais e aéreas e o RPA são a resolução das imagens, a possibilidade de fácil repetibilidade do voo, o baixo custo relativo e a capacidade de obter imagens mesmo em dias com alta nebulosidade.

A fiscalização ambiental é uma ação fundamental para a preservação do meio ambiente, pois destina-se a ações de vistoria, controle, proteção, vigilância, com intuito de evitar atividades danosas ao meio ambiente. Nesse sentido, a fiscalização é o procedimento inicial e essencial para verificar a existência de infrações ambientais, peça primordial para o começo do processo administrativo e criminal. Nos atos da fiscalização, caso haja infração ambiental, o agente fiscal analisa e realiza os procedimentos necessários para comprovar a materialidade dos

danos ambientais, tendo como objetivo caracterizar, mensurar e valorar o dano e/ou atividade lesiva, e também analisar o nexo causal identificando se existe lógica entre o dano e a atividade réu (ALMEIDA, 2006). O Policial Militar Ambiental ao atuar na fiscalização tem como obrigação levantar todos os dados possíveis acerca das causas, dimensões e naturezas dos danos ambientais ocasionados. Quando se identifica a existência de infração ambiental, o agente fiscal instaura o processo administrativo ambiental, de acordo com o Art. 1. da Portaria FATMA/BPMA nº 170 de 04/10/2013. Segundo essa portaria, o processo tem origem com a lavratura do auto de infração e deverá ter no mínimo: capa, auto de infração e outros documentos fiscais, relatório de fiscalização, defesa prévia, manifestação do agente autuante acerca da defesa prévia, certidão de antecedentes, alegações finais e despacho de penalidade (SANTA CATARINA, 2013).

Dentre os documentos fiscais utilizados para compor o processo administrativo ambiental, as imagens da ocorrência destacam-se por serem instrumentos para comprovação da materialidade da infração. A Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina utiliza diferentes recursos para obtenção dessas imagens, como os produtos de sensoriamento remoto obtidos por meio de satélite e outras plataformas, como a RPA e o SIGSC. No entanto, as RPA são uma tecnologia recente, quando comparada aos tradicionais sensores, e faz-se necessário investigar quais os benefícios que esse instrumento pode trazer na fiscalização, dando legitimidade às ações executadas e o necessário respaldo jurídico para a atuação do policial ambiental.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo principal analisar a aplicabilidade de diferentes produtos de sensoriamento remoto no monitoramento e análise de infrações ambientais. Para alcançar tal objetivo buscou-se nos autos de infração registros da utilização da RPA em diferentes operações de fiscalização ambiental, além de relacionar com outras informações bibliográficas sobre a utilização desse instrumento nessas atividades. A partir disso, foi possível avaliar o papel dessa ferramenta para o trabalho da Polícia Militar Ambiental, comparar com as diferentes ferramentas de imagens gratuitas (e.g. Google Earth) para avaliação métrica das áreas fiscalizadas e refletir acerca dos possíveis desdobramentos para a sua utilização nas ações de fiscalização.

Desse modo, organizou-se este estudo, em capítulos, da seguinte forma: a) Introdução; b) Fundamentação Teórica; c) Metodologia; d) Resultados e análise de dados; e) Considerações Finais e f) Referências Bibliográficas. Na introdução, apresenta-se a motivação para a realização da pesquisa, bem como, a justificativa e os objetivos. No segundo capítulo

- fundamentação teórica - apresenta-se discussões relacionadas ao meio ambiente e fiscalização, contemplando os conceitos basilares inerentes às questões ambientais, além dos aspectos legais e do trabalho da Polícia Militar Ambiental. O referencial teórico apresenta também a legislação concernente ao uso dos veículos não tripulados e a sua utilização em diferentes contextos de fiscalização. O terceiro capítulo traz o percurso metodológico da dissertação, isto é, a natureza da pesquisa e os procedimentos utilizados. Os resultados e análise são apresentados no quarto capítulo com análise dos autos de infração e do uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas e os possíveis desdobramentos para o uso dessa ferramenta. Por fim, apresenta-se as considerações finais e referências bibliográficas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar a aplicação de diferentes produtos de sensoriamento remoto no monitoramento e análise de infrações ambientais

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o papel das Aeronaves Remotamente Pilotadas para o trabalho da Polícia Militar Ambiental;
- Comparar as diferentes ferramentas de imagens gratuitas para avaliação métrica de locais de infração ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MEIO AMBIENTE E FISCALIZAÇÃO

Desde os primórdios, o homem vem explorando a natureza de forma indiscriminada, acarretando num desequilíbrio do meio ambiente. Contudo, não são todas as atividades humanas que causam impactos relevantes sobre a natureza, mas um determinado modo de produção que inclui não só as relações da sociedade com a natureza como também, as relações dos homens entre si (ALBUQUERQUE, 2007).

O atual modelo de desenvolvimento tem induzido o esgotamento dos recursos naturais, gerando níveis de poluição graves no ar, solo, e água, além da destruição da biodiversidade, impactando na fauna, flora, reservas naturais, com reflexo global. Esse modelo extrativista, predatório, que visa apenas a exploração, está longe de atingir os níveis adequados de preservação, desenvolvimento sustentável, manutenção da diversidade flora, fauna e recursos minerais (MARCATTO, 2002).

Com intuito de assegurar um meio ambiente ecologicamente equilibrado, o Poder Público estabelece normas com finalidade de promover o controle e ordenamento dos recursos naturais. Para aqueles que vierem descumprir as normas estão previstas as medidas de advertência e até a prisão do infrator, além da reparação pelo dano ambiental causado.

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, diz que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

De acordo com Quintas (2006), cabe ao Poder Público o ordenamento, controle do uso dos recursos ambientais, reparação e prisão dos indivíduos que cometem dano ambiental. Ainda segundo este autor, é o Poder Público que atua diretamente na avaliação dos impactos ambientais e na gestão dos recursos naturais e áreas protegidas, através do monitoramento, fiscalização, pesquisa, educação ambiental e outras ações.

Para compreender sobre o meio ambiente é necessário entender sua definição, haja visto que pesquisadores, ordenamento jurídico, ambientalistas, utilizam concepções diferentes, dependendo da área de interesse, seja política, científica, artísticas, entre outras

(ALBUQUERQUE, 2007). A Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, artigo 3º, I, define o meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981). Outra conceituação de meio ambiente descrita por Reigota (2004, p. 21) que trata o:

“meio ambiente como o lugar determinado ou percebido onde os elementos naturais e sociais estão em relações dinâmicas e em interação. Essas relações implicam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e sociais de transformação do meio natural e construído”.

A NBR ISO 14001(ABNT, 2004), define o meio ambiente como a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações. Para Silva (2002), o meio ambiente é a interação do conjunto de elementos naturais, culturais e artificiais que asseguram o desenvolvimento harmonioso da vida em todas as suas formas.

Como pode ser observado, a definição de meio ambiente possui diferentes interpretações conforme a inserção no contexto para seu uso, mas o que todas trazem em comum é a importância de zelar pela preservação e proteção do meio que estamos inseridos e tudo que está em nossa volta. Contudo, Almeida (2006) afirma que as projeções para o futuro tendem a piorar a qualidade do meio ambiente com o passar dos anos. As projeções estimam mudanças climáticas mais drásticas, em razão da temperatura da terra estar cada vez mais elevada e do efeito estufa, por conta do desenvolvimento e da exploração dos recursos naturais. O Poder Público vem tomando ações mais efetivas para controlar o comportamento inoportuno do convívio em sociedade das atividades que ameaçam o meio ambiente, atribuindo aos crimes, contravenções e atitudes que lesam a qualidade de vida e afetam o meio ambiente.

Uma das formas de garantir um ambiente ecologicamente equilibrado para as gerações futuras é garantir que as atividades de fiscalização sejam constantemente realizadas pelos órgãos competentes. A Fiscalização Ambiental consiste nas ações de controle daqueles que podem ser potenciais ou efetivos poluidores e utilizadores de forma a garantir a preservação do meio ambiente para a coletividade (IBAMA, 2016). Para isso, os órgãos e entidades da união, dos estados, do distrito federal, dos territórios e dos municípios, bem como as fundações

instituídas pelo Poder Público que constituem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) atuam na proteção e melhoria da qualidade ambiental em todo o território brasileiro. Dentre os órgãos que detêm a responsabilidade pelas atividades de fiscalização ambiental, inclui-se a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina.

Para garantir a efetividade da fiscalização do meio ambiente e do trabalho dos órgãos públicos é fundamental que existam subsídios legais. O Brasil possui diversas Leis acerca das questões ambientais, que vem desde a Constituição Federal até as leis estaduais e municipais. Nos Quadros 1 e 2, apresenta-se uma síntese dos principais documentos legais da esfera federal e estadual que tratam de questões referentes ao meio ambiente.

Quadro 1 - Principais documentos legais federais em relação ao meio ambiente.

ESFERA FEDERAL	
<i>Documento legal</i>	<i>Finalidade</i>
Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Constituição Federal (1988)	Capítulo IV - Do Meio Ambiente
Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990	Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.
Resolução do CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.

Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Lei n. 5.197, de 3 de janeiro de 1997.	Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências
Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999.	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
Decreto n. 3.179, de 21 de setembro de 1999.	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Decreto n. 6514, de 22 de julho de 2008.	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.
Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.	Dispõe sobre a Proteção da Vegetação Nativa (Código Florestal Brasileiro)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Legislação Ambiental Básica (BRASIL, 2008).

Quadro 2 - Principais documentos legais estaduais em relação ao meio ambiente

ESFERA ESTADUAL - SANTA CATARINA	
<i>Documentos legais</i>	<i>Finalidade</i>
Lei n. 8039, de 23 de julho de 1990.	Cria a Companhia da Polícia Florestal, e dá outras providências.
Decreto n. 1017, de 13 de novembro de 1991.	Aprova o Regulamento para Atuação do Policiamento Florestal, da Polícia Militar do Estado de Santa Catarina e dá outras providências.
Decreto nº 3569, de 27 de abril de 1993.	Dispõe sobre denominação honorífica a organização da Polícia Militar.
Lei n. 11.986, de 12 de novembro de 2001.	Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza e adota outras providências.
Decreto n. 3379, de 04 de agosto de 2005.	Transforma a Companhia de Polícia de Proteção Ambiental da Polícia Militar em Guarnição Especial de Polícia Militar Ambiental.
Lei n. 13.557, de 17 de novembro de 2005.	Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e adota outras providências.
Lei n. 14.601, de 29 de dezembro de 2008.	Institui o Cadastro Técnico Estadual de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Naturais, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, a Taxa de Fiscalização Ambiental e estabelece outras providências
Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009.	Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.

Resolução CONSEMA n. 002, de 06 de dezembro de 2011.	Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências.
Portaria n. 170 de 2013/GABP- FATMA/BPMA- SC - Outubro de 2013.	Dispõe sobre os procedimentos para apuração de infrações ambientais por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente no âmbito da Fundação do Meio Ambiente - FATMA e do Batalhão de Polícia Militar Ambiental - BPMA.
Resolução CONSEMA n. 51, de 05 de dezembro de 2014.	Reconhece a Lista Oficial das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.1.1 Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina

Atualmente, a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina (PMA/SC) está presente em todas as regiões de Santa Catarina e atua nas atividades de fiscalização e preservação ambiental em todo o estado. Sua história está diretamente atrelada à constituição da Polícia Militar de Santa Catarina, com início das suas atividades em 1835, através da criação da Força Policial por meio da Lei Provincial n. 12, de 05 de maio do respectivo ano. Sua área de atuação restringia-se à Vila de Nossa Senhora do Desterro (hoje Florianópolis) e cidades vizinhas e tinha como missão atender desde incêndios até a prisão de infratores das posturas municipais, conforme o regulamento da Força Policial aprovado em 1836 (PMSC, 2018). Desde o início, a atuação dos militares esteve voltada também para as atividades inerentes ao meio ambiente no estado catarinense, além de manter a ordem pública.

Com o passar dos anos, a Força Policial atuou em diferentes segmentos, inclusive sendo considerada como auxiliares do Exército Brasileiro até chegar na atual regulamentação da segurança pública prevista na Constituição Brasileira de 1988, Art. 144. No referido artigo, menciona-se que “a segurança pública é dever do Estado, direito e responsabilidade de todos e é exercida para preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio (BRASIL, 1988).

A Constituição de Santa Catarina, de 1989, define a Polícia Militar como “órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizada com base na hierarquia e na disciplina, subordinada ao Governador do Estado” (SANTA CATARINA, 1989). Tal documento destaca todas as atribuições da PMSC, inclusive a proteção do meio ambiente e a garantia do exercício do poder de polícia dos órgãos e entidades públicas, especialmente da área fazendária, sanitária, de proteção ambiental, de uso e de ocupação do solo e de patrimônio cultural (SANTA CATARINA, 1989).

Além dessas responsabilidades, a Constituição estadual ratifica o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e a incumbência do Poder Público no dever de preservação. Para colaborar nessa atividade, institui a necessidade de criação de um órgão de polícia florestal na Polícia Militar de Santa Catarina, o que ocorreu no ano seguinte através da Lei n. 8039/1990, que cria a Companhia de Polícia Florestal do estado (SANTA CATARINA, 1990).

A Lei n. 8039/1990 dispõe as principais ações da Companhia de Polícia Florestal, principalmente, na região da Mata Atlântica, e especialmente na área do Parque da Serra do Tabuleiro e de mananciais da região (SANTA CATARINA, 1990). A atuação do Policiamento Florestal foi regulamentada pelo Decreto n. 1017, de 13 de novembro de 1991, em seu artigo 4. Este artigo destaca que além de executar ações e operações militares visando à proteção ambiental, cabe à Polícia Militar Ambiental a atuação em diferentes frentes de trabalho, desde o planejamento estratégico das atividades do órgão até a lavratura dos autos de infração. Algumas das atribuições apresentadas no referido documento podem ser beneficiadas diretamente com a utilização do sensoriamento remoto e RPA, como a atuação do policiamento nos parques florestas, reservas biológicas, áreas de proteção ambiental, fiscalização de mineração, áreas de desmatamento e queimadas.

Além de definir a competência da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, o Decreto n. 1017/1991 estabelece as ações do policiamento ambiental quanto à fiscalização, das ações conjuntas com outros órgãos e também dos convênios. Até o ano de 1993, a Polícia Militar Ambiental era chamada de Polícia Florestal e teve o seu nome alterado no ano mencionado pelo Decreto n. 3569/1993 para Companhia Polícia de Proteção Ambiental Dr. Fritz Muller. Alguns anos depois, por meio do Decreto n. 3379 de 04 de agosto de 2005, o nome foi novamente alterado e passou a se chamar Guarnição Especial de Polícia Militar Ambiental (SANTA CATARINA, 2005). Em 2008, o Decreto n. 1682 de 08 de setembro de 2008, transformou a Guarnição Especial de Polícia

Militar em Batalhão de Polícia Militar Ambiental e criou as 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª, 7ª, 8ª, 9ª e 10ª Companhias de Polícia Militar Ambiental, com sedes nos Municípios de Florianópolis, Palhoça, Laguna, Joinville, Blumenau, Lages, Chapecó, Herval d'Oeste, Maracajá e Canoinhas, respectivamente, diretamente subordinadas ao Batalhão de Polícia Militar Ambiental (SANTA CATARINA, 2008).

Segundo PMSC (2018), atualmente a PMA/SC possui a sede do seu comando na capital chamado de Comando de Policiamento Militar Ambiental (CPMA) e conta com 19 unidades em diversas regiões do estado, conforme apresentado no Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 - Organização atual da Polícia Militar de Santa Catarina

CPMA	1BPMA	1CIA	1PEL/1CIA/1BPMA		Florianópolis – Rio Vermelho
			2PEL/1CIA/1BPMA		Florianópolis – Coqueiros
				3GP/2PEL/1CIA/1BPMA	Tijucas
			3PEL/1CIA/1BPMA		Florianópolis
		2CIA	1PEL/2CIA/1BPMA		Joinville
			2PEL/2CIA/1BPMA		Blumenau
			3PEL/2CIA/1BPMA		Rio do Sul
		3CIA	1PEL/3CIA/1BPMA		Laguna
			2PEL/3CIA/1BPMA		Maracajá
	4CIA	1PEL/4CIA/1BPMA		Palhoça	
	2BPMA	1CIA	1PEL/1CIA/2BPMA		Lages
				3GP/1PEL/1CIA/2BPMA	Curitiba
		2CIA	2PEL/1CIA/2BPMA		Herval do Oeste
				2GP/2PEL/1CIA/2BPMA	Concórdia
				3GP/2PEL/1CIA/2BPMA	Videira
			2PEL/2CIA/2BPMA		Chapecó
			2PEL/2CIA/2BPMA		São Miguel do Oeste
		3CIA	1PEL/3CIA/2BPMA		Canoinhas
				2GP/3PEL/3CIA/2BPMA	Porto União
		3GP/3PEL/3CIA/2BPMA	Caçador		
Legenda: CPMA – Comando de Polícia Militar Ambiental BPMA – Batalhão de Polícia Militar Ambiental CIA – Companhia PEL – Pelotão GP – Grupo					

Fonte: PMA (2018)

Essas unidades da PMA/SC estão presentes em todas as regiões do estado e atuam diretamente na fiscalização ambiental. De acordo com Chaves (2017), em Santa Catarina os instrumentos legais de fiscalização que devem ser utilizados para compor o processo administrativo e/ou penal são: o Auto de Infração Ambiental, a Advertência, o Embargo, Interdição ou Suspensão, Termo de Compromisso e a Apreensão e Depósito.

Além das atividades efetivas voltadas para a preservação ambiental, a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina atua na educação ambiental, como o intuito de promover a disseminação de atitudes conscientes e que possam contribuir na proteção ambiental. Para isso, a PMA/SC criou a Gerência de Educação Ambiental (GEA) que tem como incumbência “estabelecer e fomentar as diretrizes de educação ambiental internamente e, depois, difundir junto com todo o efetivo a necessidade de preservação dos recursos naturais para diversos segmentos da sociedade catarinense” (SPERFELD e SPECHT, 2017). Ainda de acordo com os referidos autores, o GEA desenvolve três ações voltadas para a educação ambiental: a) o Programa Protetor Ambiental; b) Projeto Unidos pelo Meio Ambiente e c) atividades de Educação Ambiental com a comunidade.

O trabalho da PMSC e PMA/SC passou por mudanças ao longo dos anos, especialmente para se adequar aos avanços tecnológicos ocorridos nos últimos tempos. Faria e Costa (2015), discorrem acerca da necessidade de buscar novas ferramentas tecnológicas que possam contribuir no trabalho da segurança pública, mas ressaltam que antes de qualquer tipo de inovação ser inserida nas organizações policiais militares, é preciso passar por “uma análise criteriosa dos seus gestores, levando-se em consideração estudos e planejamento estratégicos direcionados não só para a viabilidade do dispêndio financeiro, como também humano.

Nesse sentido, tais autores destacam alguns projetos que estão em curso como o Business Intelligence (B.I), o Sistema de Atendimento de Despacho de Emergências (SADE), Sistema de Vídeo Monitoramento (Programa Bem-te-vi), Base Móvel, PMSC Mobile e PMSC Gestão Operacional. Faria e Costa (2015) ainda mencionam que diante desse cenário de progressiva inovação tecnológica surgem RPA como uma ferramenta eficiente para o monitoramento dos danos ambientais e apontam os benefícios que a utilização dessa tecnologia pode trazer no combate ao dano ambiental, como: a redução do tempo para a elaboração de um planejamento operacional; dados mais robustos quanto à qualidade de informação e que podem fornecer mais subsídios para a persecução criminal e/ou administrativa; baixo custo operacional tanto do aspecto financeiro como humano.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto é a tecnologia utilizada para obtenção de imagens e outras informações da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida, absorvida ou transmitida por um corpo/objeto na superfície terrestre. A palavra sensoriamento relaciona-se aos sensores instalados em plataformas, sejam elas aéreas – balões e aeronaves – ou orbitais – satélites artificiais. Já o termo remoto significa distante e é utilizado para se referir aos tipos de registros realizados sem o contato físico entre o sensor e objetos na superfície terrestre (FLORENZANO, 2011).

Atualmente, as plataformas aéreas e orbitais são compostas por ferramentas de tecnologias avançadas que permitem a obtenção de imagens e informações cada vez mais eficazes. No entanto, apesar do sensoriamento remoto ser algo presente e diretamente relacionado aos avanços tecnológicos, sua origem vincula-se ao surgimento da fotografia aérea e a primeiro registro foi feito de um balão em 1856. De acordo com Florenzano (2011), a história do sensoriamento remoto pode ser dividida em dois momentos – 1860 – baseado nas fotografias aéreas e 1960 – marcado pela variedade de tipos de imagens de satélites. Ainda segundo a autora, é de 1960 o registro das primeiras fotografias orbitais da superfície terrestre obtidas pelos satélites tripulados Mercury, Gemini e Apollo. Diante do potencial desses instrumentos e das vantagens provenientes do seu uso, como a coleta de dados meteorológicos, outros satélites foram criados. O Landsat-1, antes denominado ERTS-1, foi lançado em julho de 1972 e, atualmente, há vários satélites dessa série, além de outros, como os da série Spot, desenvolvidos pela França.

As imagens obtidas por meio dos satélites predominam no sensoriamento remoto, mas há, atualmente, outras plataformas que são utilizadas para esse tipo de atividade, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA). Esses veículos não tripulados são usados como plataformas para o sensoriamento remoto em várias atividades, incluindo a fiscalização ambiental.

De acordo com Aragão e Araújo (2014), o auxílio de tecnologias de sensoriamento remoto, de sistemas de informações geográficas (SIG) e posicionamento do sistema GNSS-2, proporcionam larga espectro de perícias, pois diminuem a duração dos exames de local e ampliam a compreensão dos fenômenos associados, inclusive, em crimes ambientais.

2.2.1 Aeronaves Remotamente Pilotadas: aspectos legais, históricos, conceituais e o seu uso em diferentes contextos de fiscalização

2.2.1.1 Definição e histórico

Em primeiro lugar destacam-se os diferentes termos utilizados para se referir às aeronaves remotamente pilotadas - drone, VANT e RPA. Pecharromás e Veiga (2017) apresentam a seguinte distinção:

- a) Drone: termo originado nos Estados Unidos e que é utilizado para qualquer objeto voador não tripulado e com qualquer propósito de uso. Trata-se de um termo genérico e que no Brasil é mais associado às plataformas menores utilizadas para lazer e filmagens aéreas;
- b) VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado): terminologia utilizada pelos órgãos reguladores do transporte aéreo e que define o VANT como veículo aéreo não tripulado e que não possui caráter recreativo e
- c) RPA: (Remotely-Piloted Aircraft em português, Aeronave Remotamente Pilotada): o piloto não está a bordo, mas controla remotamente a aeronave por uma interface externa qualquer (computador, simulador, dispositivo digital, controle remoto etc.) e RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems): cujo termo está relacionado a todo sistema que faz a aeronave voar como a estação de pilotagem remota, o link ou enlace de comando que possibilita o controle da aeronave, seus equipamentos de apoio, etc.

A ICA 100-40 (BRASIL, 2015) que trata dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro define RPA como aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota que não é utilizada para fins recreativos. Da mesma forma, o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial RBAC-E n.94 (BRASIL, 2017) que apresenta requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil estabelece as definições para aeromodelo e RPA: a) aeromodelo - toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação e b) RPA - aeronave não tripulada a partir de uma estação de pilotagem remota utilizada para fins não recreativos. A partir dessas conceituações conforme a legislação atual, esta pesquisa utiliza a terminologia RPA para se referir às aeronaves remotamente pilotadas.

Apesar das discussões quanto ao uso das RPA estarem em voga nos últimos anos, a sua utilização já vem sendo explorado há mais de 150

anos. De acordo com Hardgrave (2019), o primeiro uso do VANT, ainda que rudimentar, aconteceu em 1849 quando o exército austríaco atacou a cidade de Veneza utilizando balões carregados de explosivos, mas não alcançou o objetivo pretendido devido aos ventos fortes.

A partir disso, os veículos aéreos não tripulados foram constantemente utilizados em situações de conflito, inclusive na Segunda Guerra Mundial. De acordo com Bispo (2013), um dos veículos mais significativos dessa guerra foi o V-1 (Vengeance Weapon -1), conhecido como Buzz Bomb, nomeado assim em razão do som marcante que o motor produzia em voo. Ainda conforme o autor, esse modelo foi o primeiro VANT produzido em larga escala para ser utilizado em combates e teve cerca de 25 mil unidades fabricadas. Segundo Pecharromán e Veiga (2017), esses VANT eram capazes de atacar alvos em grandes distâncias sem colocar os pilotos em risco e, por causa do seu sucesso, continuaram a ser empregados em outros conflitos, como a Segunda Guerra do Golfo (em 2003), quando foram utilizados em grande escala pelas forças norte-americanas para o monitoramento de inimigos, designação de alvos e até lançamento de armamentos guiados. Aos poucos, essa tecnologia começou a ocupar outros espaços e chegou ao Brasil, onde teve seu primeiro registro de desenvolvimento de um VANT em 1992, projeto conjunto entre o Centro Técnico Aeroespacial e a Companhia Brasileira de Tratores, mas o projeto acabou sendo encerrado antes do seu primeiro voo.

Atualmente, as aeronaves remotamente pilotadas são utilizadas em todo território brasileiro para diferentes fins, seja para o trabalho na área militar, mídia e entretenimento, telecomunicações, agricultura, infraestrutura, entre outros.

2.2.1.2 Tipos de Aeronaves Remotamente Tripuladas

De maneira geral, há várias marcas e modelos de RPA disponíveis no mercado e tais equipamentos podem ser de asa fixa, multirotor ou híbridos (operam com as duas funções).

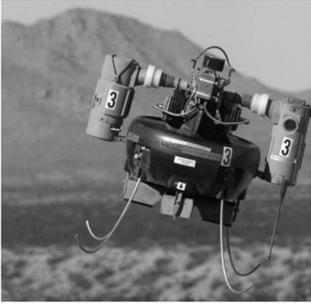
As RPA multirotores são consideradas as mais populares, especialmente os quadricópteros. Os multirotores possuem como característica o pouso e decolagem na vertical com possibilidade de realizar voos com baixa altitude e oblíquo, capazes de obter um detalhamento das áreas desejadas.

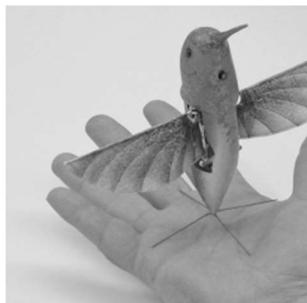
Enquanto isso, a RPA de asa fixa possui uma estrutura maior, com preços mais elevados no mercado, mas, em contrapartida, dispõe de uma aerodinâmica semelhante a dos aviões, por ter uma autonomia de voo maior, capacidade de cobrir grandes áreas e possibilidade de adaptar certos sensores (RGB, NDVI, Thermal, Multiespectrais, etc.) na obtenção das imagens.

Austin (2010) apresenta a seguinte classificação das Aeronaves Remotamente Tripuladas (Quadro 4):

Quadro 4 - Classificação das Aeronaves Remotamente Tripuladas

Tipo	Especificação	Imagem
a) HALE - High Altitude Long Endurance (elevada altitude e longo alcance)	Possuem alcance de mais de 15 mil metros de altitude e mais de 24 horas de autonomia. Eles realizam reconhecimento e vigilância de alcance extremamente longo (global), e são normalmente operados pelas forças aéreas em bases fixas	 <p data-bbox="688 699 1002 726"> <small>Figura 3 - VANT modelo Global Hawk (Hale). Fonte: U.S. AIR FORCE PHOTO/BOBBY ZAPKA, 2007.</small> </p>
b) MALE - Medium Altitude Long Endurance (média altitude e longo alcance) -	Operam em uma altitude entre 5 e 15 mil metros com mais de 24 horas de autonomia. Suas funções são semelhantes aos sistemas HALE, mas geralmente operam em raios de atuação mais curtos, mas ainda superiores a 500 km a partir de sua base.	 <p data-bbox="688 1078 1002 1106"> <small>Figura 4 - VANT modelo MQ-9 Reaper (MALE). Fonte: U.S. AIR FORCE PHOTO/TECH. SGT. ERIK GUDMUNDSON, 2010.</small> </p>

<p>c) TUAV - Medium Range or Tactical UAV - com alcance entre 100 e 300 km</p>	<p>Esses veículos são menores e utilizam sistemas mais simples do que os HALE e MALE, e são operados também por forças terrestres e navais.</p>	 <p>Figura 5 - VANT modelo Heron I, da Polícia Federal (TUAV). Fonte: RIZZUFOLHAPRESS, 2012.</p>
<p>d) Close-Range UAV</p>	<p>Utilizado por tropas do exército e em outras operações militares/navais, além de terem diversas aplicações civis.</p>	 <p>Figura 6 - VANT modelo Orbiter, de fabricação israelense (Close Range UAV). Fonte: AERONAUTICS DEFENSE SYSTEMS, 2005.</p>
<p>e) MUAV (Mini UAV)</p>	<p>Refere-se a um VANT abaixo de um certo peso (ainda a ser definido), adotado ultimamente como 20 kg, mas não tão pequeno quanto o MAV. Pode ser lançado com as mãos e opera a intervalos de até 30 km.</p>	 <p>Figura 7 - Soldado norte-americano lançando um Mini UAV - modelo AeroVironment RQ-11 Raven, no Iraque. Fonte: SGT. 1ST CLASS MICHAEL GULLORY, 2006.</p>
<p>f) MAV (Micro Air Vehicles)</p>	<p>É utilizado e necessário para operações em ambientes urbanos, especialmente dentro de edifícios. É geralmente lançado com as mãos e, por possuir pouco peso, é mais suscetível a ventos e turbulência, além de precipitações.</p>	 <p>Figura 8 - Modelo de MAV - RQ-16 T-Hawk. Fonte: MARINHA DOS ESTADOS UNIDOS, 2006.</p>

<p>g) NAV (Nano Air Vehicles)</p>	<p>Nessa classe estão VANTs projetados para serem do tamanho de pequenos pássaros, alguns até imitando sua aparência, como o Nano Hummingbird, que imita perfeitamente um beija-flor, possui câmeras para filmagem e pode ser usado para fins de espionagem. Outros são tão pequenos quanto sementes e usados em “enxames” para enganar radares.</p>	 <p>Figura 9 - Modelo de Nano Air Vehicle (NAV) - Hummingbird. Fonte: DEFENSE ADVANCED RESEARCH P AGENCY, 2011.</p>
-----------------------------------	--	--

Fonte: Bispo (2013, p. 48 - 51)

2.2.1.3 Aspectos legais referentes ao uso das Aeronaves Remotamente Tripuladas

Em virtude da popularização da RPA fez-se necessário estabelecer normas e orientações para a sua utilização, sendo os principais documentos norteadores:

a) Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial RBAC-E n.94 que trata dos requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil (BRASIL, 2017);

b) ICA 100-40 que trata dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro (BRASIL, 2015);

c) Lei n. 7565, de 19 de dezembro de 1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica (BRASIL, 1986);

d) Circular de Informações Aeronáuticas (AIC) n.24/18 que regulamenta 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);

e) Circular de Informações Aeronáuticas (AIC) n.17/18 que regulamenta os procedimentos e responsabilidades para o uso das

aeronaves remotamente pilotadas para uso recreativo, os chamados aeromodelos (BRASIL, 2018);

f) Circular de Informações Aeronáuticas (AIC) n.23/18 que trata da utilização das aeronaves remotamente pilotadas para uso proveito dos órgãos ligados aos governos federal, estadual ou municipal (BRASIL, 2018).

O RBAC-E n.94/2017 traz questões referentes à conceituação das aeronaves, bem como orientações quanto ao registro e uso das RPAS, com informações acerca das regras gerais, da segurança, infrações e questões legais (BRASIL, 2017).

A ICA 100 - 40 (BRASIL, 2015) apresenta os procedimentos e responsabilidades necessárias para o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro por Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas. Conforme o referido documento, em razão dos vários tipos, tamanhos, performances, aplicações e o fato de não haver piloto a bordo, tem se enfrentado uma certa complexidade no processo de regulamentação. De acordo com essa instrução:

Uma aeronave é qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra. Aquelas que se pretenda operar sem piloto a bordo são chamadas de aeronaves não tripuladas e, dentre as não tripuladas, aquelas que são pilotadas por meio de uma Estação de Pilotagem Remota (RPA) são Aeronaves Remotamente Pilotadas.

As Aeronaves Remotamente Pilotadas podem se adequar a qualquer classificação de aeronave existente, como balões livres, cativos ou dirigíveis (mais leves que o ar) e aeroplanos, de asas rotativas, ornitópteros e planadores (mais pesados que o ar).

Segundo a ICA 100-40 (BRASIL, 2015), as RPA possuem uma vasta oportunidade de aplicação, dentre eles a segurança pública, no qual se enquadra o trabalho da Polícia Militar Ambiental. Essa aplicabilidade de tal equipamento para diferentes atividades está relacionada às seguintes vantagens:

- Não oferecer perigo à tripulação, já que não está a bordo;
- Furtividade, pois, dependendo da altura do voo e do nível de ruído apresentado por uma RPA, é possível tornar o voo muito menos

- perceptível que o de uma aeronave tripulada; – Em alguns casos, longa autonomia, também chamada de persistência; e
- Baixo custo operacional, quando comparado ao emprego de aeronaves tripuladas, associando a longa autonomia, o menor consumo e o valor do sistema (BRASIL, 2015).

A Segurança Pública está incluindo a RPA em suas operações em razão dos avanços tecnológicos e baixos custos que esse equipamento oferece. Entre algumas iniciativas destacam-se a Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP) que no final de 2015 criou um grupo de trabalho para aprofundar as discussões do assunto e propor diretrizes básicas para uso da RPA na Corporação. Além disso, a Polícia Militar de Minas Gerais adquiriu um modelo para operar em 16 companhias regionais de meio ambiente (PECHARROMÁN e VEIGA, 2017).

O ICA 100-40 destaca que uma Aeronave Remotamente Pilotada é uma aeronave e para voar no espaço aéreo sob responsabilidade do Brasil precisa seguir as normas estabelecidas pelas autoridades competentes da aviação nacional (BRASIL, 2015). Dentre as normas, estão as estabelecidas pela Circular de Informações Aeronáuticas 24/18 (BRASIL, 2018) que dispõe acerca do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas por órgãos da segurança pública, da defesa civil e da fiscalização da receita federal. Tal documento expõe as atividades que compreendem as operações aéreas desses órgãos:

- a) Policiamento ostensivo e investigativo;**
- b) policiamento e vigilância em áreas de responsabilidade;
- c) ações de inteligência;
- d) apoio ao cumprimento de mandado judicial;**
- e) controle de tumultos; distúrbios e motins;
- f) escoltas de dignitários, presos, valores e cargas;
- g) operações de busca terrestre e aquática;
- h) controle de tráfego rodoviário, ferroviário e urbano;
- h) prevenção e combate a incêndios;
- j) patrulhamento urbano, rural, ambiental, litorâneo e de fronteiras;**
- k) repressão ao contrabando e descaminho; e
- l) gestão e execução das atividades de fiscalização (BRASIL, 2018, grifo nosso).**

As ações destacadas estão entre as incumbências da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina e demonstram que o uso das RPA pode contribuir na qualidade e efetividade do serviço prestado, dentre

eles, as atividades de fiscalização ambiental. Mas para isso, é fundamental que o órgão de Segurança Pública siga as regras previstas na AIC 24/18, especialmente quanto ao cadastro no Sistema do DECEA (SARPAS) e às responsabilidades concernentes ao operador de RPA (piloto remoto em comando) (BRASIL, 2018).

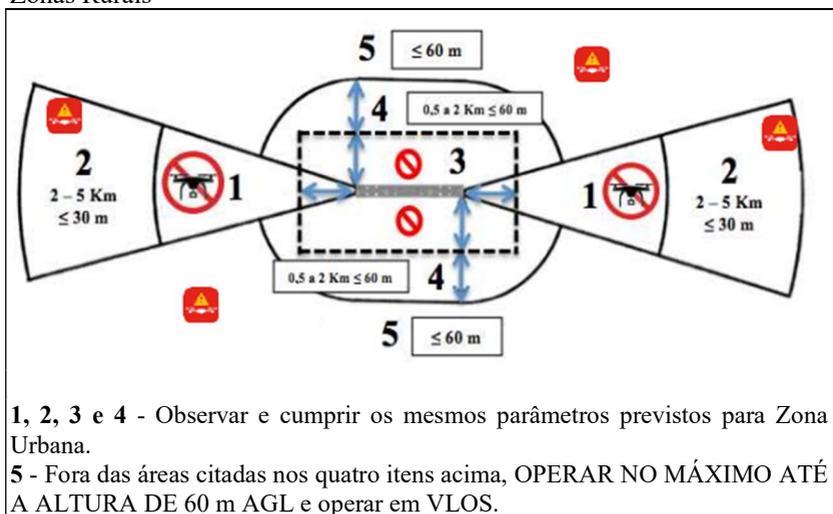
A AIC 23/18 menciona acerca de questões relacionadas ao uso de RPA por órgãos ligados ao governo federal, estadual ou municipal (BRASIL, 2018). Essa circular explica como deve ocorrer o procedimento de voo em zona urbana e zona rural, conforme podemos visualizar nas Figura 1, 2 e 3 e no quadro 5 abaixo:

Figura 1 - Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas Zonas Urbanas - AIC 23-18.



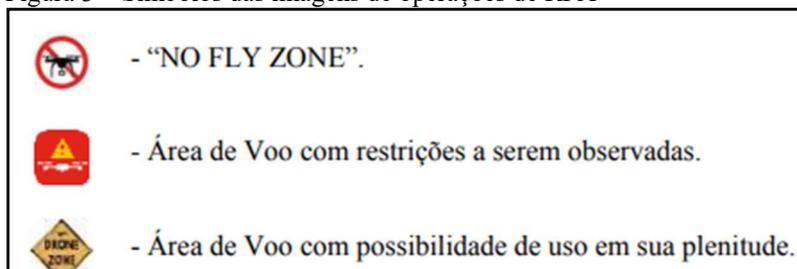
Fonte: AIC 23/18

Figura 2 - Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas Zonas Rurais



Fonte: AIC 23/18.

Figura 3 – Símbolos das imagens de operações de RPA



Fonte: AIC 23/18

Quadro 5 - Resumo dos parâmetros em operações com RPA

PARÂMETROS	OPERAÇÃO 1	OPERAÇÃO 2
Qual a Zona a ser utilizada? Zona Urbana - (Item 2.1.1.34) Zona Rural - (Item 2.1.1.33)	ZONA URBANA (Item 2.1.1.34)	ZONA RURAL (Item 2.1.1.33)
Vai operar em Zona de Aproximação ou de Decolagem? (Item 2.1.1.32)	Não operar até 2 Km ^{(1), (23)} De 2 a 5 Km – Até 30 m AGL ^{(1), (23)}	
Operação próxima a aeródromo E fora da Zona de Aproximação ou de Decolagem	Não operar até 500 m horizontais das áreas de operações dos aeródromos. De 500 m até 2 Km de distância – Até 60 m AGL ^{(1), (23)}	
Operação nas demais áreas	Até 120 m AGL ^{(1), (4), (5)}	Até 60 m AGL ^{(1), (4), (5)}
Tipo de operação	VLOS (Item 2.1.1.23)	
Afastamento de pessoas	NÃO APLICÁVEL ⁽⁶⁾	
Coordenação com Órgão ATS	OBRIGATÓRIA, EM CASO DE SER NECESSÁRIO DESCUMPRIR QUALQUER PARÂMETRO ^{(1), (23)}	
Solicitar ou Informar? (A OPERAÇÃO TEM CARÁTER DIFERENCIADO E IMEDIATO E CUMPRE TODOS OS PARÂMETROS?)	SIM - Somente INFORMAR NÃO - Solicitar AUTORIZAÇÃO	
Prazo para ciência ou autorização por parte do Órgão Regional	CIÊNCIA – IMEDIATO ⁽⁷⁾ AUTORIZAÇÃO – Até 45 minutos ⁽⁷⁾ Sendo necessário emitir NOTAM ⁽⁸⁾ – 18 dias corridos	
NOTAM	NECESSÁRIO PARA VOOS ACIMA DE 120 m AGL ⁽⁹⁾	
Análise de Risco Operacional	SIM - De acordo com o previsto na IS nº E94-003	
Seguro	NÃO APLICÁVEL - De acordo com o previsto no RBAC-E94 ⁽¹⁰⁾	
Necessário ANATEL	SIM ⁽¹¹⁾	
Documento da Aeronave	SIM (Conforme definido em legislação da ANAC) SISANT, Certidão de Cadastro, CAER, etc.	
Necessário SARPAS	SIM (CPF DO OPERADOR E CNPJ DO ÓRGÃO REPRESENTADO) ⁽¹²⁾	

Fonte: Brasil (2018)

Os documentos legais existentes são fundamentais para auxiliar nas operações aéreas com a RPA, pois trazem diretrizes e parâmetros que garantem a segurança do procedimento. No Brasil, a sua fiscalização é realizada pelas ANAC, ANATEL e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Cada um dos órgãos possui uma atribuição diferente, sendo a Agência Nacional de Telecomunicação (ANATEL) responsável pelas certificações dos equipamentos de enlace rádio e pela alocação de espectro, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) incumbida de regular a operação de equipamentos civis e o DECEA, responsável pelo controle do espaço aéreo e autorizações de voos (PECHARROMÁN e VEIGA, 2017).

2.2.1.4 O uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas em diferentes atividades de fiscalização

Nos últimos anos, as RPA estão sendo utilizadas em diferentes tipos de fiscalização, especialmente por órgãos da Segurança Pública. De acordo com Silva (2018), as iniciativas mais consolidadas das forças de segurança são do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro (CBMERJ), Comando de Polícia Ambiental da Polícia Militar do Estado

de São Paulo, da Polícia Militar da Bahia e da Polícia Militar de Minas Gerais.

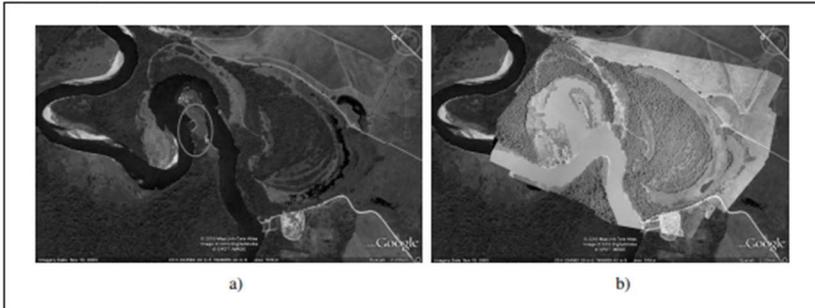
Farias e Costa (2015) apresentam o papel da tecnologia dos veículos aéreos não tripuláveis como meio de inovação da PMSC, sendo ferramenta de monitoramento de danos ambientais. Segundo os autores, a utilização desse equipamento no combate aos crimes ao meio ambiente pode ocasionar redução do tempo no planejamento operacional, subsídios mais consistentes para os processos, além do baixo custo operacional (financeiro e humano), pois evitaria patrulhas terrestres e/ou aquáticas se deslocassem por áreas de difícil acesso.

Cavalcante Neto (2010) apresenta um estudo feito na Universidade do Sul da Califórnia que considera os aspectos positivos em relação ao emprego das aeronaves como apoio aos órgãos de segurança pública, especialmente na vigilância de áreas de preservação ambiental, onde o uso da aeronave foi altamente reconhecido por executar em curto espaço de tempo uma fiscalização com muita eficiência.

Conforme Bispo (2013), as Aeronaves Remotamente Pilotadas podem ser usadas na busca de flagrantes de crimes ambientais pelo mesmo ser facilmente detectável com a utilização do recurso aéreo que, além disso, auxilia no monitoramento, na medição e documentação das áreas degradadas. No trabalho da Polícia Militar de Minas Gerais o Veículo Aéreo Não Tripulado seria aplicável no monitoramento de rodovias e o acompanhamento de atividades ilegais no meio ambiente, como o desmatamento e a mineração ilegal.

A Polícia Militar Ambiental de São Paulo obteve resultados positivos em relação ao uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas em operações de monitoramento ambiental e verificou uma melhoria na qualidade dos dados coletados se comparando com uma fiscalização anterior utilizada sem esse equipamento, o que promoveu um aumento da percepção situacional daquela área de policiamento ambiental como pode ser observado na figura 4 (BISPO, 2013).

Figura 4 - Imagens do levantamento ambiental realizado pela PMESP em conjunto com a AGX Tecnologia (a - Imagem gerada pelo software Google Earth antes da operação e b - Imagem pós-processada com dados da RPA após a operação)



Fonte: Bispo (2013, p.105).

Fontes e Pozzetti (2016) apresentam as principais iniciativas para o uso da RPA no monitoramento da Amazônia no combate das atividades irregulares, como a exploração madeireira. Conforme estes autores a principal aplicabilidade prática e operacional da utilização de imagens de sensores remotos é a fiscalização dos planos de manejo florestal que compreende um conjunto de técnicas empregadas para a colheita criteriosa de parte das árvores maiores, de tal maneira que as menores sejam protegidas para colheitas futuras.

Longhitano (2010) realizou um estudo para verificar a viabilidade técnica, legal e econômica da aplicação da Aeronave Remotamente Pilotada na avaliação de impactos pós-acidentes com transportes de cargas perigosas. Dentre os pontos positivos quanto à viabilidade técnica, o autor destacou que o uso das imagens aéreas pode auxiliar em cenários ambientais complexos ou em áreas de difícil visibilidade, rapidez no processo de avaliação da ocorrência e dos impactos ambientais mais precisas e melhor representadas visualmente e espacialmente.

Além das atividades de fiscalização ambiental, RPA estão sendo utilizadas por órgãos da Segurança Pública Brasileira em diferentes estados do país (OLIVEIRA e AMORIM, 2015). Há também registros de práticas exitosas com o uso desse equipamento em outros locais no mundo, como na avaliação e monitoramento dos impactos ambientais em áreas litorâneas dos Estados Unidos causados pela explosão de uma plataforma de petróleo que causou vazamento no Golfo do México em 20 de abril de 2010 (LONGHITANO, 2010).

No Brasil, a RPA também foi utilizada em tragédias naturais ocorridas na região Serrana do Rio de Janeiro, em meados de janeiro de 2011. O equipamento utilizado pela defesa civil teve como objetivo principal o mapeamento das áreas mais afetadas pelo desastre, delimitando e averiguando porções densamente habitadas como critérios de busca as vítimas (XAVIER, 2013).

2.2.1.5 Aeronaves Remotamente Pilotadas da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina

Foi realizado um levantamento das Aeronaves Remotamente Pilotadas adquiridas pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina para auxiliar nas atividades de fiscalização do meio ambiente. No Quadro 6, é possível observar a marca e os modelos desses equipamentos, além da data de aquisição e a respectiva cidade.

Quadro 6 - Distribuição de RPA nas unidades da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina

DISTRIBUIÇÃO DE RPA NAS UNIDADES DA POLÍCIA MILITAR AMBIENTAL DE SANTA CATARINA		
Modelo/Marca	Cidades	Data da aquisição
Phantom 3 Advanced - DJI	Joinville	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Lages	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Florianópolis - Coqueiros	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Palhoça	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Laguna	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Chapecó	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Canoinhas	15/01/2016
Phantom 3 Professional - DJI	Florianópolis - Abraão	15/01/2016
Phantom 3 Advanced - DJI	Tijucas	15/08/2016

Phantom 4 - DJI	Caçador	15/07/2017
Phantom 4 - DJI	Blumenau	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	Tijucas	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	Maracajá	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	Porto União	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	Rio do Sul	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	São Miguel do Oeste	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	Herval d'Oeste	18/01/2017
Phantom 4 - DJI	Curitibanos	18/01/2017

Fonte: Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina (Consulta realizada no dia 11/05/2018)

Conforme as informações contidas no quadro apresentado, a compra das RPA é bastante recente, sendo as primeiras datas do dia 15 de janeiro de 2016. Isso nos mostra que o uso desse instrumento nas ações da PMSC ainda está no início, diferente de outros estados brasileiros, como São Paulo e Minas Gerais, que já estão utilizando essa ferramenta há algum tempo.

A 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, localizada em Palhoça, possui um equipamento há três anos, o qual foi adquirido com recursos próprios da PMA/SC. A RPA utilizada por essa companhia é um Modelo Phantom 3 Advanced, da marca DJI, que possui aeronave e câmera, controle remoto, kit de 3 baterias, 8 hélices, suporte de trava do gimbal, carregador de bateria, carregador de bateria veicular, cabo de energia, cartão Micro-SD 16GB, Cabo Micro-USB, mochila case para equipamento.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas as etapas metodológicas que subsidiaram o desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente, expõe-se questões inerentes às bases da metodologia e, em seguida, os procedimentos adotados para coleta e análise de dados.

3.1 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA: DOCUMENTAL E ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso e documental. Para Gil (2002) o estudo de caso consiste em uma investigação profunda e exaustiva de um ou poucos objetos, de tal forma que possa ser realizado um detalhamento maior. Yin (2010) define o estudo de caso como uma investigação que explora um fenômeno da vida em profundidade. Gray (2012) complementa tal conceituação e afirma que os estudos de caso têm um foco mais específico e permitem explorar muitos temas e assuntos de forma direcionada para um grupo de pessoas, organizações e contextos. Sendo assim, esse procedimento se enquadra na presente pesquisa, a qual objetiva analisar diferentes produtos de sensoriamento remoto na fiscalização ambiental realizada pela 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina.

Yin (2010) discorre sobre os dados utilizados nos estudos de caso e afirma ser comum a utilização de múltiplas fontes de evidência para convergir de maneira triangular e também utiliza do desenvolvimento anterior de proposições teóricas para a orientar a coleta e a análise de dados. O autor também discorre acerca das seis principais fontes de dados que são utilizadas: **a) documentação; b) registros de arquivo; c) entrevistas; d) observação direta; e) observação participante e f) artefatos físicos.** Nesta dissertação, utiliza-se a pesquisa documental como fonte de dados para análise, especificamente, os autos de infração e imagens complementares obtidas através do uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas.

De acordo com Gray (2012, p. 345) “os documentos são algumas das medidas não invasivas mais usadas e incluem uma série de documentos de organização e registros financeiros, políticos e jurídicos do Estado”. Hakin (2000 apud GRAY, 2012) aponta alguns documentos utilizados, como os registros de saúde, escolares, **documentos de polícia**, prisões, tribunais, dentre outros. Cervo *et al* (2007, p. 62) declaram que na pesquisa documental, os documentos são utilizados com “o propósito de descrever e comparar usos e costumes, tendências, diferenças e outras características”. Gray (2012) aborda também as vantagens na utilização desse tipo de pesquisa, sendo um dos diferenciais destacados por ele a sua não reatividade, isto é, a informação obtida por meio dos documentos pode ser imprecisa ou incompleta em alguns dos casos, mas pelo menos não pode ser manipulada pelo produtor dos dados, pelo pesquisador. Nessa perspectiva, a utilização dos autos de infração e das imagens realizadas pelos profissionais da 4ª Companhia da Polícia Militar

Ambiental é uma forma de desenvolver um estudo a partir de informações reais e que podem exemplificar a forma de aplicação nas atividades de fiscalização ambiental, demonstrando seus benefícios ou desvantagens.

3.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento deste estudo, foram escolhidos os municípios que integram a 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, a qual é subordinada ao 1º Batalhão da Polícia Militar Ambiental, que por sua vez é ligado ao Comando de Polícia Militar Ambiental, cujo trabalho está diretamente subordinado ao Comando Geral da Polícia Militar de Santa Catarina (PMSC/CPMA/1ºBPMA/4ªCia).

A 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental está localizada na Rodovia BR 101, Km 238, Baixada do Maciambú, na cidade de Palhoça/SC e atua nos municípios de Palhoça, Paulo Lopes, Garopaba, São Bonifácio, Angelina, Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz, conforme apresentado na Figura 5. Sendo assim, todas as ocorrências apresentadas na análise ocorreram nos municípios atendidos pela 4ª Cia/1ºBPMA/CPMA. Os locais exatos das ocorrências não são mencionados pela necessidade de garantir o sigilo dos envolvidos nos processos ambientais. Isto também implicou na falta de coordenadas nas figuras apresentadas.

Figura 5 – Área de atuação da 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme mencionado anteriormente, a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina foi criada na década de 90 e a sua sede se fixou onde hoje se encontra a 4ª Companhia da PMA/SC. Somente em 2005, em cerimônia realizada no dia 22 de setembro, na sede do Parque da Serra do Tabuleiro, o governador do estado na época promoveu a entidade, dando a mesma a estrutura de Batalhão de Polícia Militar Ambiental, com sede em Florianópolis. Atualmente, a 4ª Cia mantém as atividades no mesmo local e atende a região mencionada. Em sua estrutura, conta com 29 policiais, sendo 16 policiais nos serviços administrativos e 13 policiais no serviço operacional. Conforme a demanda das operações, os policiais do serviço administrativos também são empregados conforme a demanda.

A abrangência do trabalho da 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina engloba, em grande parte, o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST). O parque é considerado a maior unidade de proteção integral do estado e foi criado em 1975, a partir dos estudos botânicos de Padre Raulino Reitz e Roberto Miguel Klein, com objetivo de garantir a proteção da biodiversidade da região e dos mananciais hídricos, fonte de abastecimento da Grande Florianópolis e do sul do

Estado (ISHIY *et al*, 2009). De acordo com Ishiy *et al* (2009), o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro ocupa 1% do território Catarinense e abrange áreas dos municípios de Palhoça, Florianópolis, Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas, São Bonifácio, São Martinho, Paulo Lopes e Imaruí.

Figura 6 - Área de abrangência da Serra do Tabuleiro



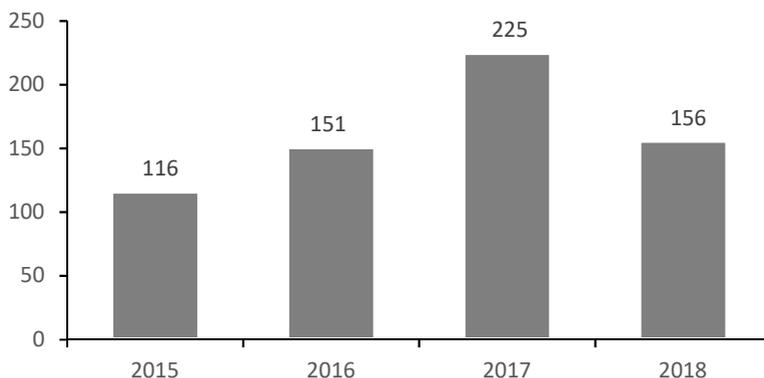
Fonte Ishiy *et al* (2009, p. 23).

Como pode ser observado na Figura 6, a 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina atende também as demandas do Parque da Serra do Tabuleiro, além das ocorrências em toda a região de abrangência. Essas demandas de atendimentos são oriundas de diferentes canais, dentre eles; a) ligação telefônica; b) correio eletrônico; c) Net denúncia - no site da PMSC; d) ouvidoria da Polícia Militar de Santa

Catarina e f) ouvidoria do Estado de Santa Catarina. Além disso, são atendidas requisições do poder judiciário e Ministério Público para vistoria e verificação de notícia de fato e, também, prestação de apoio nas fiscalizações dos órgãos municipais.

O trabalho da Polícia Militar Ambiental envolve a fiscalização ambiental e, conseqüentemente, atuação em diversas infrações e crimes ambientais. Atendendo a esse propósito, a 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental lavrou diferentes autos de infrações ambientais entre 2015 a 2018 (Gráfico 1).

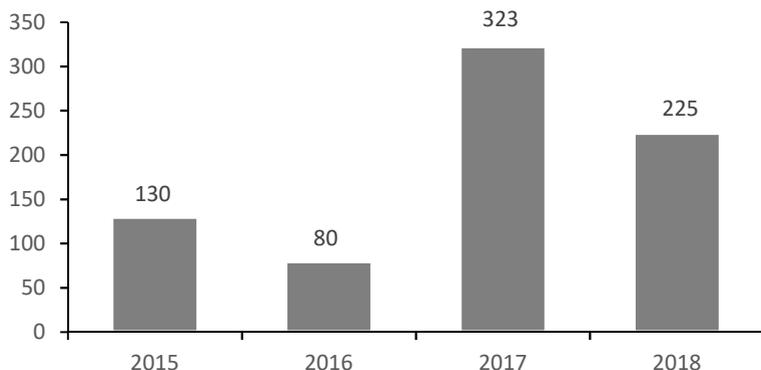
Gráfico 1 - Número de autos de infrações da 4ª Companhia da PMA/SC



Fonte: 4ª Companhia da PMA/SC - Elaborado pelo autor

Além dos autos de infrações, a 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental atendeu aos seguintes números de requisições do Poder Judiciário e Ministério Público (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Número de requisições do Poder Judiciário e Ministério Público da 4ª Companhia da PMA/SC



Fonte: 4ª Companhia da PMA/SC - Elaborado pelo autor

Conforme apresentado anteriormente, dentre as atribuições da Polícia Militar Ambiental nas ações de preservação ambiental, está a lavratura de autos de infração. O Decreto Estadual n. 2954 de 20 de janeiro de 2010 disciplina como deve ocorrer o procedimento administrativo de fiscalização ambiental dos órgãos executores do Sistema Estadual de Meio Ambiente, incluindo a PMA/SC. Este documento legal dispõe sobre o procedimento administrativo de fiscalização ambiental, no qual faz parte o auto de infração. De acordo com o referido decreto, tal processo administrativo será formado isolado ou conjuntamente, de acordo com o caso, de: I) auto de infração ambiental; II) relatório de fiscalização; III) defesa prévia; IV) manifestação; e V) tomada de decisão (SANTA CATARINA, 2010). O documento supracitado afirma a lavratura de auto de infração ambiental é exercida pelo agente fiscal credenciado, como os policiais militares da PMA/SC indicados e nomeadas para essa atividade via portaria interna.

Há algumas informações que são indispensáveis e devem constar no auto da infração, conforme o artigo 13 do Decreto n. 2954 (SANTA CATARINA, 2010):

- I - a identificação do órgão fiscal autuante;
- II - os dados do autuado;
- III - o local da infração administrativa ambiental, bem como a hora, dia, mês e ano da constatação da infração administrativa ambiental;

IV - a descrição sumária da infração administrativa ambiental, devendo conter indicativo do grau de gravidade da infração administrativa ambiental;

V - o fundamento legal referente à infração administrativa ambiental;

VI - identificação e assinatura do autuado/preposto e das testemunhas, caso existam; e

VII - identificação e assinatura do agente fiscal autuante.

A Portaria nº 170 de 2013, do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina e Batalhão da Polícia Militar Ambiental regula os procedimentos da apuração de infrações ambientais por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. O documento mencionado orienta as atividades dos agentes fiscais das duas instituições citadas e menciona o uso do Sistema de Gestão e Acompanhamento de Infrações Ambientais (Figura 7) no registro da infração administrativa ambiental.

Figura 7 - Layout do Sistema de Gestão e Acompanhamento de Infrações Ambientais (GAIA)

Tipo de Arquivo	Tamanho	Inclusão	Descrição	Usuário	Ações
AUTO DE INFRAÇÃO AMBIENTAL	294 KB	03/04/2017 16:08	AUTO DE INFRAÇÃO AMBIENTAL Nº 42652-A	PETERSON MARCOS LIMA	↓
TERMO DE EMBARGO/INTERDIÇÃO/SUSPENSÃO	271 KB	03/04/2017 16:10	TERMO DE EMBARGO Nº 41203 - A	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	271 KB	03/04/2017 16:11	TERMO DE DECLARAÇÃO	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	181 KB	03/04/2017 16:12	AUTORIZAÇÃO ENTRADA EM RESIDÊNCIA	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	217 KB	03/04/2017 16:12	TERMO DE COMPROMISSO	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	321 KB	03/04/2017 16:13	ORIENTAÇÃO DEFESA PREVIA	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	321 KB	03/04/2017 16:13	ORIENTAÇÃO DEFESA PREVIA	PETERSON MARCOS LIMA	↓
LAUDO	2 MB	03/04/2017 16:14	LAUDO DE CONSTATAÇÃO Nº 902-2017	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	2 MB	03/04/2017 16:15	RELATORIO DE FISCALIZAÇÃO Nº 41-2017	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	35 KB	05/04/2017 14:10	Despacho de encaminhamento ao agente autuante para manifestação acerca da defesa prévia	PETERSON MARCOS LIMA	↓
DEFESA PREVIA	569 KB	05/04/2017 14:11	DEFESA PREVIA AIA Nº 42652-A	PETERSON MARCOS LIMA	↓
OUTROS	155 KB	10/04/2017 17:44	MANIFESTAÇÃO ACERCA DA DEFESA PREVIA	PETERSON MARCOS LIMA	↓

Fonte: Elaborado pelo autor

Para esta dissertação, foram escolhidos autos de infração aplicados entre os anos de 2016 a 2019 nos quais foi observado o uso de RPA.

3.3 MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

A análise proposta no presente trabalho foi organizada da seguinte maneira: 1) Análise dos casos de autuação com base no registro do Sistema GAIA e comparação com diferentes sensores; 2) Uso do RPA em casos recentes e comparação com outras plataformas ou imagens disponíveis.

Para a primeira etapa da análise foram seguidos os seguintes passos: seleção de autos de infração e requisições onde foram utilizados RPA; acesso ao Sistema GAIA para obtenção de informações acerca de cada caso; análise das imagens de RPA disponíveis nos casos selecionados; análise e comparação dos locais de infração no *Google Earth* e comparação com as ortofotos disponíveis no Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina.

A partir da seleção dos autos de infração e requisições, elaborou-se uma contextualização de cada caso com base nas informações identificadas nos documentos analisados e do Sistema GAIA. Diante disso, foi possível analisar as imagens aéreas coletadas com RPA utilizadas em cada ocorrência, haja vista as especificidades de cada situação. Dependendo da natureza do fato, buscou-se imagens de outras ferramentas, como as disponíveis no *Google Earth* e SIGSC, para realizar a comparação com as realizadas com RPA. Foram analisados oito casos, conforme pode ser observado no Quadro 7 abaixo.

Quadro 7 - Ocorrências da 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental analisada no presente trabalho

Casos	Tipo de infração ambiental	Local	Data
1	Descarte de resíduo sólido irregular	Palhoça	2018
2	Carvão de vegetação nativa sem licença do órgão competente	Rancho Queimado	2017
3	Construção em zona de amortecimento em Unidade de Conservação	Parque Estadual da Serra do Tabuleiro - Palhoça	2019
4	Construção em Área de Preservação Permanente	Palhoça	2019
5	Parcelamento de solo irregular	Palhoça	2018

6	Incêndio em Unidade de Conservação	Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – Palhoça/SC	2018
7	Construção em solo não edificável	Palhoça/SC	2016
8	Uso de RPA na identificação e organização da fiscalização ambiental motivado por diversas infrações	Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – Palhoça/SC	2016

Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente, foram apresentados casos de infrações recentes e as respectivas imagens aéreas captadas com a Aeronave Remotamente Pilotadas e comparadas com dados provenientes do Google Earth, satélite Sentinel-2 e SIGSC. O objetivo desta etapa foi realizar uma análise comparativa de diferentes produtos do sensoriamento e discorrer acerca da sua efetividade para a fiscalização ambiental.

As imagens aéreas da RPA apresentadas neste tópico foram captadas exclusivamente para o presente estudo. Foi utilizado o aplicativo *Pix4D capture* para o planejamento e levantamento das áreas e foi configurado o GSD (*Ground Sample Distance*) de 3 cm, isto é, a resolução espacial que se relaciona à altura de voo e a qualidade do sensor (câmera) utilizado na RPA.

Também foi configurado uma sobreposição das imagens de 80% longitudinal e lateral entre as linhas e faixa de voo. O processamento das imagens foi realizado por meio do *software* Agisoft Photoscan para gerar a nuvem de pontos, o Modelo Digital de Elevação e a Ortofoto. As datas dos voos foram: a) Área de Mineração: dezembro/2018; b) Aterro em Área de Preservação Permanente: novembro/2018 e c) Supressão de vegetação: dezembro/2018.

Os mesmos locais de crime ambiental foram analisados por meio de imagens Sentinel 2 que faz parte da missão da *European Space Agency* (ESA) criado no quadro do programa Copernicus da União Europeia. Esse satélite possui a câmera multiespectral mais avançada do seu tipo e os dados adquiridos possibilitam a geração de geoinformação em escalas locais, regionais, nacionais e internacionais, além de serem projetados para serem modificados e adaptados por pessoas interessadas em

diferentes temáticas, como monitoramento ambiental (GOMES, 2017). A data da imagem foi de 09 de fevereiro de 2019.

Para realizar uma análise histórica e do tradicional método utilizado pela PMA/SC, foram utilizadas as imagens disponíveis no aplicativo Google Earth dos locais de danos.

Por fim, foram também analisados as ortofotos disponíveis no Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC) com resolução de 0,39 m.

Desta maneira, uma análise espacial e temporal dos locais de danos e crimes ambientais foi realizada e diferentes produtos do sensoriamento remoto foram comparados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DOS CASOS DE AUTUAÇÃO E COMPARAÇÃO COM DIFERENTES SENSORES

Para a realização desta pesquisa foram analisados autos de infração e documentos (relatórios) gerados a partir de requisições do Poder Judiciário e Ministério Público entre fevereiro de 2016 e janeiro de 2019 que utilizaram imagens de RPA. Conforme apresentado anteriormente, a 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental possui desde 2016 uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) e, por isso, analisou-se o uso dessa ferramenta nas atividades de fiscalização ambiental realizadas pela 4ª Companhia.

Em cada caso, apresenta-se informações acerca da infração obtidos por meio de registros do Sistema de Gestão e Acompanhamento de Infrações Ambientais GAIA, as imagens relacionadas ao fato, canal de denúncia (ligações telefônicas, requisição do Poder Judiciário e Ministério Público, entre outros) e desdobramentos da fiscalização. Nos autos de infração são omitidas todas as informações que possam ocasionar a identificação dos envolvidos nos processos. Além das imagens aéreas de RPA, utilizou-se nessa parte da pesquisa as imagens provenientes do *Google Earth* e Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina.

A seguir são apresentados os autos de infração que possuem registros de imagens aéreas realizadas com a Aeronave Remotamente Pilotada entre os anos de 2016 e 2019.

4.1.1 Descarte de resíduo sólido irregular

O atendimento deste primeiro caso ocorreu por meio da solicitação através do canal NET denúncia, onde a comunicação indicava descarte de resíduos sólidos a céu aberto sem as devidas autorizações ambientais.

Durante a vistoria do local, percebeu-se que não era possível ter acesso visual para o interior da propriedade denunciada, por estar cercado com muro alto e portão fechado. Ao tentar fazer contato com possíveis pessoas que estariam no local, os policiais não obtiveram êxito. Por esse motivo, a solução encontrada foi a utilização do RPA para sobrevoar a área e através das imagens realizadas confirmou-se os fatos narrados na denúncia. Mediante o flagrante, os policiais realizaram contato com a prefeitura do município, a qual informou o proprietário. Posteriormente, os policiais conseguiram localizar o proprietário e o mesmo afirmou que utiliza o local como triagem de matérias, mas que não possuía nenhuma licença ambiental para tal atividade. Dessa forma foi lavrado o auto de infração e os documentos correlatos.

Dentre os materiais produzidos pelos agentes ambientais, está o levantamento fotográfico da ocorrência com a RPA, o qual foi fundamental para localização dos rejeitos, pois as informações repassadas na NET denúncia não eram muito detalhadas e faltavam informações.

O processo mencionado está cadastrado no Sistema GAIA, onde podem ser observadas questões legais que embasaram o auto de infração do crime ambiental cometido, transcritos no Quadro 8.

O descarte de resíduo sólido irregular configura infração ambiental previsto no Decreto Federal n. 6.514 (BRASIL, 2008), o qual dispõe acerca das infrações relativas à poluição. Conforme o artigo 61 do documento supracitado “causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da biodiversidade” podem ocasionar multa de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais).

Para aplicação da multa e outras penalidades é necessário laudo técnico elaborado pelo órgão ambiental competente, onde são identificados dados inerentes à infração. O Art. 62. ratifica que as multas citadas são aplicadas em caso de lançamentos de resíduos sólidos ou rejeitos in natura a céu aberto, com exceção dos resíduos de mineração (BRASIL, 2008).

As imagens obtidas por meio da RPA foram utilizadas na ocorrência citada e anexadas ao processo para atestar a veracidade do crime ambiental cometido.

Nesse primeiro caso apresentado, a utilização da RPA foi imprescindível para andamento e desfecho da operação, diante das barreiras físicas que impediam o acesso ao local da infração. A ferramenta foi fundamental para comprovar a procedência da denúncia e indispensável para validação da materialidade criminal.

Quadro 8 - Auto de infração do descarte de resíduo sólido irregular

Infrações Relativas à Poluição e outras Infrações Ambientais		
Descrição: Foi constatado o lançamento de resíduos sólidos ou rejeitos in natura (rejeitos da construção civil) a céu aberto (tijolos, concreto, telhas, azulejos, etc.) em uma área de 820m ² (Oitocentos e vinte metros quadrados) sem autorização dos órgãos ambientais competentes. Grau de lesividade leve II, conforme Portaria n. 170/2013/GABP/FATMA/BPMA-SC.		
Enquadramento	Artigo	Item/Parágrafo/Inciso/Alínea
Lei federal 9.605/98	70	
Lei federal 9.605/98	72	II, VII
Decreto Federal 6.514/08	2	
Decreto Federal 6.514/08	62	X
Valor da multa	R\$7.500,00	

Fonte: Dados retirados do Sistema GAIA

Nesse caso, a Polícia Militar Ambiental não fez uso do RPA a partir de um plano de voo e posterior processamento das imagens que tivesse por objetivo obter a medição da área atingida pelo descarte. Essa aferição do local da infração foi realizada a campo pelos agentes fiscais que identificaram o lançamento de resíduos sólidos ou rejeitos *in natura* (rejeitos da construção civil) a céu aberto (tijolos, concreto, telhas, azulejos, etc.) em uma área de 820m² em janeiro de 2019.

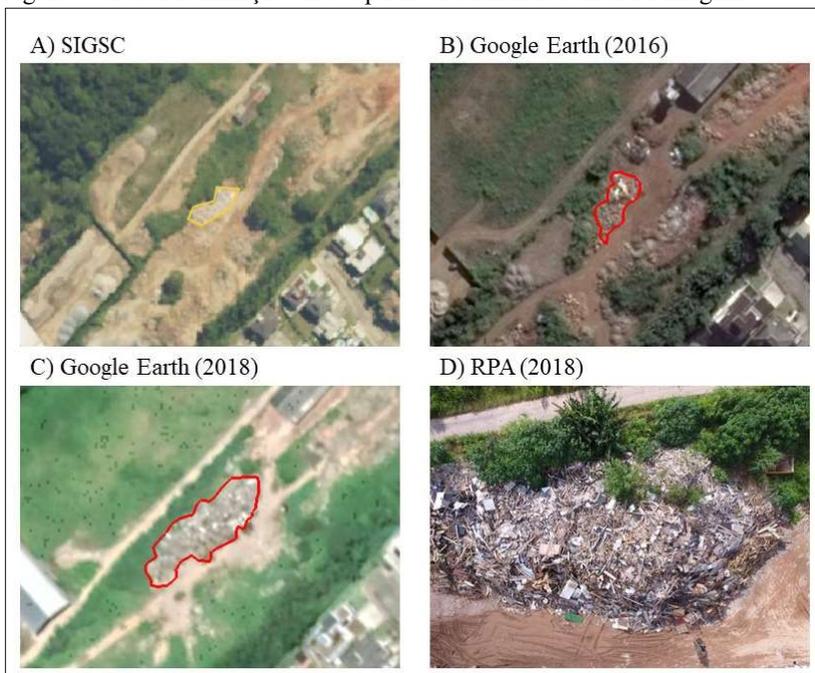
A fotografia obtida com a RPA demonstra com nitidez o crime ocorrido (Figura 8d), no entanto, outros registros poderiam ser utilizados no processo, para explorar e comparar as características métricas, como o

tamanho da área atingida. As Figuras 8a, 8b, 8c e 8d indicam o local da infração em três datas diferentes. A primeira delas (Figura 8a) foi obtida diretamente no SIGSC, o qual possui dados de 2010/2011. Essa imagem demonstra que o descarte de resíduo a céu aberto naquele ano possuía uma área de 320 m² conforme destacado na área amarela. A análise indica que houve um crescimento significativo da área afetada pelo descarte se comparado ao levantamento feito a campo no ano de 2019, com cerca de 500m² de acréscimo.

Na Figura 8b, obtida por meio do *Google Earth* referente ao ano de 2016. No caso do descarte de resíduo a céu aberto, a figura apresentada indica uma área de 217 m². Esse número é inferior ao disponibilizado no SIGSC e pode indicar uma diminuição concreta do local atingido entre os anos de 2010 a 2016 ou uma limitação ao se utilizar imagens não ortorretificadas. A diferença no cálculo da área é de aproximadamente 103 m².

A Figura 8c obtida no *Google Earth* é referente ao mês de novembro de 2018. Comparando os dois registros – 2016 e 2018 – percebe-se que ocorreu um aumento expressivo da área afetada pelo descarte de resíduos. Do ponto de vista da infração, enquanto a diferença entre os anos de 2010 a 2016 foi positiva, no sentido de haver uma menor região atingida, o registro de 2018 aponta um crescimento relevante no período de dois anos. O local que em 2016 possuía 217m² de descarte de resíduo a céu aberto passa a ter 748m², em 2018. Nota-se que, em contrapartida, a área verde também obteve um crescimento positivo ao contrastar as duas imagens.

Figura 8 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

A aferição realizada pelos agentes ambientais em dezembro de 2018 assinala o crescimento do local atingido pelo descarte de resíduos, cerca de 72 m² em dois meses. Esses dados podem corroborar para comprovação da infração cometida, juntamente com as imagens obtidas por meio da Aeronave Remotamente Pilotada. Uma análise comparativa das áreas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação espacial e temporal da infração de descarte de resíduos sólidos

Método/Fonte	Resolução espacial (m)	Ano	Área (m²)
Dados de campo	0,03	2018	820
SIGSC	0,39	2010/2011	320
Google Earth	0,50	2016	217
Google Earth	0,50	2018	748

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2. Carvão de vegetação nativa sem licença do órgão competente

O atendimento deste caso partiu de uma denúncia anônima por contato telefônico, onde foi informado o uso irregular de vegetação nativa para transformar em carvão sem as devidas licenças dos órgãos ambientais. As informações contidas na denúncia eram vagas, faltando informações necessárias para chegar até o local exato onde estaria sendo realizada a infração. Sendo assim, os policiais fizeram um voo com a RPA na região que foi informada a infração. A vegetação e o relevo acidentado dificultaram um pouco as buscas, sendo necessário a troca de bateria do aparelho duas vezes até encontrar o local mencionado e realizou-se um voo de 1,5km de distância do operador do RPA até o local da infração. Após esse procedimento, foi possível localizar e estabelecer uma rota para chegar na localidade. Ao chegarem, se depararam com a infração mencionada e realizaram a apuração dos fatos com a lavratura dos documentos pertinentes. Dentre os procedimentos realizados, destaca-se o uso da RPA para acesso ao local exato da infração e para captação de imagem aérea do espaço da ocorrência registrada.

O caso averiguado se enquadra, de acordo com o Decreto Federal n.6514 (BRASIL, 2008), nas infrações contra a flora. Segundo o artigo 46. Deste decreto, o fato de “transformar madeira oriunda de floresta ou demais formas de vegetação nativa em carvão, para fins industriais, energéticos ou para qualquer outra exploração, econômica ou não, sem licença ou em desacordo com as determinações legais” pode ocasionar aplicação de multa de R\$ 500,00 (quinhentos reais), por metro cúbico de carvão-mdc (BRASIL, 2008). O levantamento fotográfico foi fundamental na identificação do local e permitiu uma ampla visão do ambiente, além de mostrar os resquícios de madeira e o forno de carvão. O Quadro 9 apresenta as descrições do auto de infração.

Quadro 9 – Auto de infração da produção de carvão com madeira nativa sem licença do órgão competente

Infração contra a flora		
Descrição: Por transformar madeira nativa oriunda de floresta do Bioma Mata Atlântica em carvão para exploração econômica (venda) totalizando aproximadamente 5 mdc de carvão de madeira nativa, sem autorização do órgão ambiental competente.		
Enquadramento	Artigo	Item/Parágrafo/Inciso/Alínea
Lei federal 9.605/98	70	
Lei federal 9.605/98	72	II, IV
Decreto Federal 6.514/08	2	
Decreto Federal 6.514/08	46	
Valor da multa	R\$2.500,00	

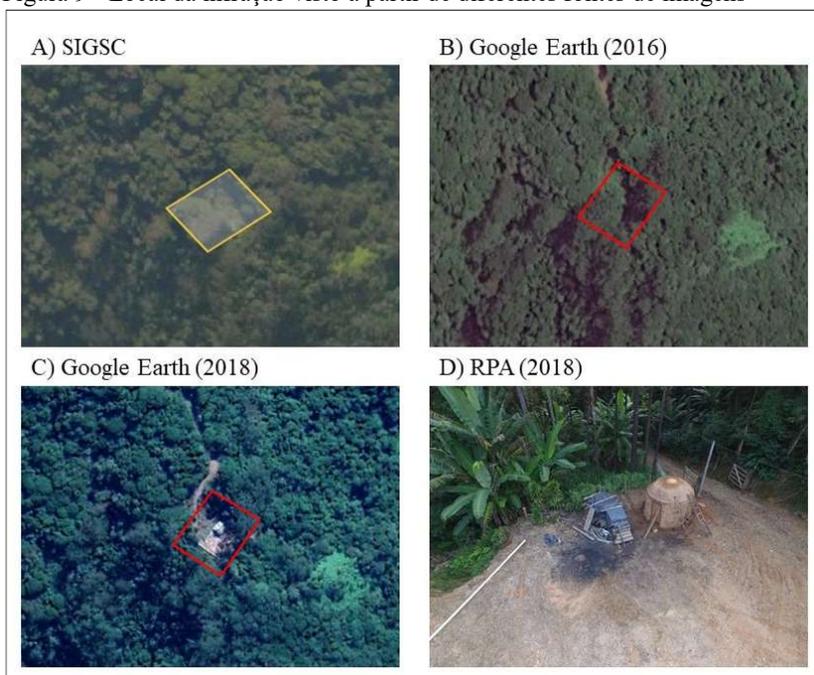
Fonte: Dados retirados do Sistema GAIA

As imagens de RPA da ocorrência apresentam com precisão vestígios da infração cometida, isto é, materiais utilizados com o objetivo perceptível da produção de carvão, conforme pode ser observado na imagem Figura 9d. Ao realizar a busca no SIGSC pelo local onde foi encontrado o forno de carvão pode-se inferir que, aparentemente, não havia ação antrópica no ano de 2010 (Figura 9a).

Da mesma forma, a imagem do *Google Earth*, do ano de 2016, mostra que na localização não havia indícios da infração cometida, como pode ser observado na Figura 9b.

Todavia, a imagem de abril de 2018 (Figura 9c) aponta a existência de uma intervenção antrópica no local. Supõe-se que seja referente à exploração de madeira nativa sem autorização do órgão ambiental competente indicada na denúncia, uma vez que o levantamento fotográfico pelos agentes ambientais nesse mesmo lugar, identificou em maio de 2018, o forno de carvão e resquícios de madeira.

Figura 9 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

Os diferentes produtos de sensoriamento remoto se complementaram nessa ocorrência para comprovar a materialidade da infração ambiental, em um primeiro momento com o registro da Aeronave Remotamente Pilotada demonstrando com nitidez o fato ocorrido sendo complementado pela análise temporal das imagens do *Google Earth* e SIGSC.

4.1.3 Construção em zona de amortecimento em Unidade de Conservação

Através de denúncia telefônica, informou-se o início de construção de uma casa no interior do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Diante da comunicação, os policiais militares se deslocaram ao local da denúncia e, ao chegar, se depararam com os fatos narrados. Assim, realizou-se a lavratura do auto de infração e a documentação pertinente. O Quadro 10 apresenta as informações referentes à infração.

Para comprovação a construção em zona de amortecimento do parque foi utilizada a imagem capturada pela Aeronave Remotamente Pilotada (RPA).

Quadro 10 – Auto de infração da construção em zona de amortecimento do Parque da Serra do Tabuleiro

Infrações Cometidas Exclusivamente em Unidades de Conservação		
Descrição: No ato da fiscalização foi constatado o aterro de 88m ² (Oitenta e oito metros quadrados) e a construção de uma casa em madeira, neste aterro com 24m ² (Vinte e quatro metros quadrados), na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro a 19m (dezenove metros) da cerca que demarca o limite do parque.		
Enquadramento	Artigo	Item/Parágrafo/Inciso/Alínea
Lei federal 9.605/98	70	
Lei federal 9.605/98	72	II
Decreto Federal 6.514/08	91	
Valor da multa	R\$ 600,00	

Fonte: Dados retirados do Sistema GAIA

De acordo com a Lei n. 9985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000), a zona de amortecimento é definida como o entorno de uma unidade de conservação, onde as ações humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas a fim de minimizar os impactos ambientais no espaço. No caso mencionado, o levantamento fotográfico realizado com a RPA contribuiu para identificar a construção no local, demonstrando que a obra estava irregular e não atendeu às regras próprias da unidade de conservação. O Decreto n.6514, de 22 de julho de 2008, dispõe acerca das infrações cometidas em Unidades de Conservação e estipula multa de R\$200,00 (duzentos reais) a R\$100.000,00 (cem mil reais) a quem causar dano à unidade de conservação, conforme artigo 91 da referida lei (BRASIL, 2008).

Na Figura 10 são apresentadas diferentes imagens do local da infração. Na Figura 10d (RPA) pode-se visualizar a construção irregular em zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e perceber com clareza a existência de uma obra e o desmatamento da

vegetação local. As linhas em vermelho e amarelo delimitam esse espaço impróprio para edificação e a linha azul aponta a área de construção irregular nas Figuras 10b, 10c e 10d. O registro fotográfico feito com a Aeronave Remotamente Pilotada em janeiro de 2019 aponta o avanço da construção na área mencionada, assim como a imagem do *Google Earth* de 2019 (Figura 10c).

Figura 10 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise de 2018 (Figura 10b) por meio do *Google Earth* demonstra que no ano mencionado ainda não havia ocorrido o avanço da construção para a zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Contudo, comparado com o ano de 2010, pode-se perceber a existência de construções no limite da área referida no registro de 2018.

Todavia, em 2019 (Figura 10c) vai ao encontro da fotografia feita com a Aeronave Remotamente Pilotada na mesma data e indica a construção em área de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Nesse caso, tais registros corroboram para a comprovação da existência de infração ambiental, tendo em vista a comparação temporal

por meio das diferentes imagens apresentadas de 2010 a 2019 e os dois registros mais recentes de duas ferramentas distintas que apontam o avanço em zona inapropriada para construção.

Por meio das ortofotos de 2010/2011 do mesmo local da ocorrência proveniente do SIGSC pode-se observar que a localidade não possuía nenhuma ação antrópica, com predomínio de gramíneas ou pastagem (Figura 11).

Figura 11 – Construção em área de amortecimento do PEST (destaque em amarelo) a partir do SIGSC



Fonte: Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC), Levantamento Aerofotogramétrico no ano de 2010.

4.1.4 Construção em Área de Preservação Permanente (Topo de Morro)

Além de atender diretamente as denúncias de crimes ambientais, a PMA/SC recebe também requisições do Ministério Público Estadual de Santa Catarina. Este caso apresentado trata de uma solicitação do MPSC para averiguar Notícia de Fato¹ em relação à construção irregular de uma casa em topo de morro. Diante do pedido, os policiais foram ao local para analisar a situação e verificar a veracidade do fato relatado.

Partindo da denúncia e do que determina a Lei n. 12.651/2012, a qual apresenta no Art. 4º a definição de Área de Preservação Permanente

1 De acordo com a Resolução n. 174, de 4 de julho de 2017, Art. 1º: A Notícia de Fato é qualquer demanda dirigida aos órgãos da atividade-fim do Ministério Público, submetida à apreciação das Procuradorias e Promotorias de Justiça, conforme as atribuições das respectivas áreas de atuação, podendo ser formulada presencialmente ou não, entendendo-se como tal a realização de atendimentos, bem como a entrada de notícias, documentos, requerimentos ou representações.

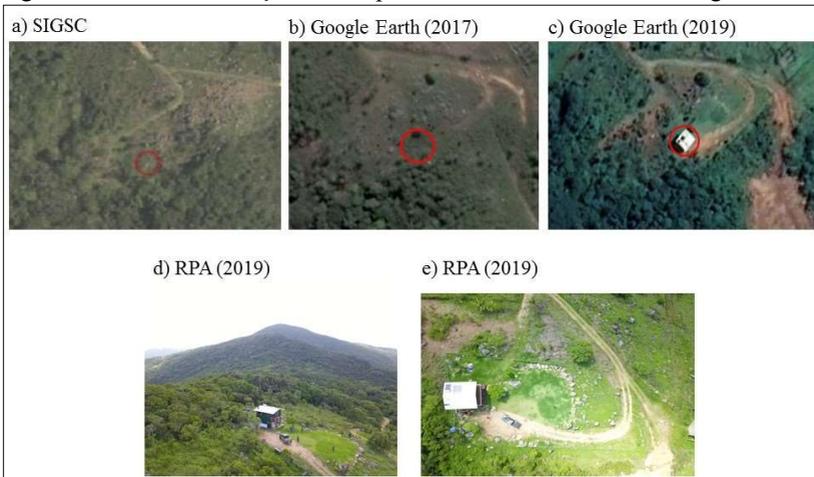
(APP) em zonas rurais ou urbanas, buscou-se identificar se a área mencionada estava dentro de uma APP. Tal documento legal, em seu artigo 4º, inciso IX, traz a seguinte definição de topo de morro:

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (BRASIL, 2012).

Com base nessa legislação, os agentes ambientais verificaram o local onde estava a construção da casa e conclui-se que a obra não estava em lugar considerado como topo de morro. Para legitimar essa conclusão, utilizou-se a RPA (Figura 12e) para captação de imagens aéreas que pudessem fornecer uma visão mais abrangente do local. Com base na avaliação dos policiais e com a devida documentação por meio do levantamento fotográfico, produziu-se o Auto de Constatação indicando que a denúncia não procedia e que não havia indícios de infração ambiental.

As Figuras 12d e 12e mostram os registros fotográficos realizados com a RPA. Esses dados foram fundamentais para o encaminhamento do caso, pois serviram para embasar a constatação dos envolvidos na operação. Na primeira imagem (Figura 12d), pode-se observar, em razão da disposição da fotografia, que a construção não está localizada em topo de morro, conforme a denúncia realizada ao Ministério Público. Nesse caso, tratava-se de uma obra dentro das prerrogativas legais para a sua execução e que, como pode ser observado nas imagens (Figuras 12a, 12b e 12c), foi construída entre os anos de 2017 e 2019.

Figura 12 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.5 - Parcelamento de solo irregular

Este caso partiu de uma solicitação do Poder judiciário para apurar o parcelamento de solo de forma irregular. Diante do pedido, os Policiais Militares Ambientais verificaram os fatos narrados e utilizaram a RPA para certificar-se da existência de parcelamento irregular do solo. A partir da avaliação dos agentes e do levantamento fotográfico foi lavrado o auto de infração de acordo com o que estabelece o Decreto n. 6514/2008:

Art. 66. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar estabelecimentos, atividades, obras ou serviços utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, em desacordo com a licença obtida ou contrariando as normas legais e regulamentos pertinentes: (Redação dada pelo Decreto nº 6.686, de 2008).

Multa de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).

Parágrafo único. Incorre nas mesmas multas quem:

I - Constrói, reforma, amplia, instala ou faz funcionar estabelecimento, obra ou serviço sujeito a licenciamento ambiental localizado em unidade de conservação ou em sua zona de amortecimento, ou em áreas de proteção de mananciais legalmente estabelecidas, sem anuência do respectivo órgão gestor [...] (BRASIL, 2008).

Após a averiguação e confirmação da veracidade da denúncia, elaborou-se relatório com as informações inerentes ao caso, incluindo os documentos comprobatórios, como a imagem aérea do local do ocorrido obtida com a Aeronave Remotamente Pilotada (RPA). Os dados do sistema Gaia se encontram no Quadro 11.

Quadro 11 - Auto de infração do parcelamento em solo irregular

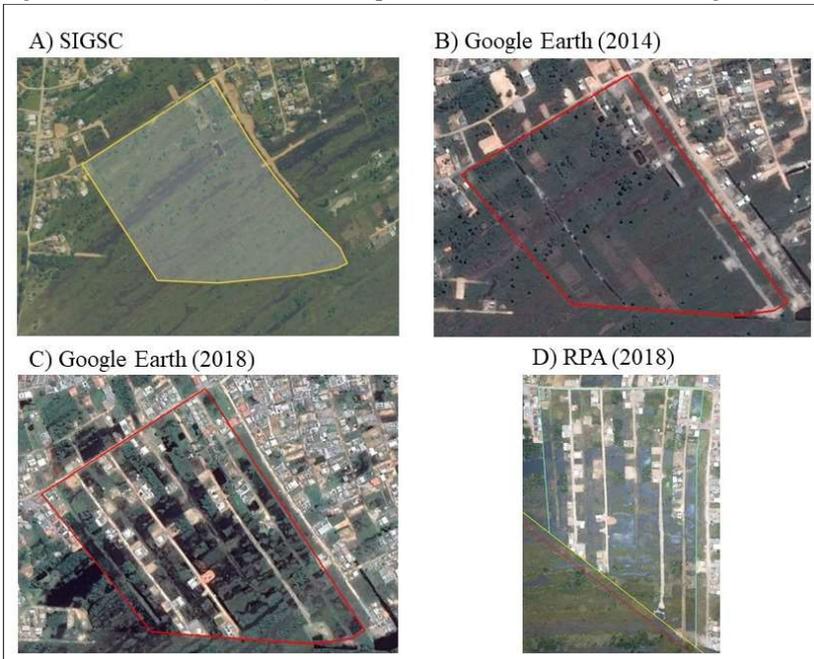
Variadas infrações		
Descrição: Promover e instalar o parcelamento de solo em uma área de 12 hectares com divisão da gleba em lotes demarcado por cercas, com abertura de rua, fornecimento de energia com furto da companhia de energia, fornecimento de água por ponteira, exercendo atividade potencialmente poluidora, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes.		
Enquadramento	Artigo	Item/Parágrafo/Inciso/Alínea
Lei federal 9.605/98	70	
Lei federal 9.605/98	72	II, VII
Decreto Federal 6.514/08	66	I
Valor da multa	R\$14.000,00	

Fonte: Dados retirados do Sistema GAIA

A Figura 13 apresenta as informações do SIGSC (2010/2011), do *Google Earth* (2014 e 2018) e o levantamento fotográfico realizado por meio do RPA no ano de 2018, data da ocorrência. Utilizando as ortofotos do SIGSC (Figura 13a) é possível notar que o loteamento não existia em 2010. Nota-se ainda que o mesmo foi instalado sobre cordões arenosos e áreas úmidas. Dessa maneira, além de estarem realizando o parcelamento de solo sem licença ou autorização dos órgãos competentes, o loteamento se instalou sobre uma área hidrológicamente sensível.

A análise temporal por meio do *Google Earth* (Figuras 13b e 13c) mostra que em 2014 o parcelamento do solo já tinha sido iniciado, com a demarcação de ruas a aparente demarcação de lotes. Por fim, as fotos do ano de 2018 obtidas pela RPA apresentam o atual estágio do loteamento (Figura 13d).

Figura 13 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.6 - Incêndio em Unidade de Conservação

As ocorrências de queimadas são muito frequentes em algumas regiões do estado em época de seca. No entanto, há casos de incêndios criminosos na vegetação. No Parque da Serra do Tabuleiro, no município de Palhoça, no mês de setembro do ano de 2018, a PMA/SC utilizou a RPA para localizar os focos de incêndio e planejar o emprego dos policiais no combate ao fogo.

Os incêndios florestais causam vários danos ao meio ambiente através da emissão CO² e isso, conseqüentemente, contribui para o efeito estufa, além de causar vários prejuízos a fauna e flora (CUSTÓDIO, 2006). A regeneração da vegetação e recuperação das áreas incendiadas é lenta e pode levar vários anos.

Nesse caso, o uso do RPA foi fundamental na identificação da propriedade que iniciou os focos de fogo. A partir dessa informação, os agentes entraram em contato com o proprietário e o mesmo afirmou ter ateado fogo para queimar a pastagem e, assim, renovar sua área de produção. No entanto, o incêndio tomou uma proporção além do que o infrator imaginava, invadindo também outras propriedades. Diante dos fatos, foram realizados os procedimentos administrativos e penal em desfavor do proprietário (Quadro 12). Os policiais conseguiram acompanhar desde o início do foco do incêndio, a proporção que o fogo tomou e, posteriormente, a avaliação da área atingida.

Quadro 12 - Auto de infração do incêndio em Unidade de Conservação

Infração contra a flora		
Descrição: Fazer uso de fogo em uma área de 32 hectares sem autorização do órgão competente.		
Enquadramento	Artigo	Item/Parágrafo/Inciso/Alínea
Lei federal 9.605/98	70	
Lei federal 9.605/98	72	II, IX
Decreto Federal 6.514/08	2	
Decreto Federal 6.514/08	58	
Valor da multa	R\$22.000,00	

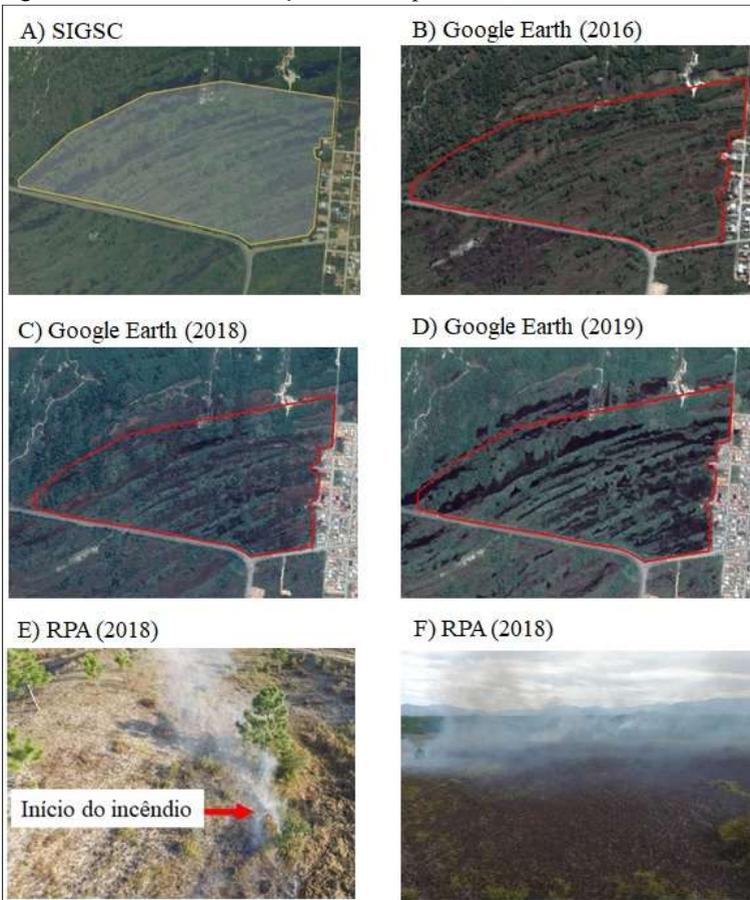
Fonte: Dados retirados do Sistema GAIA

As imagens apresentadas na Figura 14 mostram diferentes registros da área atingida pelo incêndio. As Figuras 14a 14b do SIGSC/2010-2011 e *Google Earth* (2016) – são similares e indicam que a vegetação estava intacta até a referida data. O caso mencionado ocorreu em setembro de 2018 e a imagem disponível no *Google Earth* é do final ano supracitado, isto é, não há em tal programa um registro do local no período que houve a queimada. Mesmo com essa diferença temporal entre a ocorrência, é possível perceber resquícios da queimada e o princípio da

regeneração natural da vegetação naquela localidade (Figura 14c) o que pode ser observado na Figura 14d, referente ao mês de fevereiro de 2019.

O levantamento fotográfico realizado com a RPA indica o início do incêndio (Figura 14e) e a proporção do impacto gerado após a queimada (Figura 14f). Esses registros foram capturados no mesmo dia em períodos diferentes, sendo a primeiro no início da manhã e a segunda no final da tarde. Dentre as imagens apresentadas na Figura 14, percebe-se que as capturadas com a RPA são as que indicam com maior nitidez os efeitos do incêndio na área atingida, não restando dúvidas da materialidade da infração cometida.

Figura 14 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.7 Construção em solo não edificável

Esta operação de fiscalização ambiental ocorreu em conjunto com a Prefeitura Municipal de Palhoça e Fundação Cambirela de Meio Ambiente – FCAM, com objetivo de fiscalizar a invasão e construção irregular de casas no interior do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

A FCAM foi a responsável pela lavratura dos documentos pertinentes ao processo administrativo e a Polícia Militar Ambiental lavrou um auto de constatação e termo de compromisso aos infratores seguindo o que dispõe a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, o qual afirma (Art.40) que causar dano direto ou indireto às Unidades de Conservação e às áreas previstas no art. 27 do Decreto Federal n. 99274/1990, pode ocasionar reclusão de um a cinco anos (BRASIL, 1998).

Os autos emitidos pela Fundação Cambirela de Meio Ambiente foram lavrados com base no Decreto n. 6.514, de 22 de junho de 2008. Segundo esse documento:

Art. 74. Promover construção em solo não edificável, ou no seu entorno, assim considerado em razão de seu valor paisagístico, ecológico, artístico, turístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental, sem autorização da autoridade competente ou em desacordo com a concedida:

Multa de R\$ 10.000,00 (dez mil reais) a R\$ 100.000,00 (cem mil reais) (BRASIL, 2008).

É importante ressaltar que nessa ação conjunta foi realizado o levantamento fotográfico com a Aeronave Remotamente Pilotada e as imagens foram essenciais para consolidar os documentos lavrados e contribuir para comprovação da materialidade dos delitos realizados, pois mostram as características peculiares do local (Figura 15c e 15d).

Nesse caso específico, o uso de outras ferramentas – SIGSC e Google Earth – não são vantajosas para a ocorrência, como pode ser observado nas Figura 15a e 15b, em razão da qualidade dessas imagens. A primeira é uma ortofoto do SIGSC, a qual indica a existência de uma construção no local desde o ano de 2010/2011 mesmo que não seja de forma nítida. O mesmo acontece com a imagem do Google Earth de 2016, que não representa com clareza as edificações que possuem na área. Nesse sentido, tais informações favorecem na comprovação do fato por indicarem a presença de estruturas no local da ocorrência desde

2010/2011 e a fotografia realizada com a RPA cumpriu seu papel como instrumento para comprovar a materialidade dos fatos no processo administrativo e penal.

Figura 15 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.8 Uso de RPA na identificação e organização da fiscalização ambiental motivado por diversas infrações

O Ministério Público de Santa Catarina recorrentemente encaminha requisições para verificação de Notícia de Fato. No caso a seguir, foi solicitada a averiguação de um parcelamento de solo e construções irregulares em zona de amortecimento e interior do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Quadro 13). Os policiais militares ambientais encontraram várias infrações ambientais e o uso da Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) foi fundamental para os encaminhamentos finais, pois facilitou na identificação das construções irregulares, além de ajudar na organização dos procedimentos que foram tomados. No total,

foram lavrados dez autos de infração ambiental. Na imagem abaixo, é possível observar um desses autos, onde a multa chega ao total de R\$15.000,00 (quinze mil reais), em razão dos diferentes crimes ambientais, como danificação de vegetação nativa e parcelamento de solo em desacordo com a legislação vigente.

Quadro 13 - Síntese das infrações ambientais

Variadas infrações		
Descrição: Danificar vegetação nativa, objeto especial de preservação, não passível de autorização para exploração ou supressão. Impedir a regeneração natural de vegetação nativa com abertura de estradas. Parcelamento de solo em desacordo com a legislação vigente atingindo zona de amortecimento do PEST.		
Enquadramento	Artigo	Item/Parágrafo/Inciso/Alinea
Lei federal 9.605/98	70	
Lei federal 9.605/98	72	II, VII
Decreto Federal 6.514/08	2	
Decreto Federal 6.514/08	48	
Decreto Federal 6.514/08	49	
Decreto Federal 6.514/08	66	
Decreto Federal 6.514/08	93	
Valor da multa	R\$15.000,00	

Fonte: Dados retirados do Sistema GAIA

Os agentes ambientais fundamentaram a aplicação dos autos a partir do Decreto n. 6514/2008, o qual diz que:

Art. 48. Impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas ou demais formas de vegetação nativa em unidades de conservação ou outras áreas especialmente protegidas, quando couber, área de preservação permanente, reserva legal ou demais locais cuja regeneração tenha sido indicada pela

autoridade ambiental competente: (Redação dada pelo Decreto nº 6.686, de 2008).

Multa de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais), por hectare ou fração

[...] Art. 66. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar estabelecimentos, atividades, obras ou serviços utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, em desacordo com a licença obtida ou contrariando as normas legais e regulamentos pertinentes: (Redação dada pelo Decreto nº 6.686, de 2008).

Multa de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).

[...] Parágrafo único. Incorre nas mesmas multas quem:

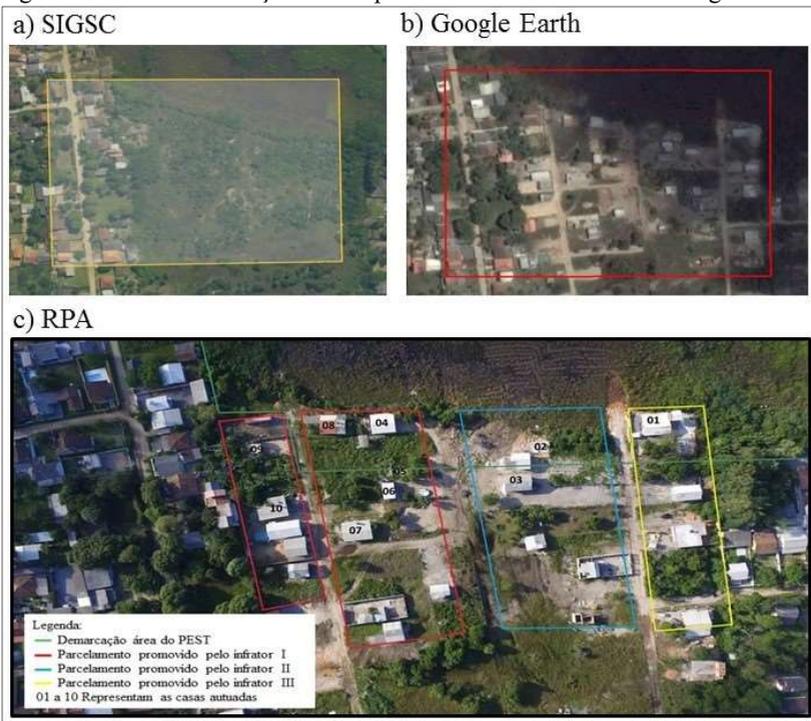
Art. 93. As infrações previstas neste Decreto, exceto as dispostas nesta Subseção, quando forem cometidas ou afetarem a unidade de conservação ou sua zona de amortecimento, terão os valores de suas respectivas multas aplicadas em dobro, ressalvados os casos em que a determinação de aumento do valor da multa seja superior a este (BRASIL, 2008).

A utilização da RPA (Figura 16c) nessa ocorrência foi uma das primeiras ações da 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, no ano de 2016, e auxiliou na comprovação da materialidade dos fatos denunciados, pois através da imagem aérea realizada foi possível delimitar a área do Parque da Serra do Tabuleiro e identificar as construções irregulares. A partir desse registro, o agente envolvido na ocorrência apontou todos os envolvidos e os autos de infrações correspondentes a cada caso. Cada um dos autos de infração ambiental possui uma peculiaridade, tendo em vista os diferentes crimes envolvidos. O auto apresentado neste estudo se refere ao identificado como 03 AIA (Auto de Infração Ambiental). Informações que pudessem possibilitar a identificação dos envolvidos na ocorrência foram suprimidas da figura abaixo (Figura 16).

As figuras 16a, 16b e 16c são referentes ao local da infração. A primeira foi retirada do Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina e mostra que na data do aerolevanteamento (2010/2011) ainda não existiam indícios de danificação da vegetação nativa do Parque Estadual

da Serra do Tabuleiro. Esse caso foi atendido em 2016, data da imagem do *Google Earth* de 2016 (Figura 16b) e da fotografia realizada com a Aeronave Remotamente Pilotada (Figura 16c).

Figura 16 - Local da infração visto a partir de diferentes fontes de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

Nos dois registros mais recentes, é possível visualizar o parcelamento de solo da área, abertura de estradas e construções atingindo, inclusive, zona de amortecimento do PEST. Apesar das duas imagens ratificarem a existência de diversas infrações ambientais, o levantamento fotográfico realizado com a RPA apresenta maior detalhamento e nitidez do local, o que facilitou na identificação dos moradores e contribuiu para o planejamento e encaminhamentos finais dessa fiscalização em conjunto entre os órgãos públicos, pois tais dados foram anexados aos processos administrativo e penal.

4.2 ANÁLISE CRÍTICA DOS AUTOS DE INFRAÇÃO APRESENTADOS

Com base nas fotografias apresentadas neste estudo e sua utilização nos autos de infração e nos outros documentos resultantes das requisições do Poder Judiciário e Ministério Público, foi possível refletir acerca da utilização dos registros fotográficos obtidos por meio das Aeronaves Remotamente Pilotadas. Diante dos casos apresentados com base nas imagens produzidas e a comparação com outros produtos de sensoriamento remoto percebe-se a relevância dessa ferramenta para comprovação da materialidade ou não de crimes ambientais como a principal vantagem do uso dessas Aeronaves Remotamente Pilotada pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. Tendo em vista as análises pontuais de cada caso, foi possível identificar também as principais vantagens do uso da RPA e as melhorias necessárias para que a sua contribuição seja realmente significativa para o resultado final da fiscalização ambiental.

Os documentos gerados pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina em suas atividades de fiscalização são utilizados para o julgamento das infrações ambientais cometidas, mesmo que não sejam resultantes de perícia oficial, as informações contidas nos processos da PMA/SC são válidas para considerar-se a materialidade ou não de crime ambiental. Rambush e Bender (2011) discorrem acerca da competência da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina para realizar exame pericial ambiental no processo penal. Os autores apresentam diferentes posicionamentos acerca do papel dos agentes da PMA/SC na elaboração de perícias oficiais. Para Cordioli (2001 apud RAMBUSH e BENDER, 2011) a perícia pode ser feita somente por peritos oficiais vinculados ao Instituto Geral de Perícias e, cabe, aos órgãos fiscalizadores (ex. Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina), os atos de autuação pela infração com a descrição do fato delituoso.

No entanto, Rambush e Bender (2011) mencionam que o policial militar por ser agente público possui fé pública e os documentos por ele firmados possuem veracidade e são plenamente válidos. Os autores mostram um exemplo de comprovação de materialidade do crime ambiental a partir dos documentos produzidos pela PMA/SC:

Os crimes dos arts. 39 e 45 da Lei n. 9.605/98 estão devidamente comprovados pelos elementos de convicção colacionados na instrução processual. A

materialidade veio consubstanciada na notícia de infração penal ambiental (fls. 6/7), no boletim de ocorrência ambiental (fl. 8), no termo de apreensão (fl. 9), no laudo de constatação de dano ambiental (fls. 15/20), nos levantamentos fotográficos (fls. 21/22) e no auto de constatação (fls. 71/75).

Os documentos mencionados no caso apresentado fazem parte dos processos elaborados pela Polícia Militar Ambiental, inclusive o levantamento fotográfico. De acordo com artigo 23 do Decreto n. 2954/2010, após lavratura do auto de infração, o agente fiscal deverá elaborar o relatório de fiscalização e inserir várias informações, dentre elas a assinatura do agente fiscal ou dos agentes fiscais que participaram da vistoria e outras informações necessárias para a elucidação dos fatos (croquis de localização, fotografias e/ou imagens digitalizadas (SANTA CATARINA, 2010).

Nesse sentido, o levantamento fotográfico realizado com a Aeronave Remotamente Pilotada constitui-se como um importante instrumento na constituição dos relatórios de fiscalização, uma vez que as imagens produzidas por meio dessa ferramenta possibilitam uma visão mais ampliada de grandes áreas geográficas, além de proporcionar o acesso a espaços que, em muitos casos, são inacessíveis por meio de viaturas, proporcionando a localização dos crimes ambientais. Os casos apresentados indicam essas contribuições, como na denúncia de construção em topo de morro, onde foi constatado com base na imagem aérea, entre outras análises realizadas no local, que a casa não estava irregular. Comparando com as outras imagens do Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina e as do *Google Earth*, nota-se a superioridade dos registros realizados com a RPA para comprovação das infrações, pois apresentam maior detalhamento e diferentes ângulos que as imagens de satélite e ortofotos não dispõem. Nas análises, evidenciou-se a vantagem de utilização desses diferentes dados, pois eles cumprem diferentes funções que são fundamentais para as atividades dos agentes ambientais.

A fiscalização ambiental é o procedimento de investigação indispensável para comprovar a materialidade dos crimes ambientais e tem como objetivo caracterizar, mensurar e valorar, o dano e/ou atividade lesiva, e também analisar o nexu causal identificando se existe lógica entre o dano e a atividade réu (ALMEIDA, 2006). Por se tratar de uma

etapa essencial para a comprovação de possíveis crimes ambientais é que a Policial Militar Ambiental tem como obrigação levantar todos os dados possíveis acerca das causas, dimensões e naturezas dos danos ambientais recorrendo aos instrumentos disponíveis para oferecer materiais que melhor materializem os casos ilícitos identificados.

Dessa maneira, a PMA/SC que tem como atribuição a preservação do meio ambiente, vislumbra com a utilização das RPA, superar as dificuldades e realizar com sucesso sua missão. As limitações operacionais como, por exemplo, a dificuldade de acessar algumas ocorrências devido ao relevo acidentado do Bioma Mata Atlântica, estariam resolvidas. Muito se tem a melhorar no trabalho com essa ferramenta, porém os avanços na qualidade do trabalho dos Policiais Ambientais com o uso da RPA são notáveis.

Além da utilização da Aeronave Remotamente Pilotada auxiliar para comprovação da materialidade dos casos ilícitos identificados, pode-se destacar a versatilidade dessa ferramenta para atender diferentes crimes ambientais como uma importante contribuição para a atuação da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. Nesta pesquisa, identificou-se o uso da RPA em diferentes casos como de construções em área de preservação permanente, incêndio, parcelamento irregular do solo, entre outros. Cada um dos fatos apresentados possui especificidades e o uso das imagens aéreas favoreceram de diferentes formas na verificação da existência de crimes ambientais, seja simplesmente por meio da captação de imagens ou para facilitar na tomada de ações imediatas, como no caso de incêndio e o acesso aos locais da ocorrência.

Longhitano (2010) discorre acerca do apoio do uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) na fiscalização e descreve que essa ferramenta pode ser utilizada na captação de imagens aéreas, sensoriamento remoto e até em casos específicos, como na obtenção de informações sobre a carga derramada em um acidente, evitando a exposição a gases tóxicos pelas pessoas ou até mesmo em risco de explosões. Assim, a aplicabilidade da RPA avança para outros fins práticos durante uma ocorrência, além de constituir um importante documento para comprovação da materialidade dos crimes cometidos.

Para a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, as Aeronaves Remotamente Pilotadas surgem como uma possibilidade mais viável do que o uso de helicópteros, por exemplo, para esse tipo de atividade, principalmente pelo custo envolvido. Além da diferença significativa no valor das aeronaves tripuladas e não tripuladas, há outros gastos que são reduzidos ou inexistentes quando se opta pelo uso da RPA. Dentre as

principais reduções nos custos, pode-se citar os gastos com manutenção, combustível e treinamento de pessoal especializado.

A questão dos custos é uma das principais vantagens das Aeronaves Remotamente Pilotadas e o desenvolvimento tecnológico representado por essa ferramenta supera, em vários outros aspectos, o emprego das aeronaves convencionais tripuladas. Outros benefícios podem ser destacados como: transmissão/recepção de dados e imagens em tempo real; melhor adequação às condições climáticas adversas, especialmente em modelos mais avançados; captação de imagens aéreas a qualquer momento; mapeamento 3D de uma ocorrência e possibilidade de utilização em áreas de risco (MAURICIO *et al*, 2016). Quanto ao mapeamento 3D, Maurício *et al* (2016) ratifica a sua aplicabilidade como meio de prova para as autoridades policial e judiciária e, também, “em locais onde os incidentes precisam ser removidos para não causar prejuízos, como os acidentes em rodovias e avenidas”.

4.3 USO DE IMAGENS ÁEREAS NAS ATIVIDADES DE FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL: ANÁLISE E PROPOSTAS PARA O USO DAS AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

Atualmente, as atividades de fiscalização utilizam a RPA apenas para obtenção de imagens aéreas, mas há um grande potencial ainda a ser explorado, como por exemplo, o mapeamento aéreo. Como mencionando anteriormente, a PMA/SC usa a RPA para captação de imagens, mas sem nenhum procedimento para realização de mapeamento aéreo, seja por falta de capacitação técnica ou de ferramentas necessárias para o exercício desta função. A utilização desse recurso seria fundamental para construir um modelo digital da superfície ou de terreno, com informação de altimetria do local registrado e, conseqüentemente, poderia fornecer dados quantitativos acerca das áreas afetadas.

Em razão disso, é fundamental que o uso da Aeronave Remotamente Pilotada seja acompanhado de constante atualização e aquisição de outras ferramentas que permitam explorar os benefícios que essa tecnologia nos oferece e que pode ser essencial para as atividades de fiscalização ambiental.

O levantamento fotográfico sempre foi um recurso indispensável na composição dos processos da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, mas tais registros eram feitos por meio de máquinas fotográficas comuns ou pelo uso de imagens de satélite do *Google Earth* e de imagem

do levantamento Aerofotogramétrico, disponível no Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC).

O Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC) é uma ferramenta para acesso público dos dados coletados por meio de um Levantamento Aerofotogramétrico de dados geográfico de alta precisão realizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina através da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. Esse levantamento possui mais de 700 mil aerofotos, ortofomosaicos, coloridos e infravermelhos, modelos digitais altimétricos, restituição da hidrografia, bacias hidrográficas e infraestrutura hídrica, com potencial de utilização em diversas ligadas à gestão territorial e ambiental (SIGSC, 2019).

A utilização das Aeronaves Remotamente Pilotadas ainda não é contínua nas ações de fiscalização da PMA/SC, ou seja, não é um procedimento padrão em todas as ocorrências. Isso significa que grande parte das fotografias que compõem os documentos são provenientes dos outros instrumentos mencionados, sem prejuízo da sua relevância, como pode ser observado na apresentação dos casos, no item 4.1.

No entanto, quase a totalidade das imagens obtidas por RPA são utilizadas pela Polícia Militar Ambiental somente como levantamento fotográfico, isto é, não são exploradas outras análises, como medição de área, o que pode ser extremamente relevante para a validação das infrações ambientais. Nesse sentido, elaboramos neste estudo a análise de imagens obtidas por meio de diferentes ferramentas e uma avaliação das medidas das áreas fiscalizadas a fim de demonstrar as possibilidades que podem ser exploradas no uso da Aeronave Remotamente Pilotada. Para isso, foi utilizado o RPA para fazer o levantamento, posteriormente analisado com as imagens do SIGSC e imagem orbital (Sentinel-2).

A primeira situação da fiscalização sucedeu de uma denúncia da Ouvidoria Geral do Estado de Santa Catarina, informando que estava havendo a extração de mineral (barro) sem autorização dos órgãos competentes. Diante dos fatos os policiais foram até o local para apurar a diligência. Ao entrar em contato com o proprietário, o mesmo informou estar em dia com as obrigações exigidas pelo poder público, apresentando a documentação, conforme exige a legislação. A licença de operação apresentada permite que se faça a extração de barro em uma área de 30.000m².

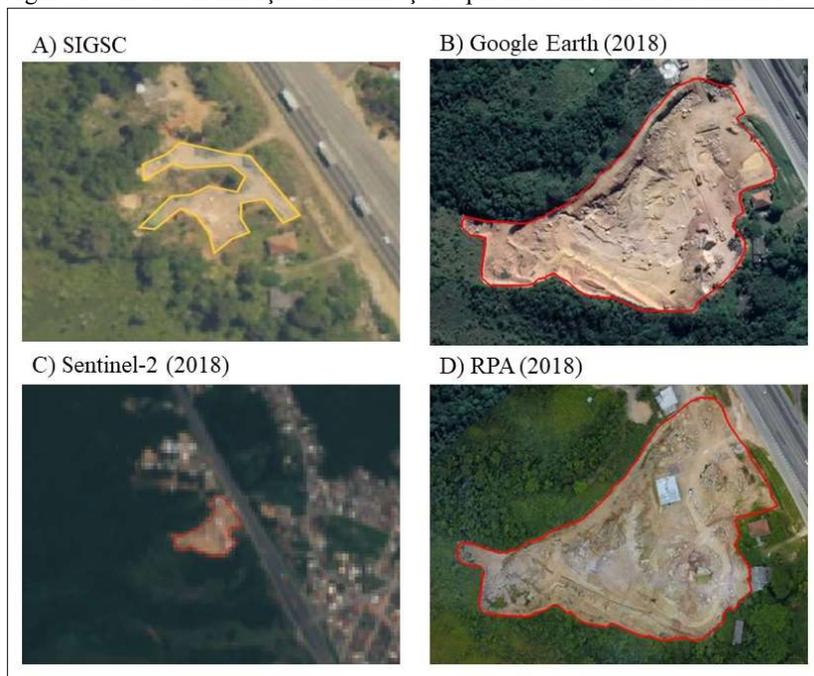
A imagem do Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC) é proveniente do levantamento Aerofotogramétrico do ano de 2010 e a área minerada naquela época foi de 1.800,86m² (Figura 17a. O levantamento com o RPA na mesma área, em dezembro de 2018,

após processamento e análise, indicou a área de extração em 18.905m² (Figura 17d), informação muito próxima ao registrado pelo Sentinel-2 no mesmo mês, com uma área de 18.486m² de extração (Figura 17c). Comparando os resultados obtidos, é possível identificar que houve um aumento da extração de 17.104,14m², restando ao proprietário a permissão de exploração de mais uma área de 12.895,86m², o que somam 30.000m² previstos em sua licença de operação. A imagem de maio de 2008, disponível no Google Earth, aponta para a extração de 17.884m² de área no local mencionado (Figura 17b).

Caso o proprietário ultrapasse a área permitida, caberá autuação com base no art. 63 do Decreto n. 6514, de 22 de julho de 2008, o qual afirma que “executar pesquisa, lavra ou extração de minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença da autoridade ambiental competente ou em desacordo” pode gerar multa de R\$1.500,00 (mil e quinhentos reais) a R\$3.000,00 (três mil reais), por hectare ou fração (BRASIL, 2008).

As figuras 17a a Figura 17d apresentam as imagens feitas a partir dos diferentes sensores.

Figura 17 - Local da infração de mineração a partir de diferentes ferramentas



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Medições do local das infrações a partir das imagens

Método/Fonte	Ano/Mês	Área (m²)
SIGSC	2010/2011	1.800,86
Google Earth	2018 (maio)	17.884,00
Sentinel-2	2018 (dezembro)	18.486,00
RPA	2018 (dezembro)	18.905,00

Fonte: Elaborado pelo autor

O segundo caso fiscalizado partiu de informações repassadas através do correio eletrônico da 4ª Companhia de Polícia Militar Ambiental e trata-se de um aterro em área de preservação permanente (mangue). Pelo fato da denúncia apresentar as coordenadas geográficas do local, houve maior facilidade no atendimento e possibilidade de análises prévia. Por meio da imagem do SIGSC foi possível verificar que realmente tratava-se de área de preservação permanente, no entanto, não foi possível ver a área que foi supostamente aterrada. Por meio das

ferramentas do website do SIGSC mensurou-se a área de aterro em $57,39\text{m}^2$ (Figura 18a).

Diante das informações obtidas, os policiais foram até o local realizar a fiscalização. Ao conversar com o proprietário sobre os fatos denunciados, o mesmo afirmou estar realizando um pequeno aterro ao lado de seu estabelecimento e que devido as flutuações da maré tais materiais estão desaparecendo. O estabelecimento é considerado uma área consolidada pela Prefeitura do município por estar naquele local antes das normas ambientais vigentes estar em rigor. No entanto, qualquer intervenção naquela área é passível de autorização.

Após o processamento das fotos obtidas com o *Phantom 3*, a área do aterro foi estimada em 84m^2 (Figura 18d). A variação entre os métodos pode estar associada à melhor resolução das fotos com o RPA ou pela expansão do aterro entre 2010 e 2018.

Figura 18 - Local da infração de construção em área de preservação permanente a partir de diferentes ferramentas



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 3 apresenta as áreas medidas a partir das diferentes plataformas. Nota-se, em primeiro lugar que devido a resolução espacial de 10 m da imagem Sentinel-2 não foi possível identificar ou mensurar a área. Além disso, nota-se também a diferença no valor obtido do *Google Earth* comparando com outras imagens analisadas.

Tabela 3 - Medições do local das infrações a partir das imagens

Método/Fonte	Ano/Mês	Área (m²)
SIGSC	2010/2011	57,39
Google Earth	2018 (maio)	62,80
Sentinel-2	2018 (dezembro)	-
RPA	2018 (novembro)	84,00

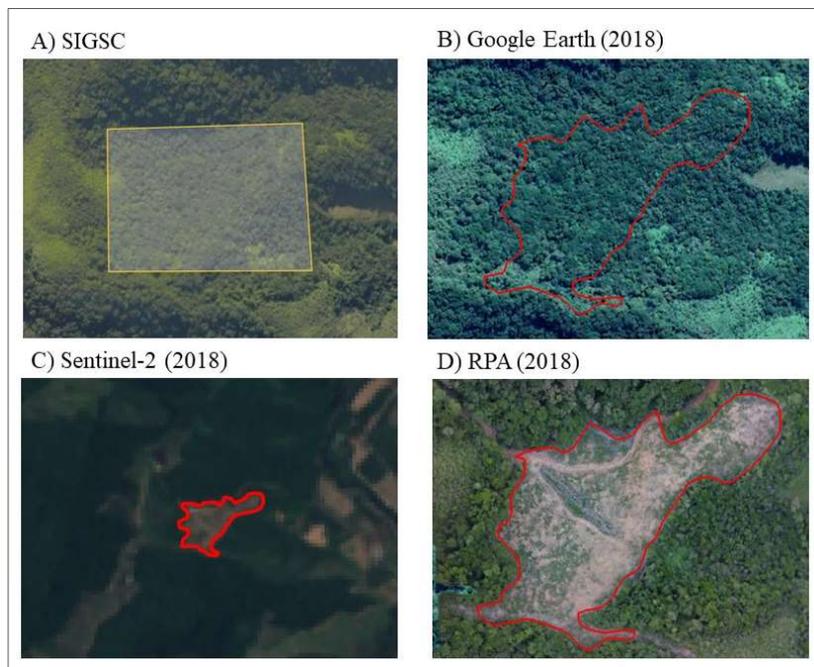
Fonte: Elaborado pelo autor

O terceiro caso apresentado é referente à uma infração de supressão de vegetação ocorrida em outubro de 2018, quando os agentes ambientais foram até o local e constaram a supressão de vegetação. Diante disso, lavaram o auto de infração ambiental pelo fato do infrator não possuir licença ou autorização para o corte de vegetação de uma área de 16.000m², mensurado com GPS de navegação da marca Garmin, modelo Rino 530HCx. O Decreto n.6514/2008 em seu capítulo das infrações contra a flora, art. 50, menciona que destruir ou danificar qualquer tipo de vegetação nativa ou de espécies nativas plantadas sem autorização ou licença ambiental competente pode acarretar multa de R\$5.000,00 (cinco mil reais) por hectare ou fração com acréscimo de R\$500,00 (quinhentos reais) por hectare ou fração em caso de detrimento de vegetação secundária no estágio inicial de regeneração do bioma Mata Atlântica (BRASIL, 2008). Sendo assim, a obra foi embargada e nenhuma atividade, além da recuperação da área degradada, poderá ser realizada naquele local.

No entanto, em dezembro de 2018, a equipe recebeu uma nova denúncia informando que o infrator continuava a explorar o local, através do corte da vegetação e colocando gado na área embargada. Com base na denúncia, uma equipe da Polícia Militar Ambiental da 4ª CIA deslocou até o local para apurar os fatos e, dessa vez, realizou-se o mapeamento aéreo com a Aeronave Remotamente Pilotada para captura das imagens do local. Após o levantamento da área e foi realizado processamento das imagens, no qual foi obtida uma área de 15.977m² de área desmatada, o que comprovou que a área estava abandonada pelo infrator, não havendo novas infrações ambientais (Figura 19d).

A Figura 19a do SIGSC 2010/2011 mostra a área intacta, assim como a imagem do Google Earth de 2018 (Figura 19b). No entanto, a Figura 19c proveniente do Sentinel-2 aponta uma área de 18.486m², possivelmente o aumento ocorreu pelo infrator ter continuado a supressão da vegetação (Tabela 4).

Figura 19 - Local da infração de supressão de vegetação a partir de diferentes ferramentas



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Medições do local das infrações a partir das imagens

Método/Fonte	Ano/Mês	Área (m²)
SIGSC	2010/2011	-
Google Earth	2018 (abril)	-
Sentinel-2	2018 (dezembro)	18.486
RPA	2018 (outubro)	15.997

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados obtidos nessa pesquisa foi possível analisar e comparar as situações de relevância do uso dessas ferramentas. Dentre as vantagens do uso da RPA observadas na comparação realizada, destacam-se a resolução espacial superior em relação às outras ferramentas analisadas, tendo como GSD inferior a 5 centímetros; a sua excelência para fiscalização de pequenas áreas em razão da autonomia de voo, somando em média 18 minutos para cada bateria nos levantamentos realizados; eficiência para fiscalizar situações onde não é possível chegar *in loco* por motivos de barreiras físicas e disponibilidade das imagens em tempo real. Por outro lado, tem como desvantagem a restrição de realização de voos em alguns locais – como aeroportos - e coberturas em grandes áreas. Enquanto isso, as imagens orbitais cobrem áreas extensas, mas não possuem uma resolução espacial igual as imagens do RPA, apresentam baixa periodicidade na disponibilidade das imagens e podem ser impactadas diretamente pelos aspectos climáticos, como tempo nublado.

Nesse sentido, percebe-se que os diferentes instrumentos utilizados para obtenção de imagens possuem contribuições específicas e seus benefícios estão relacionados às necessidades de cada caso. No entanto, o estudo aponta que a utilização da RPA pode ser cada vez mais explorada para as ações de fiscalização ambiental, seja por sua competência técnica ou pelas implicações práticas no trabalho dos agentes ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar diferentes produtos de sensoriamento remoto no monitoramento e análise de infrações ambientais da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. Para isso, realizou-se uma pesquisa nos autos de infração e outros registros do órgão mencionado para avaliar o uso dessa ferramenta em ações da PMA/SC. Além disso, foram apresentadas em cada caso imagens de produtos de sensoriamento remoto a fim de confrontar a aplicabilidade dessas diferentes ferramentas para a fiscalização ambiental.

A partir das análises de cada caso, foram observadas as implicações positivas do uso da Aeronave Remotamente Pilotadas nas atividades de fiscalização ambiental realizada pela 4ª Companhia da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina quando comparado aos produtos de sensoriamento remoto também analisados nesse trabalho. As imagens provenientes desses outros instrumentos apontam vantagens, como a utilização do SIGSC para os casos onde há necessidade de uma comparação temporal de mais de cinco anos. No entanto, os benefícios da RPA se sobressaem, especialmente, em razão da resolução das imagens produzidas das infrações, as quais mostram com definição a área das ocorrências. Sendo assim, percebeu-se nesse estudo duas principais vantagens do uso da RPA: a) Utilização dos registros fotográficos para comprovação ou não da materialidade de crimes ambientais; b) Versatilidade da ferramenta no atendimento aos diferentes crimes ambientais.

Apesar do pouco tempo de aquisição do equipamento, cerca de três anos, foi possível observar a aplicabilidade da RPA nas diversas atividades de fiscalização da 4ª Companhia da PMA/SC. Os casos identificados demonstram os ganhos da utilização dessa ferramenta para diferentes fins, como detecção de infrações em áreas de preservação permanente (APP). Considerando os dados coletados, a principal contribuição apontada refere-se ao uso das imagens aéreas nos processos para comprovação da materialidade do crime ambiental, por permitir uma visão mais ampliada e detalhada dos locais de infração. Além disso, tal ferramenta apresenta-se versátil quanto à aplicação em diferentes infrações, favorecendo em alguns casos a tomada de decisões nas ocorrências ou auxiliando em locais de difícil acesso.

A legislação brasileira tem avançado nos últimos anos na regulamentação do uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas por órgãos

públicos, especialmente da Segurança Pública. Além do mais, outros estados já possuem resultados positivos quanto à implantação desse equipamento em atividades de fiscalização e monitoramento ambiental. Em Santa Catarina, essas iniciativas são recentes, mas conforme visto nesta pesquisa, já trazem benefícios ao trabalho de quem opta por utilizar as Aeronaves Remotamente Pilotadas nas atividades laborais. No entanto, há muitos avanços que requerem constante capacitação dos profissionais e também investimento financeiro.

Por meio das Aeronaves Remotamente Pilotadas, é possível obter informações da paisagem, dado essencial para a fiscalização ambiental e monitoramento de atividades potencialmente poluidoras ou causadoras de dano ambiental. Nesse sentido, não há dúvidas que a RPA é uma excelente ferramenta de trabalho para os policiais militares ambientais. Entretanto, diante de um grande potencial dessa tecnologia, há uma utilização mínima do produto que pode ser gerado. Por isso, destaca-se a necessidade de explorar a capacidade máxima dessa tecnologia com *software*, computadores de alta performance e treinamento dos policiais. Os produtos gerados a partir desse aperfeiçoamento podem trazer ainda mais benefícios para as fiscalizações ambientais e demandas judiciais.

Para explorar essa questão, esse presente estudo mostrou a utilização do mapeamento aéreo em três casos de infração e comparou a outros produtos de sensoriamento remoto. Desse modo, evidenciou-se que tal ferramenta pode gerar produtos substanciais para os encaminhamentos das ações dos agentes ambientais. As imagens de outros instrumentos de sensoriamento remoto se mostraram muito válidas nos casos analisados, em alguns, indicando uma pequena diferença na medição da área em registros provenientes da mesma data. No entanto, a Aeronave Remotamente Pilotada demonstra superioridade em casos onde não é possível chegar *in loco*; em ocorrências que necessitam de registros em tempo real e em vários tipos de infrações onde o detalhamento e diferentes disposições da imagem podem favorecer diretamente no desfecho do caso. Esse experimento indica uma forma viável de uso da Aeronave Remotamente Pilotada para mapeamento aéreo na fiscalização ambiental da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina.

Mesmo diante das novas possibilidades a serem exploradas, pode-se afirmar que o equipamento trouxe para a instituição otimização no trabalho, reduziu o tempo de planejamento das operações e as imagens produzidas pelas Aeronaves Remotamente Pilotadas estão sendo muito bem aceitas nos processos ambientais, tanto em processos administrativos, quanto em processos criminais, proporcionando, dessa

forma, uma resposta eficiente e eficaz no combate aos ilícitos ambientais em Santa Catarina.

Além da implantação de ferramentas tecnológicas que permitam um melhor uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas, é fundamental que os agentes ambientais estejam capacitados para utilização de tal equipamento. Por isso, a partir do estudo realizado e com base no material disponível na página da internet “Projeto Vants” (ver <https://www.projetovants.com/>) sugere-se a criação de um Procedimento Operacional Padrão para uso da RPA na Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina. Esse procedimento deve ter como objetivo uniformizar e orientar emprego das Aeronaves Remotamente Pilotadas na atuação dos agentes ambientais em ações de fiscalização e monitoramento ambiental, levantamento de áreas degradadas, entre outras ocorrências. O procedimento pode ser organizado em três etapas: a) anterior ao voo; b) preparação para o voo c) aterrissagem.

A inserção dessas práticas, seja por meio da aquisição de novos equipamentos ou adoção de um procedimento para a utilização das Aeronaves Remotamente Pilotadas, são fundamentais para o trabalho da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Bruno Pinto de. **As relações entre o homem e a natureza e a crise sócio-ambiental**. Rio de Janeiro, RJ. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2007. Disponível em: < <http://www.epsjv.fiocruz.br/upload/monografia/13.pdf> >. Acesso em 20.nov. 2018.

ALMEIDA, J. R. de. **Perícia Ambiental Judicial e Securitária: Impacto, dano e passivo ambiental**. Rio de Janeiro: Thex, 2006.

ARAGÃO, Faruk Moraes; ARAÚJO, Francisco de Assis da Silva. **Sensoriamento Remoto na perícia ambiental do Ministério Público do Estado do Piauí: estudo de caso**. Engineering Sciences: Sergipe/Brasil, v.2 - n.1, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001: Sistemas da Gestão Ambiental. Requisitos com orientações para uso**. Segunda edição, 2004.

AUSTIN, Reg. **Unmanned Aircraft Systems: UAVs design, development and deployment**. Wiltshire: John Wiley & Sons Ltd, 2010. 332 p

BISPO, C.C. **A utilização do veículo aéreo não tripulado nas atividades de Segurança Pública em Minas Gerais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Segurança Pública) - Academia de Polícia Militar de Minas Gerais e Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte, 2013. 145f.

BRASIL. **Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, 1981. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm > Acesso em: 5.nov.2018.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm >. Acesso em: 06.nov.2018.

_____. Agência Nacional de Aviação Civil. **Resolução n. 419, de 2 de maio de 2017.** Disponível em: <
http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-419-02-05-2017/@@display-file/arquivo_norma/RA2017-0419.pdf >. Acesso em: 06. nov. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Legislação Ambiental Básica.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, UNESCO, 2008.

_____. Ministério da Defesa. **Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Instrução do Comando da Aeronáutica 100-40, de 09 de novembro de 2015.** Disponível em: <
<https://www.decea.gov.br/static/uploads/2015/12/Instrucao-do-Comando-da-Aeronautica-ICA-100-40.pdf> >. Acesso em 04. nov. 2018.

_____. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial n. 94, de 2 maio de 2017.** Disponível em: <
http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbac-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf >. Acesso em: 04. nov. 2018.

_____. Lei n. 7565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica.** Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7565.htm >. Acesso em: 04. nov. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Circular de Informações Aeronáuticas n. 24, de 11 de junho de 2018.** Disponível em: <
<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4784> >. Acesso em 05. nov. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Circular de Informações Aeronáuticas n. 17, de 11 de junho de 2018.** Disponível em: <
<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4784> >. Acesso em 05. nov. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Circular de Informações Aeronáuticas n. 23, de 11 de junho de 2018**. Disponível em: < <https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4783> >. Acesso em 05. nov. 2018.

_____. Decreto n. 6514, de 22 de julho de 2008. **Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6514.htm >. Acesso em: 05. nov. 2018.

CALDAS, A. J. F. da; ROTTA, V.R; GOÉS, E.K; SCHAMNE, J.A. **Sensoriamento remoto na perícia ambiental da Polícia Federal**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3621-3628.

CAVALCANTE NETO, Alberto Barros. **Serviço Aeropolicial**. Monografia (Bacharelado em Segurança Pública e do Cidadão) – Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, 2010.

CERVO, Amado L. et al. **Metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHAVES, A. **A caça no parque estadual da Serra do Tabuleiro/SC : aspectos periciais e educacionais**. Dissertação de Mestrado em Perícias Criminais Ambientais/UFSC. Florianópolis/SC, 2017.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed/Bookman, 2010.

DJI. **Manual do usuário do Phantom 3 Advanced**. 2015. Disponível em: < https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_3/pt/Phantom_3_Advanced_User_Manual_pt.pdf >. Acesso em: 25 set 2018.

FARIA, R. R. de.; COSTA, M. E. **A inserção dos veículos aéreos não tripuláveis (drones) como tecnologia de monitoramento no combate ao dano ambiental**. Revista Ordem Pública e Defesa Social. v. 8, n. 1, jan./jul., 2015. p.81 - 103.

FLORENZANO, Teresa Galotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. Editora: Oficina de Textos. 2011.

FONTES, Juliana Carvalho; POZZETTI, Valmir César. **O uso dos veículos não tripulados no monitoramento ambiental na Amazônia**. Revista de Direito e Sustentabilidade. Curitiba. v.2. n.2. p.149-164, 2016

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAY, D. E. **Pesquisa no mundo real**. – 2.ed – Porto Alegre: Penso, 2012.

HARDGRAVE. **The first air raid - by balloons**. Disponível em: < http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html >. Acesso em: 23. nov. 2018.

IBAMA. **O que é fiscalização ambiental?** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasil, 2016. Disponível em: < <https://www.ibama.gov.br/fiscalizacao-ambiental/o-que-e-fiscalizacao#oque> > Acesso em 24 nov. 2018.

ISHIY, S.K; NUNES, A. SOUZA, A.de. MARTERER, B. T. P.; BRASIL, D. M.; MUSSATTO, E. **Parque Estadual da Serra do Tabuleiro: retratos da flora e da fauna**. CriAG: Florianópolis.2009.

LONGHITANO, G.A. **VANTs para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARCATTO, Celso **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Belo Horizonte: FEAM, 2002. 64 p. Disponível em: < http://jbb.ibict.br/bitstream/1/494/1/Educacao_Ambiental_Conceitos_Principios.pdf >. Acesso em: 03 set 2018.

MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo; FERREIRA, Manuel Eduardo; FERREIRA, Laerte Guimarães. **Sensoriamento Remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura**

vegetal remanescente na bacia do Rio Araguaia. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (1), 2009

MAURICIO, Milene. et al. **Uso de drones em procedimentos criminais.** Revista de doutrina e jurisprudência. 52. Brasília. 108 (1), p.89 – 100, 2016. Disponível em: <https://revistajuridica.tjdft.jus.br/index.php/rdj/article/view/63/41>
Acesso em: 03 mar. 2019.

OLIVEIRA, L.P.; AMORIM, J.S.de. **Análise da legalidade do emprego de veículos aéreos não tripulados (VANTs) na atividade de polícia ostensiva e de preservação da ordem pública.** Revista Ordem Pública e Defesa Social. v.8, n.2, jul./dez, 2015. p. 131 - 144.

ORTIZ, Jonas Luís; FREITAS, Maria Isabel Castreghini de. **Mapeamento do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Geociências: UNESP, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 91-104, 2005

PECHARROMÁN, José Maria Peral. VEIGA, Ricardo. **Estudo sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados.** Projeto apoio aos diálogos setoriais União Europeia – Brasil. Disponível em: < http://www.mdic.gov.br/images/publicacao_DRONES-20161130-20012017-web.pdf >. Acesso em: 05. nov. 2018.

POLÍCIA MILITAR DE SANTA CATARINA. **Polícia Militar Ambiental.** Disponível em: < <http://www.pm.sc.gov.br/institucional/atividades/unidades-especializadas.html> >. Acesso em: 03. nov. 2018.

PRADO, Fernando de Almeida; BOIN, Marcos Norberto; MENEGUETTE, Arlete Aparecida Correia. **Uso de imagens de sensoriamento remoto na análise do cumprimento da legislação ambiental.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4151-4158.

QUINTAS, José Silva **Introdução à gestão ambiental pública.** 2ª ed. revista. – Brasília: Ibama, 2006. Disponível em: < <http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2011/06/livro-introducao-a-gestao-ambiental-publica.pdf> >. Acesso em: 03 set 2018.

RAMBUSH, F. BENDER, S. **A competência da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina para realizar exame pericial ambiental no processo penal.** Revista ordem pública e defesa social. V.4, nº 1 e 2. p.55-75, 2011.

REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental.** Editora Brasiliense: Coleção Primeiros Passos. São Paulo, 2004.

SANTA CATARINA. Lei n. 8039, de 23 de julho de 1990. **Cria a Companhia de Polícia Florestal.** Disponível em: < http://leis.alesc.sc.gov.br/html/1990/8039_1990_lei.html >. Acesso em: 03. nov. 2018.

_____. **Constituição do Estado de Santa Catarina.** Disponível em: < <http://www.alesc.sc.gov.br/sites/default/files/CESC%202018%20-%2072%20a%2075%20emds.pdf> >. Acesso em 5.nov.2018.

_____. Decreto n. 1017, de 13 de novembro de 1991. **Aprova o regulamento para atuação do Policiamento Florestal, da Polícia Militar do Estado de Santa Catarina e dá outras providências.** Disponível em: < <http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge> >. Acesso em: 03. nov. 2018.

_____. Decreto n. 1682, de 08 de setembro de 2008. **Transforma a guarnição especial de Polícia Militar Ambiental em Batalhão de Polícia Militar Ambiental, e estabelece outras providências.** Disponível em: < <http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge> >. Acesso em: 06. nov. 2018.

_____. Decreto n. 3569, de 27 de abril de 1993. **Dispõe sobre denominação honorífica a organização da Polícia Militar.** Disponível em: < <http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge> >. Acesso em: 06. nov. 2018.

_____. Decreto n.2954, de 20 de janeiro de 2010. **Disciplina o procedimento administrativo de fiscalização ambiental dos órgãos executores do Sistema Estadual de Meio Ambiente - SEMA e institui o Comitê de Julgamento - CJ e o Comitê Central de Julgamento - CCJ.** Disponível em: < <http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge> >. Acesso em: 06. nov. 2018.

_____. Portaria FATMA/BPMA nº 170, de 04 de outubro de 2013. **Dispõe sobre os procedimentos para apuração de infrações ambientais por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente no âmbito da Fundação do Meio Ambiente - FATMA e do Batalhão de Polícia Militar Ambiental – BPMA.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=260842>>. Acesso em 06. nov. 2018.

_____. Decreto n.3379, de 04 de agosto de 2005. **Transforma a Companhia de Polícia de Proteção Ambiental da Polícia Militar em Guarnição Especial de Polícia Militar Ambiental.** Disponível em: <<http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge>> Acesso em 06 nov.2018.

SARTE, Atila Medeiros. **Proposta de padronização do serviço de aeronaves remotamente pilotadas no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** Florianópolis: CEBM, 2017. 81 p. Disponível em: <<http://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000057/000057bb.pdf>> Acesso em: 08 nov 2018.

SIGSC. **Sistema de Informações Geográficas.** Disponível em: <<http://sigsc.sds.sc.gov.br/>> Acesso em: 04 abr. 2019.

SILVA, José Afonso. **Direito Ambiental constitucional.** 4. ed. São Paulo: Malheiros, 2002. p. 20.

SILVA, J. C. I. **Efeitos do uso de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA/drone) na vigilância e coleta de imagens para produção de conhecimento no campo da Inteligência de Segurança Pública.** Trabalho de Conclusão de Curso 2018 (Especialista em Segurança Pública). Academia de Polícia Militar, Centro de Pesquisa e Pós-Graduação, Belo Horizonte/MG, 2018.

SPERFELD, A.D.; SPECHT, L. Experiências da Polícia Militar de Santa Catarina com ações preventivas de Educação Ambiental. In: GUERRA, A. F. S.; FIGUEIREDO, M. L. (org). **Diálogos de saberes e fazeres: Uma releitura dos 25 anos da trajetória da Educação Ambiental brasileira.** São José: ICEP, 2017. p. 282 - 285.

XAVIER, R. **A utilização do Vant em levantamentos ambientais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4-ed.- Porto Alegre: Bookman, 2010.

_____. **Case Study Research: Design And Methods** (Vol. 5): Sage Publications, Inc, 2003.