
Metodologia de integração de dados para mapeamento florestal na RPPN Reserva Volta Velha - Pe. Piet van der Aart – Itapoá (Santa Catarina)

Estrabão
2021(2):1–11
©The Author(s) 2021
DOI: 10.53455/re.v2i.9



Gracianne Kovalski de Melo¹ and Eduardo Ribeiro¹

Contexto: Diante da popularização do uso dos drones, em que medida a precisão de ponto de apoio (GCP) para obtenção dos mosaicos no mapeamento da vegetação podem inferir na qualidade do mapeamento da vegetação, conforme diretrizes do IBGE (2018), para a Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina? Entendemos que existe uma relação, pois extrair informações digitais a partir do uso do imageamento por drones para estimar parâmetros florestais, usando tanto uma ortofoto de resolução em centímetro quanto um modelo 3D construído usando o método SfM é um desafio. **Método:** Estamos interessados em determinar se o método de embarcar um dispositivo GNSS com banda L em um drone comercial é aplicável em áreas como a Floresta Atlântica Costeira em Santa Catarina. Especificamente, a pesquisa será desenvolvida na RPPN Volta Velha, em Itapoá, SC. **Resultados:** Conforme o plano de manejo aprovado no ICMBio (2018), a criação RPPN Reserva Volta Velha - Pe. Piet van der Aart representou uma ação que se soma a outras para proteger os remanescentes de Floresta Atlântica Costeira em Santa Catarina, fruto de uma medida compensatória dos impactos oriundos da supressão vegetal do projeto de ampliação da estrutura física do Porto Itapoá implantado no município de Itapoá - SC. O aperfeiçoamento do mapa para uma escala que englobe a reserva possibilitará uma melhor percepção da necessidade de entender a vegetação no sistema costeiro, bem como a sua representatividade na biodiversidade do país.

Palavras-chave

Mapeamento, Biogeografia, Geotecnologias

Descrição da problemática

A biodiversidade pode ser entendida como a variedade de vida distribuída de forma heterogênea no Planeta. Para compreender a relação da biodiversidade global, é necessário conhecer os padrões de vida regionais e locais (Gaston, 2000).

Neste sentido, compreender a floresta a partir das características de suas árvores, sub-bosque e do dossel é uma estratégia importante para revelar padrões de variação da floresta no espaço e no tempo. Neste sentido, em qualquer regime de manejo que considere estes indicadores, haverá a necessidade de informações de qualidade para a tomada de decisões, pois o conhecimento destas estruturas poderá indicar a relação com o ambiente no qual estão inseridas. Tendo em vista a amplitude do domínio do bioma da Floresta Atlântica, cuja área original abrangia o litoral Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul e para o interior da bacia do rio Paraná (leste do Paraguai e nordeste da Argentina), a notável variação florística e fitofisionômica conforme apontam Galindo-Leal & Câmara(2005) e IBGE (2018), traz três desafios a serem superados. Um primeiro é o gradiente da composição florística.

Segundo Joly et al (2012) existe um grande grau de particularidade em cada unidades geomorfológicas, uma vez que a vegetação é resultado de uma interação entre as espécies constituintes, solos, topografia, exposição da vertente e clima. Isto fica mais evidente quando associados a diferenças fisionômicas em larga escala (SCARANO, 2002). Por outro lado, são mais sutis em menor escala, quando particularidades topográficas passam a ser mais determinantes (THOMAS et al. 2003). Ao adotarmos o conceito de bioma do IBGE (2018) que é a ocorrência de uma tipologia vegetal característica, dominante em escala regional, temos o segundo desafio.

O conhecimento da biodiversidade da composição florística da mata atlântica além dos aspectos das interações acima mencionados, impõe também ao pesquisador, a necessidade de um poder de síntese das informações levantadas, uma vez que o bioma Mata Atlântica é um mosaico de biomas (COUTINHO, 2006). Este é o segundo desafio. Os mapas de vegetação são um produto de síntese que mostram a localização, extensão e distribuição dos tipos de vegetação de uma dada região. As suas características variam de acordo com a escala cartográfica, os métodos e os tipos de imagens utilizados, que determinam a definição dos padrões passíveis de serem mapeáveis (BOHRER, 2009). No entanto, na cartografia, sempre associado a escala do mapa, há um fator de generalização.

A classificação é uma forma de generalização. Sobrepor algum dado generalizado sobre uma base detalhada, gera inconsistência da informação. Porém, com as plataformas digitais, é possível melhorar o modelo de dados inserindo informações mais detalhadas, adequando à um modelo mais próximo ao realístico. Com esta evolução tecnológica, percebe-se significativamente a melhoria da resolução escalar,

¹Instituto Federal Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Araquari, Santa Catarina, Brasil
Email: eduardo.ribeiro@ifc.edu.br (Eduardo Ribeiro)

Corresponding author:

Gracianne Kovalski De Melo, Instituto Federal Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Araquari, Santa Catarina, Brasil
Email: graciannekmelo@gmail.com

assim das informações contidas nestes mapas temáticos. O caso emblemático é o mapa de biomas do IBGE, configurado na escala 1:

5.00.00 (2004). A metodologia empregada classificou a vegetação a partir de imagens de satélite Landsat, datadas entre 2001 e 2003, com resolução espacial de 30 metros (IBGE, 2012). No entanto, em relatórios ambientais recentes, prefeituras apontaram divergências entre base de dados e realidade (JOINVILLE, 2018 e ITAPOÁ, 2019).

O próprio IBGE (2018) indica que é necessário o constante aperfeiçoamento deste produto, investir em um detalhamento dos limites tão logo fosse possível, até mesmo porque, desde a época de seu lançamento, o Mapa de Biomas do IBGE (2004) vem sendo utilizado como instrumento para diversas políticas públicas e leis de proteção. Embora o uso do emprego tecnológico oportunize a inferência das ocorrências de espécies ou mesmo na determinação dos limites dos biomas, ressalta-se, há uma lacuna de informação (levando em consideração o período 2003 a 2020) no cálculo de área remanescente do Bioma Mata Atlântica e a delimitação de áreas de vegetação densa destinadas a preservação.

A qualidade cartográfica é essencial para as particularidades apontadas por Scarano (2002) e Joly (2012). Mesmo com a preocupação sobre a delimitação da floresta seja baseada na dominância da vegetação (IBGE, 2018), sobretudo nos contatos entre os biomas com as áreas antropizadas, não poderemos avaliar se os dados implicarão superestimação ou subestimação desta vegetação. Assim, encontra-se o terceiro desafio. Com o surgimento de aeronaves remotamente tripuladas, sensores multiespectrais, satélites em órbita baixa e imageamento com resolução multiespectral e espacial de poucos centímetros, oportuniza-se estabelecer novos processos metodológicos que aprimorem as coletas de dados em florestas para a sua identificação. Estas novas metodologias devem, acima de tudo, buscar também baratear os custos dos processos, tendo em vista a intermitência dos investimentos em pesquisa. Assim, os dados de sensoriamento remoto representam uma forma eficiente e potencialmente econômica de inventariar os recursos florestais.

Diante disto propõe-se desenvolver uma metodologia de coleta de dados, a partir da integração de geotecnologias: um drone comercial com dispositivo PPK (sigla em inglês para

Cinemático Pós Processado) e um sensor multiespectral acoplados, GNSS e Lidar terrestre. O agrupamento destas tecnologias viabilizará uma coleta de mais dados em menor tempo e se mostra como alternativa de baixo custo para o mapeamento de áreas de difícil acesso e que devido à cobertura de floresta, não é possível uma medição direta em larga escala. Além disso, deslumbra-se melhorar as informações altimétricas para identificação de terrenos aluviais e os estágios sucessionais da floresta. A metodologia será empregada na Reserva Volta Velha, instalada em um ambiente de Floresta Atlântica Costeira com predomínio de Ombrófila Densa.

Proposta de atividade

Tendo em vista a proposta de pesquisa a ser desenvolvida na RPPN Volta Velha, justica-se o projeto por articular cinco pontos importantes, a saber: a) Implantar dispositivo PPK em drone comercial; b) Melhorar o modelo altimétrico com o uso do PPK em um levantamento aerofotogramétrico no mapeamento de floresta densa; c) Oportunizar quantificar a vegetação com as imagens multiespectrais de alta resolução espacial para florestas do sistema costeiro; d) Estabelecimento de parceria entre o IFC e a iniciativa privada e; e) Tema da pesquisa está alinhado as metas 15.1 e 15.4 do Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS.

Conforme o plano de manejo aprovado no ICMBio (2018), a criação RPPN Reserva Volta Velha - Pe. Piet van der Aart representou uma ação que se soma a outras para proteger os remanescentes de Floresta Atlântica Costeira em Santa Catarina, fruto de uma medida compensatória dos impactos oriundos da supressão vegetal do projeto de ampliação da estrutura física do Porto Itapoá implantado no município de Itapoá - SC. Assim, a floresta da reserva, está sob pressão de áreas antropizadas.

As diretrizes do IBGE (2018), bem como os do ODS, apontam para atenção e maiores discussões para estas situações, devido à sua dificuldade de interpretação com o uso da terra atual ou mesmo na busca de alternativas de atividades econômicas sustentáveis. O aperfeiçoamento do mapa para uma escala que englobe a reserva possibilitará uma melhor percepção da necessidade de entender a vegetação no sistema costeiro, bem como a sua representatividade na biodiversidade do país.

Apesar do amplo uso de drones e sensores remotos para mapeamento da vegetação, registra-se apenas o levantamento aerofotográfico do estado de Santa Catarina (SDS, 2013), mas sem o fim específico para a vegetação, ademais, os demais estudos recentes que focaram a Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina, constata-se que não há o emprego desta geotecnologia no mapeamento da vegetação (LINGNER,2015; CAGLIONI et al, 2014; CONTO; 2019). O projeto parte do entendimento de que inovação é o conhecimento sendo incorporado a produtos, processos ou metodologias que, ao se difundidos, tornam-se essenciais para o progresso e desenvolvimento de uma sociedade mais viável, como preconiza ODS. A experiência exitosa em transferir know how em Silva (2020) mostra que a parceria entre uma intuição de ensino, pesquisa, extensão e inovação com a iniciativa é um caminho possível para superar o gargalo que é a transferência de conhecimento e fomento ao processo de inovação na sociedade brasileira. Espera-se que esta pesquisa materialize os planos institucionais de ambos. O IFC cumprirá o seu papel social de geração de conhecimento e tecnologias conforme seu PDI e a Reserva Volta Velha agregará novas informações na revisão do seu plano de manejo.

Aplicabilidade dos resultados e potenciais impactos

Há diferentes tipos de impactos que podem ser gerados pelo desenvolvimento desta metodologia, quais sejam: a) incrementos na qualidade cartográfica do imageamento, obtidos pela adoção de imagens multiespectrais de alta resolução espacial e sistema PPK; b) redução de custos e tempo na coleta de dados em campo e aumento de informações disponíveis para análise em escritório, se comparado às técnicas de medição direta para mapeamento e inventários florestais. c) expansão do uso de uma tecnologia de baixo custo que pode ser aplicada em drone comercial, oportunizando para pesquisadores o uso de um dispositivo que possibilita o ajustamento dos pontos de controle em áreas consideradas impróprias ou de difícil acesso; d) Registro de processo de inovação no INPI, desenvolvido pela adoção do dispositivo no imageamento. Neste caso, verificaremos se esta metodologia gera incrementos de produtividade, comparando os resultados com procedimento recorrentes na revisão bibliográfica; e) Transferência de Know how Do ponto de vista dos impactos econômicos, a redução de custo de tempo para mapeamento será comparada com os custos tradicionais com o uso da tecnologia em avaliação. Uma vez validada, esta metodologia poderá também agregar valor na prestação de serviços, uma vez que assegura uma qualidade estatística no produto gerado e otimiza o tempo de levantamento in loco.

Ressalta-se que este estudo proporcionará adequação de uma tecnologia em termos de precisão e acurácia para mapeamentos em pequena escala, condições locais de baixa operacionalidade, além de outros impactos, como o estabelecimento de parâmetros técnicos de referência para produtos e processos cartográficos e de fomento a atividades socioeconômicas em outros setores.

Estado da arte

Diante dos desafios de se compreender a floresta a partir das características, o mapa é uma ferramenta estratégica. Como mencionado anteriormente, a amplitude do domínio do bioma da Floresta Atlântica, faz da sua notável variação florística e fitofisionômica conforme apontam Galindo-Leal & Câmara (2005) e IBGE (2018), elemento desafiador para qualquer processo de mapeamento. O gradiente da composição florística pode ser entendido a partir das particularidades, onde a vegetação é resultado de uma interação entre as espécies constituintes, solos, topografia, exposição da vertente e clima. Isto fica mais evidente quando associados a diferenças fisionômicas em larga escala (SCARANO, 2002). Por outro lado, são mais sutis em menor escala, quando estas particularidades topográficas passam a ser mais determinantes (THOMAS et al. 2003).

Neste sentido, a biodiversidade da composição florística da mata atlântica além dos aspectos das interações mencionadas, impõe também ao pesquisador, a necessidade de um poder de síntese das informações levantadas, uma vez que o bioma Mata Atlântica é um mosaico de biomas (COUTINHO, 2006). Assim, a partir do conceito de bioma do IBGE (2018) que é a ocorrência de uma tipologia vegetal característica, dominante em escala regional, os mapas de vegetação como produto de síntese da localização, extensão e distribuição dos tipos de vegetação de uma dada região, recaem sobre o que o Robinson (1960) apontou sobre a construção de um mapa. Segundo este autor, cada feição (da superfície da Terra representada) tem que passar para o observador, uma boa percepção da realidade que o mapa busca transmitir. Para que isto seja possível, é necessário selecionar os objetos que compõem o mapa, simplificar formas e estruturas e respeitar critérios de importância relativa (ROBINSON, 1960) e dentre os critérios, destaca-se o a generalização cartográfica. A generalização permite descrever a realidade através de níveis de abstração diferentes e representar graficamente a informação considerada relevante em uma certa escala. É um processo que depende fundamentalmente da escala e do objetivo do mapa.

As suas características variam de acordo com a escala cartográfica, os métodos e os tipos de imagens utilizados, que determinam a definição dos padrões passíveis de serem mapeáveis (BOHRER, 2009). Sobrepor algum dado generalizado sobre uma base detalhada, gera inconsistência da informação. Porém, com as plataformas digitais, é possível melhorar o modelo de dados, inserindo informações mais detalhadas e condizentes com escala desejada. Com a evolução tecnológica, percebe-se a melhoria nas metodologias na obtenção de informações contidas em mapas temáticos. O caso emblemático é o mapa de biomas do IBGE, configurado na escala 1: 5.000.000 (2004). A metodologia empregada classificou a vegetação a partir de imagens de satélite Landsat, datadas entre 2001 e 2003, com resolução espacial de 30 metros (IBGE, 2012). No entanto, em relatórios ambientais recentes, prefeituras apontaram divergências entre base de dados e realidade. (JOINVILLE, 2018 e ITAPOÁ, 2019). O próprio IBGE (2018) indica a necessidade constante do aperfeiçoamento deste produto, investir em detalhamento (dos limites) tão logo fosse possível, até mesmo porque, desde a época de seu lançamento, o Mapa de Biomas do IBGE (2004) vem sendo utilizado como instrumento para diversas políticas públicas e leis de proteção.

Embora o uso do emprego tecnológico tenha permitido ampliar a inferência das ocorrências de espécies ou mesmo na determinação dos limites dos biomas, ressalta-se, há uma lacuna de informação (levando em consideração o período 2003 a 2020) sobre as metodologias de levantamento fotogramétricos para estes estudos ambientais, principalmente para os estudos da Floresta Atlântica Costeira em Santa Catarina. Diante do amplo repertório de meios para se obter imagens aéreas, o uso de drones vem ganhando espaço por sua versatilidade e custos acessíveis para diversas finalidades. Embora tenhamos o levantamento aerofotogramétrico do estado de Santa Catarina (SDS, 2013), mas sem o fim específico para identificação

da vegetação, buscou-se compreender qual é o estado da arte para os estudos que tiveram como objetivo o uso do drone no mapeamento da vegetação nos últimos 4 quatro anos (2016 – 2020).

Antes de avançarmos, se faz necessário um esclarecimento sobre o termo drone. Autores como Colomina e Molina (2014) e Uysal et. al (2015) elencaram diversos sinônimos que para drones em inglês como: UAV – Unmanned Aerial Vehicle, UAS – Unmanned Aerial System, RPAS – Remotely Piloted Aerial System, RPV – Remotely Piloted Vehicle, ROA – Remotely Operated Aircraft, RC – Remote Controlled Helicopter, UVS – Unmanned Vehicle Systems. Em português existem os termos: VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado, ARP – Aeronave Remotamente Pilotada e “drone”. Para a Agência Nacional de Aviação Civil (2016), uma *remotely-piloted aircraft* (RPA) é toda aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota (RPS) com finalidade diversa de recreação, a exemplo de todos os trabalhos realizados nas atividades agropecuárias feitos com drones. Neste sentido, doravante, usaremos o termo drone, por ser de maior conhecimento popular e está associado a equipamento do tipo RPA.

Quando Dupus et al (2020), ao debater a instigante questão de como a tecnologia do sensoriamento remoto pode ajudar a monitorar a degradação da floresta úmida tropical do Congo, os autores apontaram que o drone forma uma boa ponte entre os dados de campo e de satélite. Embora, encontremos numerosos estudos que apontam o uso dos drones com o LiDAR o desempenho seja superior na identificação da estrutura da floresta, sinaliza-se o seu alto custo operacional e de aquisição. Desta forma, uma atenção particular deve ser dada aos drones com sensores óticos embarcados, pois mostram grande potencial e podem ser usados mais facilmente pelas comunidades locais. Wallace et al (2016) ao comparar duas técnicas de sensoriamento remoto a parte do uso de um drone com o uso laser (LiDAR) e outro aplicando nas imagens a técnica de estrutura de movimento (SfM), fomenta este entendimento. O estudo foi realizado em uma parcela de 30x50 m em uma floresta eucalipto na Austrália. Mesmo tendo resultado de desempenho inferior ao LiDAR, para identificar a estrutura vertical da floresta, o SfM ainda foi considerado uma alternativa de baixo custo adequada para um inventário florestal. É notório a versatilidade de tamanho e capacidade de equipamento embarcado para o mapeamento da vegetação. O uso de sensores hiperespectral e LiDAR mostram constantes evolução na análise e tratamento da informação para o inventário florestal (TORRESAN et al, 2020).

No entanto, os autores ainda chamam atenção que além da calibração dos parâmetros para detecção de copas de árvores individuais, a precisão obtida no estudo foi razoável, todavia, ainda não satisfatória para determinação remota. Apesar do avanço dos sensores de imageamento e amplo uso do drone no mapeamento florestal, o cuidado metodológico para a busca minimização dos erros é necessário. Iizuka et al (2018) entendem que o estimar a altura da árvore a partir de modelos 3D construídos com o método SfM é gerar dados Modelo Digital de Terreno de qualidade confiável.

Komeyama e Sugirura (2020) fazem considerações sobre práticas devem ser feitas em levantamentos usando drones para obter precisão de dados em florestas. O estudo foi aplicado em Hokkaido, Japão. Para os autores, deve-se dar importância aos pontos de controle no chão (Ground Control Point, em inglês), pois para um mapeamento preciso, a instalação de GCPs requer também seu levantamento preciso. Neste sentido é necessário um GNSS adequado. Para fins de levantamento topográfico, por exemplo, observa-se um amplo cuidado com o controle de qualidade das ortofotos e do modelo digital de terreno provenientes do aerolevantamento por drones. O refinamento com o uso de GNSS possibilitou a criação de modelos digitais de qualidade posicional superior aos modelos gerados apenas com dados por drones (VIANA, 2017).

Ora, tendo em vista a qualidade e o desafio da escala da informação que se impõe ao mapeamento do bioma, é oportuno desenvolver uma metodologia que forneça dados com melhor exatidão para estudos da vegetação. A grande maioria dos drones comerciais possui em seu sistema embarcado um GNSS de navegação, no qual ele é responsável por executar a missão programada em escritório e gravar a posição onde cada imagem foi tomada, porém, a precisão de um GNSS de navegação é em torno de 5 a 10 metros, isso quer dizer, que um ponto coletado por este GNSS quando verificado no terreno este mesmo ponto pode estar em um raio de 5 a 10 metros, ou seja, ele possui um erro de 5 a 10 metros em relação ao terreno.

Tendo em vista que um mapeamento aéreo com uma acurácia ampla (de 5 a 10 metros) não é recomendado para nenhum projeto com fins topográfico, o que motiva então a não usar este nível de acurácia para os mapas de biomas? Entendemos este fato não é por não haver uma NBR específica para o mapeamento da vegetação. Mas isto pode ser explicado pelo gap entre o avanço tecnológico e o desenvolvimento de metodologias que permitam a coleta indireta de dados, sem uso de pontos de controle e sem necessidades de equipamento de alto custo. Neto e Breuning (2019) chamam atenção para os aspectos técnicos e metodológicos de muitos trabalhos que aplicaram o imageamento com drones. Em algum modo, estes não levados em consideração após a realização de um voo para processar, ortorretificar, mosaicar que são: I) Câmera inadequada: As câmaras utilizadas, normalmente, são não métricas, sem os POIs

(Parâmetros de Orientação Interior) conhecidos e sem ajuste vertical, o que resulta em fotos inclinadas causadas por influências do vento ou instabilidade da plataforma. Além disso, para garantir o ajuste completo do bloco fotogramétrico, as fotos necessitam de uma alta sobreposição lateral e longitudinal (>70%). II) Precisão: Devido ao pequeno tamanho do sistema e à abordagem de baixo custo, são utilizados receptores GNSS pequenos e de baixa precisão e sistema inerciais (IMU) com elevados desvios, os quais não permitem o georreferenciamento direto das imagens.

Com isso, a qualidade não é boa o suficiente para fornecer valores iniciais de POEs (Parâmetros de Orientação Exterior) razoáveis para o processo de aerotriangulação. III) Ponto de Apoio: O número e a distribuição dos pontos de controle no terreno (GCP) para garantir a precisão necessária. Entretanto, o uso do Drone com tecnologia PPK melhora o resultado da qualidade posicional final da ortofoto e nuvem de pontos, o que permite gerar produtos com uma confiabilidade geométrica em áreas inacessíveis (Taddia et al., 2020 e Tomaščík et al., 2017) No Brasil, especificamente em Santa Catarina, trabalhos de Ligner (2015), Cagliani et al (2014) e Conto (2019) apesar de terem como objeto de estudo a Floresta Atlântica Costeira, constata-se que não houve o emprego da fotogrametria no mapeamento da vegetação dos referidos trabalhos.

Portanto, chamamos atenção para a problemática do uso da aerofotogrametria no mapeamento da vegetação densa: a impossibilidade de implantação, medição de GCPs no terreno e a correspondência visual na imagem. O uso de um sistema pós processado cinemático (PPK) permitirá calcular para cada imagem uma coordenada corrigida relativa a uma base precisa. Assim, neste novo cenário tecnológico, o desafio está no levantamento aerofotogramétrico sem o uso de GCPs, partindo da premissa de que é possível através da utilização de dispositivos GNSS com banda L embarcados em drones comerciais. Além de aumentar a acurácia, no mapeamento da vegetação, espera-se que esta pesquisa contribua no desenvolvimento de uma metodologia de baixo custo que melhore a precisão dos produtos finais gerados: nuvens de pontos, modelo 3D.

Metodologia

A metodologia empregada terá 4 etapas, denominadas: a) Dispositivo PPK; b) Levantamento e avaliação, c) Mapa da vegetação e; d) Processo e transferência A etapa Dispositivo PP tem a meta de implantar e calibrar o dispositivo. Como não existe solução pronta, propomos a construir e integrar o sistema a partir da aquisição de cabos e conectores, receptor GNSS com banda L e antena GNSS multi sinal.

O dispositivo será integrado com ao drone Phantom 4 e ao sensor multispectral Parrot Sequia+ que já disponibilizamos. Serão realizados levantamentos de teste, a fim de atingir dois objetivos: validar o sistema PPK e observar diferentes cenários no imageamento de floresta densa, alterando os seguintes parâmetros, os quais impactam em diferentes resultados, respectivamente: 1) altura de voo e a resolução espacial do pixel; 2) sobreposição entre faixas e correlação de imagens; 3) tempo de voo se curto ou longo e a incidência de variações climáticas durante o levantamento. 4) Hora do voo e as respostas espectrais das árvores em função da incidência de iluminação. Para a etapa levantamento e avaliação que tem a meta de inventariar os indivíduos na área de amostra.

A direção do RPPN Volta Velha já sinalizou algumas áreas de interesse. Será necessário campanhas para análise exploratória para identificar qual será a ideal para a materialização do quadrado de vegetação. Feito a escolha da área, teremos duas técnicas de coleta de dados: a direta e a indireta. A direta será realizada dentro em quadrado de vegetação de 30 x 30m, s, conforme Ribeiro (2011) e IBGE (2012), assim, o inventário fornecerá dados como dominância das espécies e o estágio sucessional dos indivíduos dentro da área de estudo. A indireta, acima do dossel, será utilizando a aerofotogrametria, conforme Berveglieri et al (2016).

Por esta técnica, a coleta e processamento de imagens aéreas, resultarão informações métricas de uma imagem projetada em um sistema cartográfico, bem como a geração de nuvem de pontos da superfície. Para integração das técnicas e gerar uma base de dados em um único sistema de referência global, serão implantados marcos no terreno (base) fora da mata, pontos no terreno e nos vértices do quadrado de vegetação. Estes alvos, materializarão uma rede de pontos de referência com coordenadas geodésicas calculadas, a partir do método de posicionamento estático com uso de GNSS de dupla frequência e técnicas de posicionamento topográfico. Estas técnicas garantem coordenadas geodésicas com precisão na ordem centimétrica (PIRTI et al, 2016; OCALAN et al, 2016). Quanto a validação da metodologia de levantamento com o dispositivo PPK, este acontecerá com a realização de um voo sobre quadrado de vegetação forneça os resultados, agrupandoos pelos seguintes componentes:

- 1) execução e controle do voo do drone;
- 2) registro da imagem com o sensor multispectral Parrot Sequia+ ;
- 3) avaliação do sistema GNSS embarcado para pós processamento e cálculo das coordenadas dos centros das imagens.
- 4) Geração dos produtos cartográficos com qualidade centimétrica. Antes do voo, árvores já inventariadas serão sinalizadas como alvo. Após o voo, serão calculadas as coordenadas destas a partir dos dados da trajetória armazenados pelo dispositivo PPK.

Serão realizados dois processamentos fotogramétricos com as imagens, sendo o primeiro dito convencional, com a inserção dos GCPs e sem as coordenadas das imagens, e o segundo, empregando a inovação, usando as coordenadas corrigidas das imagens e sem GCPs. Ao final será possível correlacionar a localização das copas das espécies e respectivos estágios sucessionais fornecidos pelo inventário

florestal georreferenciado com as coordenadas tridimensionais extraídas das imagens com o dispositivo. As coordenadas serão avaliadas quanto suas diferenças geodésicas em relação a média e desvio padrão.

Para validar o sistema de posicionamento PPK, as diferenças terão que ser iguais ou menores em relação ao processamento convencional. Validada a metodologia, passaremos a etapa do Mapa da vegetação. Esta tem a meta de confeccionar o mapa de vegetação da RPPN Volta Velha planejaremos os voos para geração do mapa da estrutura de vegetação da RPPN Volta Velha. Esta etapa dependerá das variáveis climáticas, da duração das baterias (sinalizamos para aquisição de mais duas para ampliar a autonomia do trabalho de campo) e do processamento das informações.

A última etapa é o Processo e transferência de know how. A meta é o registro de um contrato de transferência de know how no INPI e a oferta de um curso de capacitação sobre a metodologia desenvolvida. Atualmente o INPI brasileiro não reconhece formalmente a noção de licença de tecnologia, mas sim o contrato de transferência de tecnologia (know how). O nosso primeiro parceiro deste contrato serão os pesquisadores da RPPN Volta Velha. Será elaborado um curso na modalidade de capacitação/extensão. Esta etapa proporcionará como aos pesquisadores do IFC se motivem a concluir o ciclo de desenvolvimento tecnológico principalmente com os de alunos de pós-graduação, procurando aplicar a etapa acadêmica em demandas com a iniciativa privada ou ONG.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2016. Requisitos gerais para veículos aéreos não tripulados e aeromodelos. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/transparencia/> . Acesso em 17/09/2020.

BERVEGLIERI, ADILSON ; TOMMASELLI, ANTONIO MARIA GARCIA ; IMAI, NILTON NOBUHIRO et al. Identification of Successional Stages and Cover Changes of Tropical Forest Based on Digital Surface Model Analysis. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 12, p. 1-13, 2016. ; Meio de divulgação: Digital; Website: [<http://ieeexplore.ieee.org/document/7572061/>]; ISSN/ISBN: 19391404.

BOHRER, Claudio Belmonte de Athayde et al . Mapeamento da vegetação e do uso do solo no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. Rodriguésia, Rio de Janeiro , v. 60, n. 1, p. 1-23, Mar. 2009.

CAGLIONI, Eder et al. ESTRUTURA E DIVERSIDADE DO COMPONENTE ARBÓREO DE FLORESTA ATLÂNTICA NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO ITAJAÍ, SANTA CATARINA. FLORESTA, [S.l.], v. 45, n. 2, p. 289-302, sep. 2014. ISSN 1982-4688. Disponível em: . Acesso em: 17 sep. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/uf.v45i2.33499>.

COLOMINA, I., & MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 92, 79-97, 2014.

CONTO, D. de. Mapeamento dos fragmentos florestais para elaboração de planos municipais da Mata

- Atlântica. 2019. 61p. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2019.
- COUTINHO, Leopoldo Magno. O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo , v. 20, n. 1, p. 13-23, mar. 2006.
- DUPUS, C.; et al..A. How Can Remote Sensing Help Monitor Tropical Moist Forest Degradation?— A Systematic Review. *Remote Sens.* 12, 1087, 2020.
- GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I.G.(eds.). *Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.
- GASTON, K. J. Global patterns in biodiversity. *Nature*, v. 405, n. 6783, p. 220–227, 2000. IBGE. 1º Workshop sobre representação de biomas compatível a escala 1:250.000: Diretrizes para definição de limites. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101588.pdf>. Acesso em 17/09/2020.
- IBGE. 1º Workshop sobre representação de biomas compatível a escala 1:250.000: Diretrizes para definição de limites. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101588.pdf>. Acesso em 17/09/2020.
- IBGE, Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- IBGE. Mapas dos Biomas do Brasil. Escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf. Acesso em 17/09/2020.
- IIZUKA, K .; et al. Estimativa da altura e diâmetro da árvore na altura do peito (DAP) a partir de modelos digitais de superfície e ortofotos obtidos com um sistema aéreo não tripulado para uma floresta de ciprestes japoneses (*Chamaecyparis obtusa*). *Remote Sens* , 10 , 13. 2018.
- JOLY, Carlos Alfredo et al . Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop.*, Campinas , v. 12, n. 1, p. 125-145, Mar. 2012 .
- KAMEYAMA, S.; SUGIRUA, K. Estimating Tree Height and Volume Using Unmanned Aerial Vehicle Photography and SfM Technology, with Verification of Result Accuracy. *Drones*, 4, 19, 2020.
- LINGNER , D. V. A Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina – Composição e padrões estruturais condicionados por variáveis geoclimáticas, 2015. Dissertação (Mestrado em engenharia Florestal) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, Santa Catarina, 2015.

NETO, R. P. ; BREUNIG, F. M. Drone nas Ciências Florestasi. In: Gonzalo Prudkin; Fábio M. Breunig. (Org.). Drones e ciência: Teoria e aplicações metodológicas. 1ed.Santa Maria: FACOS-UFSM, 2019, v. 1, p. 68-90.

OCALAN, Taylan et al . Accuracy Investigation of PPP Method Versus Relative Positioning Using Different Satellite Ephemerides Products Near/Under Forest Environment. Earth Sci. Res. J., Bogotá , v. 20, n. 4, p. D1-D9, Dec. 2016.

PIRTI, A., et al. AN ALTERNATIVE METHOD FOR POINT POSITIONING IN THE FORESTED AREAS. Sumarski List, 140, 155-163, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPOÁ. Plano Municipal da Mata Atlântica de Itapoá-SC, 2019. Disponível em: https://static.fecam.net.br/uploads/752/arquivos/1227921_PMMA_Itapoa.pdf.. Acesso em 17/09/2020

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. Plano Municipal e Recuperação da Mata Atlântica Apêndice I - Diagnóstico. Joinville, 2018. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/wpcontent/uploads/2019/04/Ap%C3%AAndice-I-Diagn%C3%B3stico-Completo-Plano-Municipalde-Conserva%C3%A7%C3%A3o-e-Recupera%C3%A7%C3%A3o-da-Mata-Atl%C3%A2nticaPMMA-2018.pdf>. Acesso em 17/09/2020.

RIBEIRO, E. A. W. Cadernos de Biogeografia: Técnicas de mensuração em espécies arbóreas. 1. ed. Presidente Prudente: Azimute, 2011. 51 p. Brasil/Português; Meio de divulgação: Digital; Website: www.geosaude.com; Série: 1; ISBN: 9788560066032

ROBINSON, A. H. Elements of cartography. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1960

RPPN Reserva Volta Velha - Pe. Piet van der Aart. Plano de Manejo, 2018. Disponível em https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-demanejo/plano_de_manejo_rppn_volta_velha.pdf. Acesso em 17/09/2020.

SCARANO, F.R. Structure, function and floristicrelationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. Annals of Botany 90:517-524, 2002.

SDS. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: ENGEMAP, 2013, p. 202, Documento Digital.

SILVA, P. R.; RIBEIRO, E.; SERPE, B.; MATAALLANA, G.; MEIRA, E. .; MATTEDI, M.; GAIA, C.; SPIESS, M.; LUDWING, L.; CASTRO, C.; GUIMARÃES, P. .; MARTINS, A. Transferência de Tecnologia para Monitoramento Ambiental por Drone em Aterros Sanitários Regulados e Recursos Hídricos no Vale do Itajaí – SC. Metodologias e Aprendizado , v. 2, p. 52 - 57, 9 jun. 2020.

TADDIA, Y. et al. Coastal Mapping Using DJI Phantom 4 RTK in Post-Processing Kinematic Mode. Drones, 4, 9, 2020.

THOMAS, W. Wayt et al . Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma área transicional de Floresta Atlântica no sul da Bahia, Brasil. *Rev. bras. Bot.*, São Paulo , v. 32, n. 1, p. 65-78, Mar. 2009.

TOMAŠTÍK, J. et al. Horizontal accuracy and applicability of smartphone GNSS positioning in forests. *Forestry*, n. 90, 2017, p. 187-198.

TORRESAN, C .; et al. Individual Tree Crown Segmentation in Two-Layered Dense Mixed Forests from UAV LiDAR Data. *Drones* , 4 , 10, 2020.

UYSAL, M.; et al. DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539–543, 2015.

VIANA, D. C. Análise da qualidade cartográfica de MDS e MDE gerados por VANT e refinados com uso de dados GNSS RTK. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2017.

WALLACE, L.; et al. Assessment of Forest Structure Using Two UAV Techniques: A Comparison of Airborne Laser Scanning and Structure from Motion (SfM) Point Clouds. *Forests* 2016, 7, 62.