



Inventário florestal de palmáceas na Amazônia com o emprego de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA)

Evandro Orfanó Figueiredo¹, Symone Maria de Melo Figueiredo², Marcus Vinício Neves d'Oliveira³

¹Doutor em Ciências Florestais e pesquisador da Embrapa Acre (evandro.figueiredo@embrapa.br),

²Doutora em Ciências Florestais e professora de geoprocessamento da Universidade Federal do Acre (symone.figueiredo@ufac.br), ³Doutor em Manejo Florestal e pesquisador da Embrapa Acre (marcus.oliveira@embrapa.br).

RESUMO: *As aeronaves remotamente pilotadas (RPA), também conhecidas como “drones”, apresentam uma forte expansão de uso nas engenharias, principalmente, com a popularização das aeronaves classe III, cujo peso total é inferior a 25 kg. Os trabalhos de inventário florestal de palmáceas por meio da fotogrametria digital obtidas com voos semiautônomos de RPAs foram desenvolvidos em uma unidade de produção (UPA) de 134 hectares na Reserva Extrativista Chico Mendes, no município de Brasiléia, estado do Acre. O experimento foi realizado nos ecossistemas de floresta de terra firme e de várzea e, nos ambientes computacionais, 2D (ortofoto) e 3D (nuvem de pontos - XYZ), com um arranjo experimental de parcelas aleatórias. A geolocalização das palmeiras em cada ambiente experimental foi comparada com a verdade de campo e submetidas a ANOVA e as médias contrastadas pelo teste de Tukey (5%). Em todos os tratamentos foi possível obter excelentes resultados de georreferenciamento de estirpes. O mesmo método testado para a geolocalização de palmeiras também pode ser replicado para o inventário de árvores dominantes e codominantes, visto que a morfometria da copa das palmáceas (pequeno diâmetro de copa) consiste num procedimento de localização mais complexo que as árvores de maior dominância no dossel.*

Palavras-chave: drones, ortofotos, geolocalização, nuvem de pontos

1. Introdução

O uso da fotogrametria digital a partir de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP/RPA) surge como uma alternativa viável para realização de inventários florestais, em distintas tipologias de florestas nativas ou em sistemas de plantios florestais (Luz, 2015). A fotogrametria digital com RPAs alia praticidade de coleta de dados e baixo custo, principalmente, quando se emprega os modelos de aeronaves da Classe III, com peso máximo de 25 kg (Anac, 2017). Por meio da fotogrametria, é possível fazer o georreferenciamento e morfometria de copa das árvores dominantes e codominantes utilizando ortofotos de alta resolução (melhor que 7 cm) e nuvem de pontos (XYZ) de elevada densidade (Figueiredo et al., 2016b).



O objetivo do estudo foi avaliar a efetividade do uso das ortofotos e nuvem de pontos para a contagem e georreferenciamento de palmáceas nos ambientes de terra firme e várzea.

2. Material e Métodos

A opção de inventariar as palmáceas, está em função da maior dificuldade das imagens aéreas e da nuvem de pontos de modelar e registrar essa forma de vida, portanto, georreferenciar árvores dominantes é uma tarefa relativamente mais simples.

Os estudos foram realizados em uma área de 134 hectares no Seringal Filipinas, na Reserva Extrativista Chico Mendes (RESEX Chico Mendes), município de Brasiléia, no estado do Acre. Para coleta das fotos aéreas foi utilizada uma RPA multirrotor da fabricante *SZ DJI Technology CO.LTD*, modelo Phantom 4 Pro (classe III) (Figueiredo et al., 2016a).

O plano de voo foi semiautônomo a 120 metros de altitude em relação ao dossel, velocidade de 36 km/h, com *overlap* lateral de 81,7% e longitudinal de 87,15%. Para a execução em campo desse plano de voo foram necessários 40 min de missão e três trocas de baterias. Simultaneamente ao voo, foram obtidos três pontos de controle no solo com GNSS L2 e tempo de apropriação de 1 h, tendo com base de referência a estação RIOB 93911 da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GNSS. Os dados coletados foram processados do software *Pix4D Mapper Pro* (Figueiredo et al., 2016b).

O arranjo experimental foi de parcelas totalmente aleatórias, em quatro distintos tratamentos, sendo dois tratamentos em um ambiente 2D (ortofotos), considerando a floresta de terra firme e de várzea e dois tratamentos em um ambiente 3D (nuvem de pontos no formato LAS 1.2), considerando os dois tipos florestais. Cada parcela teve área de 5000 m² no formato de 40 x 125 m, com 10 repetições.

Para o centro da copa de cada palmeira foi atribuída uma coordenada geográfica no software SIG para o 2D e na nuvem de pontos foi repetido o mesmo processamento de georreferenciamento. Os dados de estirpes georreferenciados de cada tratamento foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%) (Statgraphics, 2006).



A partir das ortofotos e nuvem de pontos geradas foram realizadas conferências de verdade de campo de geolocalização com GNSS L1 pós-processado, visando apropriar uma coordenada de cada palmeira em todas as parcelas do estudo.

3. Resultados e Discussão

Como resultado da fotogrametria digital foi obtida uma ortofoto da área florestal com GSD (*Ground Sampling Distance*) de 5,19 cm (Figura 1), tendo erro médio de geolocalização de 6,2 cm em X; 12,05 cm em Y e 62,54 cm em Z (base de referência RBMC/Rio Branco). A nuvem de pontos apresentou densidade média de 114 pontos.m⁻² e o erro de geolocalização foi o mesmo da ortofoto. Em 100% dos casos de verdade de campo foi possível localizar as palmeiras da amostra.

FIGURA 1. Ortofoto da floresta com GSD de 5,19 cm, projeção UTM (Zona 19L) e sistema de referência SIRGAS2000. Brasília, Reserva Extrativista Chico Mendes, 2017.



Inicialmente, durante o trabalho de verdade de campo, tentou-se apropriar as coordenadas geográficas das palmeiras com um GNSS L2 pós-processado, porém o dossel muito fechado não permitiu a fixação adequada de um ponto. Daí, optou-se pela utilização de GNSS L1 pós-processado de alta sensibilidade. O emprego da frequência L1 é



provavelmente uma fonte de viés, porém não foi impeditivo para a localização dos estipes das palmeiras, visto que o erro médio das coordenadas com o pós-processamento ficou abaixo de 10 cm.

Para a floresta de terra firme no ambiente 2D (ortofoto) foram localizadas 2,2 palmeiras.ha⁻¹ ($\pm 0,433$) e na nuvem 3D foi 1 palmeira.ha⁻¹ ($\pm 0,223$). Na floresta de várzea foram localizadas 30,6 palmeiras.ha⁻¹ ($\pm 3,441$) e no ambiente 3D (nuvem de pontos) foi 28,2 palmeiras.ha⁻¹ ($\pm 2,994$). Na análise de variância, o teste de Fischer apontou haver diferença entre os tratamentos. E os contrastes das médias por Tukey (5%) revelou a formação de dois grupos homogêneos, sendo a floresta de terra firme (2D e 3D) e o outro grupo, a floresta de várzea (2D e 3D).

Não se observou diferença de estatística entre os ambientes 2D (ortofoto) e 3D (nuvem de pontos), porém, tanto em floresta de várzea como em terra firme sempre ocorreu um número maior de estipes georreferenciados na ortofoto, fator considerado de efeito aleatório.

O processamento para obter a nuvem de pontos pela fotogrametria digital tem dificuldades de representar as palmeiras com copas menores de quatro metros de diâmetro, enquanto na ortofoto é possível visualizar com nitidez pequenas palmeiras com copas menores que dois metros. Em contraponto, no ambiente 3D é plausível localizar palmeiras próximas de clareiras naturais e que estão sob a copa de árvores dominantes.

4. Conclusão

O emprego de RPAs de classe III para obtenção de produtos da fotogrametria digital, consiste em uma ferramenta poderosa para o inventário florestal de nativas, mesmo que as espécies de interesse apresentem pequenas dimensões de copa, com é o caso da maioria dos indivíduos de palmáceas. O uso de ortofotos e nuvem pontos permitem realizar a contagem e o georreferenciamento de indivíduos florestais, com erro de contagem inferior 0,5 árvore.ha⁻¹, proporcionando alta confiabilidade do levantamento.

5. Literatura citada

Agência Nacional de Aviação Civil – Anac. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Regulamento Brasileiro da



Aviação Civil Especial, RBAC-E nº 94. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 03 de maio de 2017, seção 1, p. 52.

Figueiredo, E.O.; Oliveira, M.V.N.; Figueiredo, S.M.M. Uso de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) no planejamento florestal. In: Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, 8^a; International Conference on Sustainable Agriculture, 5^a, 2016, Sinop, MT. Anais das palestras... Sinop: UFMT: Embrapa: UFV, 2016a.

Figueiredo, E.O.; Oliveira, M.V.N.; Locks, C.J.; Papa, D.A. Estimativa do volume de madeira em pátios de estocagem de toras por meio de câmeras RGB instaladas em aeronaves remotamente pilotadas (ARP). Boletim de Pesquisa, Rio Branco, AC: Embrapa Acre, ed.1, 2016b, 39p.

Luz, C.C.D. Avaliação da exatidão absoluta de ortofoto obtida por meio de dados brutos oriundos de veículos aéreos não tripulados (SISVANT). Dissertação, Universidade Federal do Paraná. 118p. 2015.

Statgraphics. Statgraphics Centurion XV: User's guide. StatPoint Inc. EUA, ed.1, 2006. 299 p.