

**Avaliação de metodologia para inventário de Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunb.)
utilizando imagens de veículos aéreos não tripulados (VANT)**

João Vitor Frigeri¹
Raoni W. D. Bosquilia¹
Mauricio Romero Gorenstein¹
Sandra Mara Krefta²

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Dois Vizinhos – PR, Brasil
joaovfrigeri@hotmail.com; {raonibosquilia, mauriciorg}@utfpr.edu.br

²Universidade do Estado de Santa Catarina
Lages – SC, Brasil
sandra_krefta@hotmail.com

Abstract

The forest fragment at UTFPR Campus Dois Vizinhos has the floristic composition, among other species, raisin tree (*Hovenia dulcis* Thunb.). Its population should be controlled and its timber has economic potential and it's used mainly for energy. Among the methods for estimating the total volume of wood in a population, there is the use of drone images. The study aimed to estimate the volume of wood of raisin tree (*Hovenia dulcis* Thunb) using drones images. Individuals of raisin tree have been identified in the picture and it had their crown area measured by vectorization and by measuring the diameters in the north-south and east-west direction in a GIS environment. Subsequently, the pre-selected individuals were found the field through the use of polar coordinates and it had the full height, diameter at breast height and canopy diameters in the north-south and east-west measured. Thus, it was made a Pearson correlation matrix between the variables of the image and field, where there was no correlation between diameter breast height (dbh), total height and field volume with the image. Therefore, it was not possible to do modeling for individuals of raisin tree. Among the factors that may have influenced for that to happen is the spatial resolution of the drone image (0,15x0,18m), possible non-overlapping in the drone images, the time of data collection in the picture and data field, and errors in the assessment process parameter field and GIS. Thus, there is correlation between the variable total height, crown area and volume.

Keywords: Drone; volume; exotic species; timber potential.

1. Introdução

No Estado do Paraná, espécies exóticas invasoras são comumente encontradas nesses fragmentos. No fragmento florestal da UTFPR campus Dois Vizinhos, a espécie exótica uva-do-Japão corresponde a 8,33% da densidade relativa da floresta, sendo sua abundância considerada relativamente alta (GORESTEIN et al, 2010).

Por se tratar de uma espécie exótica invasora, a Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunb.) deve ter sua população controlada, tendo como alternativa seu aproveitamento comercial de madeira, com destaque para finalidade energética.

Para a retirada desta espécie do fragmento e posteriormente comercialização, é necessário estimar sua localização a campo e seu volume total. Neste sentido, diferentes técnicas para obtenção de imagens vêm se desenvolvendo.

Uma nova tecnologia com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) vem tomando espaço no mercado. Os VANTS, em especial os drones, tem como vantagem a fácil mudança do plano de voo durante a obtenção das imagens. Além disso, trata-se de uma tecnologia economicamente mais acessível.

Sendo assim, o objetivo do trabalho é desenvolver e avaliar metodologia para inventário da uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunb.) presente em um fragmento florestal utilizando imagens de drones.

2. Metodologia de Trabalho

O estudo foi realizado em um remanescente de ecótono entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual no município de Dois Vizinhos – PR. A área onde foi realizado o ensaio possui 25ha e foi escolhida por apresentar uma grande abundância de indivíduos da espécie *H. dulcis* (Uva-do-Japão). Esta área está circundada por pastagem, culturas agrícolas e plantio de espécies arbóreas.

No total, foram obtidas 121 imagens do fragmento florestal capturadas por uma câmera não métrica GoPro[®], sem plano de voo definido. Para a criação do mosaico, as imagens foram processadas e como resultado obteve-se uma imagem única da área de estudo. A altura de voo foi de 200 metros realizado no dia 14 de agosto de 2015. A imagem possui resolução espacial de 0,15 x 0,18m.

Utilizou-se uma imagem de satélite World View 2 do ano de 2012, previamente georreferenciada e ortorretificada com resolução espacial de 0,5m para o georreferenciamento do ortomosaico do VANT.

Os indivíduos de uva-do-Japão foram identificados visualmente na imagem em ambiente SIG. Esse processo foi facilitado pelo fato de que esta espécie era a única desprovida de folhas na época do imageamento. Após este processo, levantou-se os seguintes parâmetros:

-Diâmetro de Copa na Imagem: Para a obtenção da variável diâmetro de copa, obtiveram-se duas medidas de diâmetro de copa pela imagem, traçando-se linhas no sentido norte-sul e no sentido leste-oeste sobre a copa do indivíduo (Figura 1)



Figura 1 - Levantamento dos diâmetros de copa no sentido norte-sul e leste-oeste na imagem.

De posse desses diâmetros, calculou-se a área de copa pela fórmula da elipse onde D1 é diâmetro no sentido norte-sul e D2 o diâmetro no sentido leste-oeste (Equação 1)

$$A = \frac{\pi.(D1*D2)}{4} \quad (1)$$

-Área de Copa na Imagem: Foi determinada a área de copa com uso de polígono dos indivíduos de uva-do-Japão. Os indivíduos anteriormente identificados tiveram sua área de copa vetorizada em ambiente SIG (Figura 2).



Figura 2 - Vetorização de área de copa na imagem.

Após as medidas realizadas a campo, realizou-se medida dos seguintes parâmetros a campo: Altura a diâmetro de peito, altura total e diâmetro de copa. O processamento dos dados foi realizado no programa Microsoft Office Excel® 2010 e no programa estatístico R. Se estabeleceu a correlação linear simples de Pearson entre as variáveis de campo e as da imagem, a 1% e a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que, para o ajuste das equações, é necessário que haja correlação entre as variáveis. Como não houve correlação, não foi possível efetuar a modelagem.

3. Resultados e Discussão

O levantamento dos indivíduos de uva-do-Japão na trilha da UTFPR resultou num total de 58 árvores. Este número não representa o número total de indivíduos na trilha, uma vez que da perspectiva da imagem alguns indivíduos podem estar recobertos por outras copas. Além disso, a seleção dos indivíduos se deu por caráter seletivo, priorizando aqueles que possam ser identificados facilmente na imagem e a campo, conforme sugerido por Oliveira (1983)

Após o levantamento das árvores foram obtidos os diâmetros no sentido Norte-Sul e no sentido Leste-Oeste, e em seguida calculou-se a área de copa dos indivíduos (Tabela 1). Além disso, utilizou-se um método de obtenção direta da área de copa na imagem, a partir da vetorização da copa dos indivíduos de *Hovenia dulcis* Thunb.

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos para as variáveis medidas na imagem de *Hovenia dulcis* Thunb.

| Variável | Média | Mínimo | Máximo |
|--|-------|--------|--------|
| D n/s (m) | 6,20 | 4,23 | 9,12 |
| D l/o (m) | 5,97 | 3,37 | 8,04 |
| Área de Copa (pelos diâmetros) (m ²) | 29,55 | 15,55 | 52,35 |
| Área de Copa (vetorizada) (m ²) | 32,77 | 20,94 | 56,67 |

Onde: D n/s= diâmetro no sentido norte-sul em metros; D l/o= diâmetro no sentido leste-oeste em metros; m=metros; m²= metros quadrados

Com base nos indivíduos levantados na imagem, realizou-se levantamento de altura total, DAP e diâmetro de copa no sentido norte-sul e leste-oeste a campo (Tabela 2). Por se tratar de uma imagem georreferenciada, todos indivíduos de *Hovenia dulcis* possuem coordenadas conhecidas.

Tabela 2- Valores médios, mínimos e máximos para as variáveis medidas a campo de *Hovenia dulcis* Thunb.

| Variável | Média | Mínimo | Máximo |
|--------------------------------|-------|--------|--------|
| D n/s (m) | 6,64 | 4,39 | 9,2 |
| D l/o (m) | 6,37 | 4,20 | 8,6 |
| Área de Copa (m ²) | 33,74 | 16,16 | 62,14 |
| Altura total (m) | 20,06 | 7,2 | 29,0 |
| DAP (cm) | 27,46 | 8,91 | 38,8 |

Onde: D n/s= diâmetro no sentido norte-sul em metros; D l/o= diâmetro no sentido leste-oeste em metros; DAP=diâmetro a altura de peito em centímetros;

Para a elaboração da tabela de correlação linear, ajustou-se uma equação de volume com base no DAP obtidos, obtendo-se um $R^2 = 0,9797$ e $Syx(\%) = 9,04$ (Equação 2)

$$V = -0,0517158 + 0,0007756 \cdot DAP^2 \quad (2)$$

Ao se obter a correlação linear simples pelo método de Pearson entre as variáveis de campo (Tabela 3), é possível perceber que o DAP possui correlação com a altura (h), Área de Copa e volume.

As correlações positivas entre o DAP e altura indicam que á medida que se aumenta o DAP, a altura total da uva-do-Japão também aumenta. Tonini & Verde (2005) constataram correlação positiva para as espécies Castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*), Ipê-Roxo (*Tabebuia avellanedae*) e Jatobá (*Hymenaea courbaril*). Além disso, Krefta (2014) observou correlação de 0,74 entre as variáveis h e DAP para espécie Angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), valor semelhante encontrado para a espécie *Hovenia dulcis*.

Nota-se que existe correlação do DAP com diâmetro no sentido norte-sul, entretanto não há correlação do DAP com diâmetro no sentido leste-oeste. Tonini & Verde(2005) assumindo que as espécies Castanha-do-Pará, Ipê-Roxo e Jatobá possuem copa circular, encontraram correlação do DAP com o diâmetro de copa das espécies. Entretanto, o a espécie andiroba (*Carapa guianensis*) não apresentou correlação.

De forma geral, as características relacionadas à copa possuem maior correlação com o DAP do que a altura, conforme observado na Tabela 3. Para a espécie *Hovenia dulcis*, não há correlação entra a altura total com a área de copa. Durlo (2005) atribui ao fato de que algumas espécies, diante a concorrência, possuem maior reação em diâmetro (DAP) do que em altura.

Tabela 3 - Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis de campo e da imagem dos indivíduos de *Hovenia dulcis* Thunb, Dois Vizinhos, Paraná.

| | | CAMPO | | | | | |
|--------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| | | DAP | h | D(ns) | D (lo) | Área de Copa | Vol |
| CAMPO | DAP | - | | | | | |
| | h | 0.75* | - | | | | |
| | D(ns) | 0.64* | 0.45 ^{ns} | - | | | |
| | D (lo) | 0.56 ^{ns} | 0.32 ^{ns} | 0.53 ^{ns} | - | | |
| | Área de Copa | 0.65* | 0.39 ^{ns} | 0.90* | 0.83* | - | |
| IMAGEM | Vol | 0.98* | 0.70* | 0.65* | 0.51 ^{ns} | 0.64* | - |
| | D (ns) | 0.55 ^{ns} | 0.40 ^{ns} | 0.81* | 0.60* | 0.83* | 0.53* |
| | D (lo) | 0.22 ^{ns} | 0.03 ^{ns} | 0.51* | 0.37 ^{ns} | 0.51* | 0.23 ^{ns} |
| | Área de Copa (p/diâmetro) | 0.46 ^{ns} | 0.25 ^{ns} | 0.89* | 0.60* | 0.83* | 0.45 ^{ns} |
| | Área de Copa (vetorizada) | 0.42 ^{ns} | 0.34 ^{ns} | 0.72* | 0.64* | 0.80* | 0.40 ^{ns} |

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito; h = altura total; D (ns) = diâmetro de copa no sentido norte-sul; D (lo) = diâmetro de copa no sentido leste-oeste; * = significativo 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Como observado na Tabela 3, os valores de Área de Copa a campo possuem correlação com área de copa pelos diâmetros e área de copa vetorizada da imagem.

Lima Neto et al (2012), ao comparar método convencional para obtenção da área de copa com o método de vetorização da área de copa em ambiente SIG em Curitiba-PR, observou que na Rio Grande do Sul o total da área de copa pelo método convencional foi de 835,64 m² enquanto que em ambiente SIG foi de 336,71 m². Tal diferença (de 37,49%) pode ter ocorrido pelo fato que na área houve sobreposição e entrelaçamento de copa, erros na mensuração dos inventários convencionais ou em ambiente SIG.

Também é possível perceber na Tabela 3 que não há correlação entre a área de copa estimada com os diâmetros e área de copa vetorizada da imagem com o volume individual da espécie uva-do-Japão (*Hovenia dulcis*). Há vários fatores que possam ter influenciado, especialmente a qualidade da imagem do drone (tamanho do pixel).

Observa-se que a área de copa a campo teve correlação positiva com o volume e DAP. Entretanto áreas de copa obtidas na imagem não possuem correlação com o volume e DAP.

De acordo com Pouliot et al (2002) a redução da resolução espacial da imagem dificulta a distinção da borda da copa e conseqüentemente a tornando difícil de mensurar. Ao analisar imagens com resolução espacial de 5, 10, 15 e 30 cm, se observou que imagens com resolução de 5 e 10 cm não diferem na delimitação da área de copa. Entretanto, imagens de 15 cm resultaram em superestimação de diâmetros de copa.

Conforme a Tabela 3, não há correlação entre as variáveis diâmetro de copa leste-oeste na imagem e diâmetro de copa leste-oeste a campo, entretanto há alta correlação entre os diâmetros de copa norte-sul na imagem e a campo. Dados sobre o voo mostram que o sentido de voo foi norte-sul o que pode ter gerado menor recobrimento lateral das imagens coletadas (sentido leste-oeste).

Analisando-se os dados do voo, percebeu-se que os recobrimentos longitudinais (na linha de voo) foram superiores à 60%, porém quando se avaliou os recobrimentos laterais entre as linhas de voo, observou-se um recobrimento lateral bem abaixo dos 30%, podendo, esse fato, ter sido fundamental para explicar a falta de correlação entre os diâmetros de copa leste-oeste entre campo e imagem.

A câmera utilizada para captura das imagens foi GoPRO® não métrica. Hummes & Kirchner (2002) enumeram alguns aspectos a serem considerados ao se trabalhar com câmeras não métricas. Sendo que a primeira limitação quanto ao uso é a pequena área de cobertura do terreno, ou seja, serão necessários maior número de fotos capturas para recobrir uma área. Um outro aspecto a ser considerado é quanto a resolução espacial dessas câmeras, que de forma geral possuem baixa resolução espacial.

Conclusão

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir não houve correlação entre a área de copa da imagem com o volume, sendo assim não foi possível realizar o inventário de *Hovenia dulcis* utilizando uma imagem de VANT sem plano de voo e pontos de controle de campo.

A área de copa a campo teve correlação positiva com o DAP e volume, entretanto área de copa, DAP e altura total não tiveram correlação com a área de copa da imagem. Deste modo, nenhum modelo foi testado para estimativa do volume, diâmetro a altura do peito e altura a campo a partir dos dados da imagem.

Mesmo assim, há um grande potencial para o uso de imagens de drones na Engenharia Florestal. Novos estudos devem ser realizados levando em consideração a resolução espacial e

o recobrimento lateral das imagens capturadas a fim de serem aprimorados os métodos propostos no presente trabalho.

Referências Bibliográficas

GORENSTEIN, M. R. et al. ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA COMUNIDADE ARBÓREA NA TRILHA ECOLÓGICA DA UTFPR, CAMPUS DOIS VIZINHOS ATRAVÉS DO MÉTODO DE QUADRANTES. **Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária-Ciências Agrárias, Animais e Florestais**, 2010.

HUMMES, Ana Paula; KIRCHNER, Flávio Felipe. Estimativa volumétrica de árvores individuais de *Pinus taeda* L. utilizando aerofotos de câmera digital de pequeno formato calibrada. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2763 - 2770. Disponível em <http://mart.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.12.08.08/doc/19_070.pdf> Acesso em 20 Out. 2016.

KREFTA, Sandra Mara.

LIMA NETO, Everaldo Marques de et al. Fotografias aéreas para mensuração da área de copa das árvores de ruas de Curitiba-PR. 2012. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 577 - 586, jul./set. 2012.

OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros de. **Correlações entre parâmetros dendométricos em Araucaria angustifolia, utilizando fotografias aéreas**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Curitiba, PR. 1980.

POULIOT, D. A. et al. Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration. **Remote Sensing of Environment**, v. 82, n. 2, p. 322-334, 2002.

TONINI, Helio; VERDE, Marcelo Francia Arco. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.