



MODELAGEM VOLUMÉTRICA DE ANDIROBA (*Carapa guianensis*) EM FLORESTA DE VÁRZEA, AMAZÔNIA, BRASIL

Tainara Samilly Barros de Oliveira¹, Lorena Sousa Melo¹, Rodrigo Galvão Teixeira
de Souza¹, Robson Borges de Lima¹, Jadson Coelho de Abreu¹

¹ Universidade do Estado do Amapá, Macapá, AP, Brasil. E-mail: Tainarasamilly1311@gmail.com; lorenamelou.ueap@gmail.com; rodrigossouza55@hotmail.com; robson.lima@ueap.edu.br; jadson.abreu@ueap.edu.br
Autora correspondente: Tainara Samilly Barros de Oliveira. E-mail: Tainarasamilly1311@gmail.com.

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de comparar diferentes modelos volumétricos para estimar o volume de *Carapa guianensis* em floresta de várzea estuarina. Os dados foram coletados em uma área de floresta ombrófila densa aluvial (Várzea) que está localizada na região norte do arquipélago de Gurupá no distrito de Itatupã- PA. Foi realizado a cubagem rigorosa de 11 árvores caídas de *Carapa guianensis* por meio da fórmula de Smalian. Após a obtenção do volume (v), diâmetro a 1,30 do solo (D) e altura do fuste (h_f) foram ajustados 4 modelos volumétricos e comparados por meio dos critérios estatísticos mais utilizados. Após a análise de dados o modelo Schumacher-Hall apresentou as melhores estatísticas para estimativa do volume de *Carapa guianensis*.

Palavras-chave: Equação de volume; florestas nativas; Schumacher e Hall

VOLUMETRIC MODELING OF ANDIROBA (*Carapa guianensis*) IN LOWLAND FOREST, AMAZONIA, BRAZIL

ABSTRACT

Carapa guianensis in estuarine floodplain forest. Data were collected in an area of dense alluvial rain forest (Várzea) which is in the northern region of the Gurupá archipelago in the district of Itatupã-PA. A rigorous scaling of 11 fallen trees of *Carapa guianensis* was carried out using the Smalian formula. After obtaining the volume (v), diameter at 1.30 from the ground (D) and stem height (h_f), 4 volumetric models were adjusted and compared using the most used statistical criteria. effective. After data analysis, the Schumacher-Hall model presented the best statistics for estimating the volume of *Carapa guianensis*.

Key words: Volume equation; native forests; Schumacher and Hall



INTRODUÇÃO

A região amazônica concentra uma das maiores biodiversidades do planeta, convergindo com uma variabilidade de espécies endêmicas em uma localidade, despertando a importância da sua conservação. A floresta amazônica tem uso múltiplo, pois além de produção madeireira, tem utilização não madeira para diversos fins comerciais. Para isto, a execução dos inventários florestais, é necessário para definir a unidade de medida em que o volume será expresso, bem como o diâmetro mínimo de inclusão das árvores e a forma de obtenção das estimativas (Soares *et al.*, 2011).

Os rios e lagos da hileia são muitas vezes acompanhados por faixas de terrenos baixos, sujeitos a inundação durante um determinado período de cada ano. Essas terras baixas são chamadas várzeas e a florestas que as cobre se chama "mata de várzea", em contraste com a "mata da terra-firme". As terras baixas da zona costeira da hileia e do grande estuário amazônico são inundadas pela repercussão dos mares atlânticos. A "mata" dos lugares mais baixos, diariamente inundada, aproxima-se do igapó e a dos lugares mais altos, inundados somente pelas marés grandes, assemelha-se à da várzea de outras partes da região (Ducke & Black, 1954).

A andirobeira (*Carapa guianensis*) é uma espécie florestal de uso múltiplo, ou seja, é uma espécie madeireira; usada para a construção civil, naval e como combustível (Nascimento, 2011). No entanto, algumas técnicas simples são precisas para o dia a dia. Quando se trata de floresta de várzea, a quantificação do volume é influenciada por fatores peculiares desta tipologia, os quais dificultam a estimativa do volume.

A utilização da análise de regressão é um dos métodos de quantificação do volume de madeira de árvores em pé, sendo comumente utilizada como instrumento para quantificar ou estimar medidas de interesse em um povoamento florestal (Baima *et al.*, 2001). Desta forma, a análise de regressão pode ser utilizada com intuito de estabelecer uma base sólida para elaboração de planos de manejo, por meio de equações de volume devidamente ajustadas às características do povoamento objeto de manejo. Tornou-se prática o uso de equações de volume em inventários florestais para estimativas a partir de diâmetro a 1,30 (D) e altura (H) das árvores. É de suma importância a quantificação da produção volumétrica dessa espécie, pois é o método mais preciso utilizado para estimar o volume de uma árvore em pé, em oposição ao método fator de forma e quociente de forma. Sendo assim, as equações de volumes são as ferramentas mais utilizadas para esse fim.

Este trabalho teve como objetivo o teste de diferentes modelos volumétricos para estimativa do volume de *Carapa guianensis* em floresta de várzea estuarina.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram levantados de um inventário florestal de uma área de várzea no estuário amazônico que é denominado por "Rio Chato", essa área de estudo se encontra no interior da

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

cidade de Gurupá-PA, mais precisamente dentro do distrito de Itatupã, PA. O “Rio Chato” contém 54 hectares e suas coordenadas são 0°32’54.68” S e 51°15’11.10” O. O clima da região é equatorial, sendo quente e úmido, contendo uma época mais chuvosa, costumeiramente chamado de inverno amazônico, e um período menos chuvoso, conhecido como verão amazônico, sendo assim características da região amazônica. Foi realizada a cubagem de 11 árvores caídas (árvores-amostras) de *Carapa guianensis*, seguindo o método de Smalian.

Nesse trabalho foram analisados os modelos volumétricos constantes na Tabela 1, para comparação da acurácia dos modelos e distinguir qual obteve melhor desempenho em estuário amazônico.

Tabela 1. Modelos volumétricos utilizados no estudo

Número	Modelo
1	$v_i = \beta_0 + \beta_1(D^2 h_f)_i + \varepsilon_i$ (Spurr)
2	$\ln v_i = \beta_0 + \beta_1(D^2 h_f)_i + \varepsilon_i$
3	$\ln v_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(D^2 h_f) + \varepsilon_i$ (logarítmico de Spurr)
4	$\ln v_i = \beta_0 + \beta_1 \ln D_i^2 + \beta_2 \ln h_{f_i} + \ln \varepsilon_i$ (Schumacher – Hall)

Em que: v = volume (m³); h_f = altura do fuste (m); D = diâmetro à 1,30 m do solo (cm); ln = logaritmo neperiano; β₀, β₁ e β₂ = parâmetros; ε_i = erro aleatório

Os critérios usados para determinar o melhor modelo de volume foram: o coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj}); erro padrão da estimativa (S_{yx}) e análise gráfica dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 2, observa-se que os modelos testados apresentam variações em seus parâmetros estatísticos, com valores de coeficientes de determinação ajustados (R²_{aj}), variando entre 0,900646763 e 0,975365833 e o erro padrão da estimativa (S_{yx}) apresentou diferença entre os modelos.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros e critérios estatísticos dos modelos testados para estimativa de volume

Modelo	Estimativas dos Parâmetros			Critérios estatísticos	
	b ₀	b ₁	b ₂	R ² _{aj}	S _{yx}
1	0,099509877	1,92081.10 ⁻⁵		0,900646763	0,642709608
2	-2,41714517	5,39023.10 ⁻⁵		0,601420052	0,983550958
3	-9,634261851	0,906551887		0,958331687	0,782849378
4	-8,70867763	2,208862862	0,128177718	0,975365833	0,202654416

Em qu: R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}= erro padrão da estimativa (%)

As estimativas volumétricas podem ser obtidas por meio de fatores de forma, quociente de forma, equações de volume, equações de múltiplos volumes ou de afilamento (Burkhart & Tome, 2012; Campos & Leite, 2017). Porém, para estimar o volume é mais habitual que se utilize equações volumétricas, que têm sido utilizadas em estudos comparativos juntamente com aplicações de ferramentas da inteligência artificial, haja vista os bons resultados obtidos em alguns trabalhos na ciência florestal, dada à sua flexibilidade no treinamento e modelagem das relações entre variáveis, capacidade de aprendizado de informações de um conjunto

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

de dados e a generalização desse aprendizado para dados desconhecidos (Binoti *et al.*, 2016; Bonete *et al.*, 2019; Abreu *et al.*, 2020)

Diante dos resultados obtidos, a equação ajustada por meio do modelo de Schumacher-Hall apresenta o R^2_{aj} mais elevados, dando a entender que foi o que mais apresentou as melhores estatísticas para estimativa do volume de *Carapa guianensis* em floresta de várzea estuarina. Os modelos encontrados, embora sejam úteis, apresentam bons resultados, só não foram melhores que Schumacher-Hall, porém obtiveram bons resultados. Na Figura 1 são apresentados os gráficos da distribuição dos resíduos dos modelos testados.

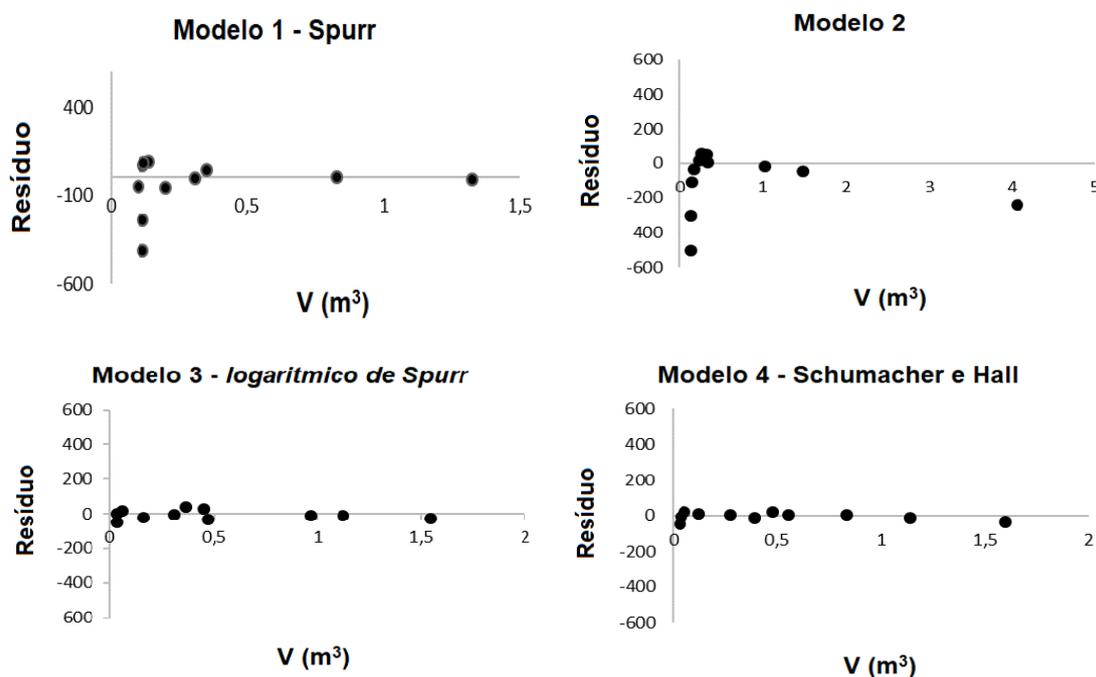


Figura 1. Distribuição gráfica dos resíduos dos modelos testados

CONCLUSÃO

Dentre os quatro modelos testados para estimativa do volume de *Carapa guianensis* em floresta de várzea estuarina, o que apresentou melhor resultado estatisticamente, foi o modelo Schumacher-Hall.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, J. C.; Soares, C. P. B.; Leite, H. G.; Binoti, D. H. B.; Silva, G. F. Alternatives to estimate the volume of individual trees in forest formations in the state of Minas Gerais-Brazil. *Cerne*, v.26, n.3, p.393-402, 2020. <https://doi.org/10.1590/01047760202026032728>.

Baima, A. M. V.; Silva, S. M. A.; Silva, J. N. M. Equações de volume para floresta tropical de terra firme em Moju, PA. In: Silva, J.N.M.; Carvalho, J. O. P. de; Yared, J. A. G. (Eds.). **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa-DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p.367-392. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185401/1/Equacoes-de-volume.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2023.

Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. D. S.; Leite, H. G.; Andrade, A. V.; Nogueira, G. S.; Romarco, M. L.; Pitangui, C. G.. Support vector machine to estimate volume of eucalypt trees. *Revista Árvore*, v.40, n.4, p.689-693, 2016. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400012>.

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Bonete, I. P.; Arce, J. E.; Figueiredo Filho, A.; Retslaff, F. A. S.; Lanssanova, L. R. Artificial neural networks and mixed-effects modeling to describe the stem profile of *Pinus taeda* L. **Floresta**, v.50, n.1, p.1123-1132, 2019. <https://doi.org/10.5380/rf.v50i1.61764>.

Burkhardt, H. E.; Tomé, M. **Modeling forest trees and stands**. Dordrecht: Springer, 2012. 458p. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3170-9>.

Campos, J. C. C.; Leite, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 5.ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 636p.

Ducke, A.; Black, G. A. **Notas sobre a fitogeografia da Amazônia Brasileira**. Belém: Instituto Agronômico do Norte, 1954. 62p. (Instituto Agronômico do Norte. Boletim Técnico, 29). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116569/1/BOLETIM-TECNICO-29.pdf>. Acesso em: 29 Mar. 2023.

Nascimento, E. S. **Levantamento dos conhecimentos etnobotânicos de comunidades ribeirinhas do estuário amapaense**. 2011. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Amapá, Macapá, 2011.

Soares, C. P. B.; Paula Neto, F.; Souza, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272p.