



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ - UFOPA  
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS  
ENGENHARIA FLORESTAL**

**WALLACE CAMPOS DE JESUS**

**MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA *Bertholletia excelsa***

**Bonpl. EM POVOAMENTOS EXPERIMENTAIS NO OESTE  
DO PARÁ**

Santarém

Dezembro de 2019

**WALLACE CAMPOS DE JESUS**

**MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA *Bertholletia excelsa***

**Bonpl. EM POVOAMENTOS EXPERIMENTAIS NO OESTE**

**DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Florestal para a obtenção grau de Bacharel em Engenharia Florestal; Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas

**Orientador:** Rafael Rode

Santarém

Dezembro de 2019

ii

**WALLACE CAMPOS DE JESUS**

**MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA *Bertholletia excelsa***

**Bonpl. EM POVOAMENTOS EXPERIMENTAIS NO OESTE**

**DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do título Bacharel Engenharia Florestal, no Instituto de Biodiversidade e Florestas, da Universidade Federal do Oeste do Pará.

**Orientador:**Rafael Rode

Data de aprovação: 11 de dezembro de 2019.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Dr. Rafael Rode (Presidente/Orientador)

---

Dr. Everton Cristo de Almeida (1º Examinador)

---

Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Junior (2º Examinador)

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Domingos de Jesus e Adenilza Barbosa Campos e meu cônjuge Daiana Mara Maia, por acreditarem em mim, dando-me forças nos momentos difíceis dessa jornada.

## AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu pai eterno por ter me guiado, iluminado e por me dar forças para seguir em frente com meus objetivos e não desanimar nos momentos difíceis dessa caminhada.

Agradeço também a minha família, principalmente aos meus pais que sempre me apoiaram e incentivaram, sempre frisando a importância do estudo, mesmo eles não tendo a mesma oportunidade no passado.

Agradeço a meu cônjuge, Daiana Mara Maia, essa pessoa que a vida escolheu para ser minha companheira, com quem passei e passarei muitos momentos de felicidades e que esteve comigo no momento mais difícil da minha vida quando fracturei a perna em um grave acidente.

Agradeço ao meu amigo Jobert, o qual tive mais afinidade desde o começo dessa jornada, que compartilhou comigo essa alegria que é torcer pelo Flamengo, mais também sempre me ajudou nos trabalhos acadêmicos e partilhou vários momentos não só de vida acadêmica, mas também momentos fora da Universidade.

Agradeço também a minha equipe de coleta (Jobert, Marina, Ademir, Ingridy, Armando e o técnico José Nildo), e a todos os colegas, com quem vivenciei momentos de estudo e tensão, como na temida prova final de Física e Secagem da Madeira, no decorrer desta jornada.

Ao meu orientador Rafael Rode, que me ajudou na realização deste trabalho e restaurou minha confiança nos momentos difíceis.

## SUMÁRIO

<b>1.Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Material e Métodos .....</b>	<b>11</b>
2.1. Caracterização da área de estudo .....	11
2.2. Coleta e processamento de dados .....	12
<b>3. Resultados e discussão.....</b>	<b>14</b>
<b>4. Conclusão .....</b>	<b>21</b>
<b>5. Referências bibliográficas.....</b>	<b>22</b>

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo o ajuste de equações de volume para a espécie (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) (Castanheira) em dois povoamentos experimentais no oeste do Pará, nos municípios de Belterra e Prainha. Os plantios estudados foram instalados na década de 70, sendo a área de Belterra com 45 anos, plantada no espaçamento 4 x 4 m e, Prainha, com 40 anos, no espaçamento 5 x 5m. Foram selecionadas 45 árvores amostra de melhor representatividade quanto à variação dos diâmetros e qualidade visual dos fustes (livres de bifurcações, defeitos ou degradações), sendo 20 árvores na área de Belterra e 25 em Prainha. As árvores foram cubadas nas posições de altura (m) 0,1, 0,3, 0,7, 1,3, 2,0 e a cada dois metros até altura comercial, de forma não destrutiva com uso do *dendrômetro Criterion*® RD1000. A partir desses dados foram utilizados 4 modelos volumétricos de dupla e simples entrada, analisando os parâmetros obtidos para cada ajuste, onde observou-se os maiores valores de  $R^2_{aj}$  e menores valores de  $S_{xy}$  e CV%, comparando o volume real com o estimado e análise gráfica dos resíduos. A análise de regressão mostrou estimativas eficientes a espécie para as duas áreas em estudo, destacando os modelos de Spurr para plantio experimental de Belterra e Schumacher-Hal para o plantio experimental de Prainha, apresentando padrões precisos com valores de  $R^2_{aj}$  significativos (0,96; 0,97), CV% baixos (11,29; 21,21),  $S_{yx}$  aceitáveis (0,18; 0,27) e resíduos distribuídos aleatoriamente em torno do eixo, com variações entre  $25,54 \geq \leq -22,07$  e  $27,59 \geq \leq -26,27$ . Portanto conclui-se com este estudo, que a utilização dos modelos matemáticos Schumacher-Hall e Spurr podem ser recomendados para estimativa de volume da espécie (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em florestas plantadas na região Oeste do Pará por apresentar parâmetros de regressão significativos.

**Palavras-chaves:** Produção florestal, Volumetria, Análise de regressão.

## ABSTRACT

This work aimed to adjust volume equations for the species (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) (Castanheira) in two experimental stands in western Pará, in the municipalities of Belterra and Prainha. The studied plantations were installed in the 70's, being the Belterra area with 45 years, planted in 4 x 4 m spacing and Prainha, with 40 years, in 5 x 5 m spacing. Forty-five trees with the best representativeness were selected regarding the variation of the diameters and visual quality of the stems (free of bifurcations, defects or degradations), being 20 trees in the Belterra area and 25 in Prainha. The trees were cubed at height (m) 0.1, 0.3, 0.7, 1.3, 2.0 and every two meters to commercial height, non-destructively using the Criterion® RD1000 dendrometer. From these data, 4 double and single entry volumetric models were used, analyzing the parameters obtained for each adjustment, where we observed the highest values of  $R^2_{aj}$  and the lowest values of  $S_{xy}$  and  $CV\%$ , comparing the actual volume with the estimated and graphical analysis of the two. waste. Regression analysis showed efficient estimates of the species for the two areas under study, highlighting the Spurr models for Belterra and Schumacher-Hal experimental planting for Prainha experimental planting, presenting precise patterns with significant  $R^2_{aj}$  values (0.96; 0.97), low  $CV\%$  (11.29; 21.21), acceptable  $S_{xy}$  (0.18; 0.27) and randomly distributed residues around the axis, ranging from  $25.54 \geq \leq -22.07$  and  $27.59 \geq \leq -26.27$ . Therefore, it is concluded with this study that the use of the Schumacher-Hall and Spurr mathematical models can be recommended for estimating the volume of the species (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) In planted forests in the western region of Pará because it presents significant regression parameters.

**Keywords:** Forest Production, Volume, Regression analysis.

# MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA *Bertholletia excelsa* Bonpl. EM POVOAMENTOS EXPERIMENTAIS NO OESTE DO PARÁ

## 1. Introdução

A floresta Amazônica apresenta grande diversidade de espécies florestais com alto valor comercial, portanto o conhecimento do potencial volumétrico disponível de um povoamento florestal, constitui uma das informações de maior importância, haja vista que o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas, sendo de fundamental importância na tomada de decisões (Thomas et al., 2006).

A Ciência Florestal pode contribuir, efetivamente, na questão do uso adequado e racional das florestas tropicais, minimizando a exploração predatória e desordenada que ocorre na região, manejando adequadamente as florestas nativas da Amazônia e, determinando com precisão a produção florestal, com base em modelos matemáticos para expressar a estimativa do volume de madeira, variável de grande importância no planejamento do uso racional dos maciços florestais, como o manejo e a exploração florestal (Barros et al., 2009).

A castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), pertencente à família Lecythidaceae, é uma espécie arbórea nativa da Amazônia, que tem por habitat as terras não inundáveis. De acordo com Silva et al. (2013), a árvore tem grande importância social e ecológica na Amazônia por ter se tornado um símbolo para a região, apresentando distribuição geográfica bastante ampla e abrangendo as florestas de Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e Guiana.

A busca máxima pela produção e rentabilidade da floresta e a necessidade de quantificação do estoque de matéria prima florestal justificam a busca por ferramentas que possibilitem estimativas precisas do volume comercial das espécies amazônicas

(Thaines et al., 2010). A valorização da madeira e dos produtos florestais e a necessidade do uso social, ecológico e economicamente correto dos recursos florestais nativos e plantado vêm aumentando cada vez mais. Portanto, conhecer o volume de madeira de uma floresta é de extrema importância, pois a preocupação com o planejamento, ordenamento e o uso da madeira, exigem cada vez mais uma maior precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais (Miguel et al., 2010).

Santos et al. (2016) observaram que para proporcionar maior exatidão nas estimativas volumétricas de florestas plantadas, devem-se empregar modelos de regressão para estimar o volume de povoamentos florestais por ser uma técnica de baixo custo e, quando aplicado corretamente, gerar estimativas reais.

De com Tonini e Borges (2015) o uso geral de equações de volume torna-se imprescindível para o planejamento e execução de um plano de manejo florestal, sendo necessário ajustá-las para diferentes espécies, regiões e tipos fisionômicos.

Por essa razão, é essencial buscar a obtenção de maneira confiável de parâmetros biométricos da floresta, para assim predizer e quantificar a estrutura do povoamento, visando subsidiar tomadas de decisões relacionadas ao manejo e à silvicultura. No que se refere às análises quantitativas, a obtenção da variável volume no meio florestal está associada a modelos ajustados de regressão, podendo ser linear (simples ou múltipla) ou não linear (Leite e Rezende, 2010).

Os estudos envolvendo modelos matemáticos para a obtenção de estimativas confiáveis de variáveis de interesse é uma prática comum e bastante difundida nas áreas das ciências exatas e naturais, é importante ressaltar que, apesar da eficiência de alguns modelos, estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições, sendo recomendável testá-los por meio de estatísticas adequadas e identificar o melhor

para cada caso, levando em consideração as informações do plantio, tais como clone, espaçamento, e idade por regime de corte (Campos e Leite, 2013)

A precisão nas estimativas do volume comercial tanto em níveis de árvores, de espécies e de povoamento é fundamental para a tomada de decisões no manejo dos recursos florestais. Em um contexto mais amplo, os estoques de madeira comercial permitem que o valor monetário dos bens e serviços fornecidos pelas florestas seja estimado, norteando decisões silviculturais que proporcionem a máxima produção e rentabilidade da floresta, além de compreender o padrão de crescimento de pontuais espécies em relação a tipologia florestal em que está inserida (Almeida e Schmink, 2018).

Por esse motivo, este trabalho propôs ajustar quatro modelos volumétricos sendo dois de dupla entrada Shumacher-Hall e Spur e dois de simples entrada Husch e Brenac, analisando-se os parâmetros de regressão gerados, julgando suas precisões nas estimativas volumétricas da espécie castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em dois plantio experimentais na região oeste do Pará, nos plantios experimentais da Embrapa e EECU, Municípios de Belterra e Prainha respectivamente.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Caracterização da área de estudo**

A pesquisa foi desenvolvida em duas áreas com plantio experimental com a espécie (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). Uma das áreas localiza-se no Município de Belterra – PA, pertence à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Amazonia Oriental/NAPT Medio Amazonas). A segunda área encontra-se a distância de 140 km da primeira, com localização no município de Prainha-PA, na comunidade Barreirinha onde situa-se a Estação Experimental de Curuá-Una (EECU).

Na área da Embrapa, em Belterra, de acordo com a classificação de Köppen, possui clima do tipo Ami (tropical úmido com variação térmica anual inferior a 5°C, pluviometria anual superior a 1.500 mm, mais de um mês com precipitação inferior a 60 mm) (Alves et al. 2013). As coordenadas geográficas são de 02°38'S de latitude e 54° 57 W de longitude (Yared et al., 2000). A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa, sem excluir áreas com Floresta Ombrófila Aberta e Mista (Brasil, 2012).

A EECU, na comunidade de Barreirinha, Município de Prainha – PA, segundo classificação de Köppen e Geiger o clima é classificado como Ami, com temperatura média de 27.0 °C, e média anual de pluviosidade de 1735 mm e coordenadas 2,5°S e 54,1°W e 2,63°S e 54,02°W. A vegetação predominante na área é do tipo Floresta Ombrófila Densa, sendo que na parte mais baixa há uma transição para Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, vegetação de restinga e Savanóide, com uma mudança brusca no solo saindo de areno argiloso na parte mais alta e arenoso nas áreas mais baixas (Almeida et al., 2018).

## **2.2. Coleta e processamento de dados**

Para ajuste volumétrico, foram selecionadas 45 árvores-amostras com critério de melhores parâmetros morfométricos, levando em consideração a retidão do fuste, formação da copa e isenção de bifurcação. Buscou-se, ainda, selecionar indivíduos que representassem toda a variação diamétrica dos plantios, totalizando 20 indivíduos cubados para plantio experimental da Embrapa com idade de 45 anos e espaçamento 4 x 4m e 25 indivíduos para EECU com idade de 40 anos e espaçamento de 5 x 5m.

Posteriormente, foi realizado a representação gráfica das amostras por classe de diâmetro, distribuindo os plantios em 5 classes diamétricas com amplitude de 10cm de uma para outra.

O volume individual deu-se a partir das medições dos diâmetros das árvores nas posições 0,1, 0,3, 0,7, 1,3, 2,0 m, e assim sucessivamente, de 2 em 2 m, até altura comercial, definida até bifurcação do fuste principal. As árvores foram cubadas em pé (não destrutivo) com uso do dendrômetro Criterion® RD1000, onde foram obtidos as variáveis dendrométricas Hc e DAP. O modelo matemático de dupla entrada de Shumacher-Hall ( $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(d) + \beta_2 \ln(Ht) + \epsilon_i$ ) foi utilizado neste estudo devido sua comprovação tanto para espécies em plantios comerciais (Aragão et. al., 2016; Ferrari et. al., 2017) quanto em florestas nativas (Barreto et al., 2014; Thaines et al., 2010; Rolim et al., 2006;), assim também, como o modelo de simples entrada proposto por Hush ( $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \times \ln d$ ), que mostrou eficiência em outros estudos em povoamentos nativos (Rolim et. al., 2006; Gomes, 2008).

Posteriormente, para obtenção do volume real utilizou-se o método de Smalian por ser mais usado no setor florestal, em razão de sua fácil aplicação, bem como resulta em estimativas mais precisas (Pereira et al., 2016).

Para a seleção dos modelos, procurou-se aqueles já identificados como mais adequados para a região Thaines et al. (2010) e Rolim et al. (2006). Com a obtenção dos dados de volume das árvores, foi realizado o ajuste dos modelos matemáticos por meio da análise de regressão. Foram testados quatro modelos volumétricos (Tabela 1), sendo dois de simples entrada e dois de dupla entrada, em que as variáveis independentes foram o DAP e a altura comercial do fuste Hc.

**Tabela 1.** Modelos volumétricos utilizados no ajuste de equações para determinação do volume de madeira em pé de (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) nos dois plantios da EECU e Embrapa nos Municípios de Prainha e Belterra, PA.

Modelos matemáticos	Autores
$\ln V = b_0 + b_1 \cdot \ln(d)$	Hush

$$\ln V = b_0 + b_1 \ln d + b_2 1/d$$

Brenac

$$\ln V = b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln(hc)$$

Shumacher-Hall

$$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 h t + \epsilon_i$$

Spurr

Após os ajustes dos modelos os critérios utilizados para verificar a qualidade do ajuste foram: o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão de estimativa recalculado ( $S_{yx}$ ), coeficiente de variação (CV%), distribuição gráfica dos volumes estimados e observados e análise gráfica dos resíduos.

### 3. Resultados e discussão

Na análise das variáveis dendrométricas dos plantios experimentais da Embrapa e EECU, observa-se pela Tabela 2, que as duas áreas apresentaram crescimento relativamente bom para a espécie (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), porém, o plantio experimental situado em Belterra foi que apresentou menor variação entre os valores de DAP, altura e volume.

**Tabela 2.** Estatística descritiva para os plantios da Embrapa e EECU.

	Embrapa (Belterra)			EECU (Prainha)		
	DAP (cm)	Ht (m)	V (m <sup>3</sup> )	DAP (cm)	Ht (m)	V (m <sup>3</sup> )
Mínimo	24,90	14,00	0,5832	13,30	14,00	0,1155
Médio	36,77	22,45	1,5888	25,62	32,61	1,2836
Máximo	54,60	32,00	4,2871	64,80	39,00	5,0000

No crescimento em altura para os dois plantios com diferença na idade de 5 anos, o povoamento da EECU apresentou incremento médio superior ao plantio da Embrapa, com valores de 0,64 m.ano<sup>-1</sup> contra 0,50 m.ano<sup>-1</sup>, calculado pela média das alturas dividido pela idade de cada plantio. Entretanto o povoamento do Município de Belterra proporcionou maiores incrementos de DAP e Volume, mostrando-se superior aos observados no plantio do Município de Prainha, o que pode ser atribuído ao efeito do espaçamento.

Os resultados dos indicadores estatísticos de qualidade dos ajustes dos modelos volumétricos estão apresentados na Tabela 3 e 4

Todos os modelos testados foram significativos para o plantio experimental da Embrapa, com valores de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) entre 0,90 a 0,96 e erro padrão da estimativa Syx variando de 0,18 a 0,27 e (CV%) entre 11,29% a 17,15%, respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3.** Parâmetros de regressão dos modelos volumétricos ajustados para a área de Castanheira da Embrapa - Belterra.

Equação	Coeficientes			$R^2_{aj}$	Syx	CV%
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$			
Schumacher-Hall	-9,1875	2,2024	0,5282	0,92	0,20	12,65
Husch	-8,3659	2,4270	-	0,90	0,27	17,15
Spurr	0,1078	4,444E-05	-	0,96	0,18	11,29
Brenac	-14,4712	3,7529	47,892	0,90	0,25	15,66

Nota-se uma leve superioridade para os modelos de dupla entrada, que empregaram, além do DAP, a altura comercial como variável independente, mostrando que sua introdução melhora de forma significativa a precisão da regressão volumétrica para a espécie florestais, o que está de acordo com os estudos de Barreto et al. (2014) realizado em uma floresta no município de Anapú-Pará, que concluíram que modelos de dupla entrada mostram-se mais eficientes para modelagem volumétrica.

Nesse sentido, o presente estudo mostrou uma variação de 0,92 a 0,96 para  $R^2_{aj}$  em modelos de dupla entrada, contra 0,90 a 0,90 para os modelos de simples entrada. Corroborando com o estudo realizado por Tonini e Borges (2015) que apresentou resultados semelhantes em uma Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, no município de Caracaraí na região sul do estado de Roraima.

Dentre os modelos de dupla entrada, a equação proposta por Spurr apresentou-se ligeiramente superior a Schumacher-Hall, com menores coeficientes de regressão ajustados ( $S_{xy}=0,18$  m;  $CV\%=11,29\%$  e  $R^2_{aj}=96,00\%$ ). Resultados diferentes dos obtidos por Valente et al. (2011) e Barreto et al. (2014) onde estes autores ressaltam que o melhor modelo para obtenção do volume da espécie é obtido pela equação de Schumacher-Hall.

Observando os gráficos de dispersão de resíduos, é possível perceber que todos os modelos são bons, com resíduo máximo próximo de 30% (Figura 3). Porém o modelo de Spurr também comprovou sua precisão por manter sua dispersão de resíduos em sua grande maioria na faixa residual dos 20%, apresentando ligeiramente melhor distribuição quando comparado com os demais ajustes, confirmando sua aplicabilidade. Logo este modelo pode ser recomendado para estimativa do volume comercial de árvores de Castanheira a partir do DAP e altura, quando for possível medir a variável altura.

Para os modelos de simples entrada observou-se que a equação de Brenac ajustou-se melhor, mostrando-se superior a equação proposta por Husch, resultados que foram semelhantes ao encontrados por Barros e Silva Júnior (2009) em uma floresta situada no município de Anapú-PA. Aferindo que esta equação possa ser usada quando não for possível obter a altura comercial ou quando este dado não estiver disponível (Tonini e Borges, 2015).

A Figura 1 mostra a relação de volume observado e volume estimado das equações utilizadas, onde pode-se observar que o menor volume observado foi de 0,5832 e o maior foi 4,2871, com a média de 1,5888, dentre as equações ajustadas a de Schumacher-Hall teve o menor valor de volume estimado de 0,5596, já o maior valor foi resultante da equação de Spurr, onde apresenta valor de 4,3477.

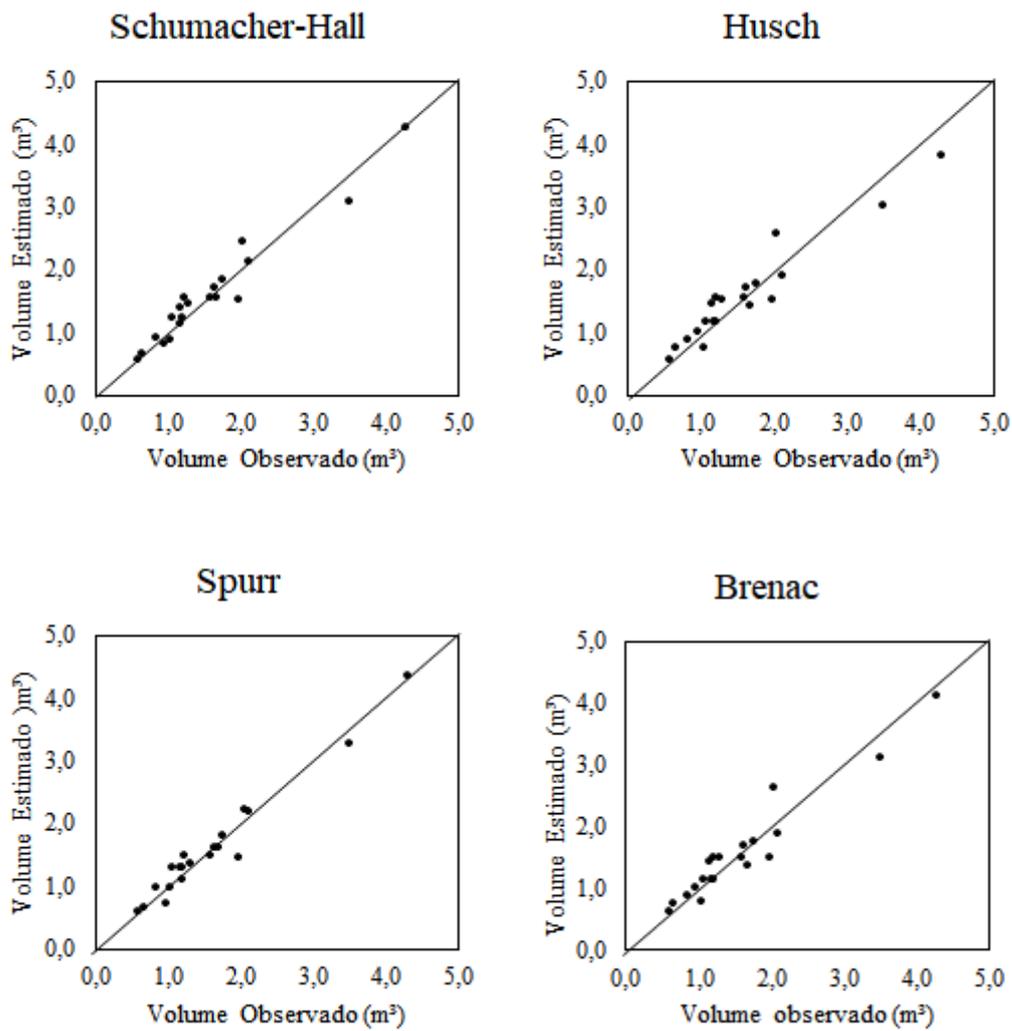
Para a EECU de Barreirinha no Município de Prainha, todos os modelos testados apresentaram parâmetros aceitáveis para a espécie (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), os coeficientes de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) ficaram entre 0,93 e 0,97, porém com altos valores do erro padrão da estimativa, 21,21% a 30,78 (Tabela 4).

**Tabela 4.** Parâmetros de regressão dos modelos volumétricos ajustados na área de Castanheira no plantio EECU da comunidade Barreirinha, município de Prainha-PA.

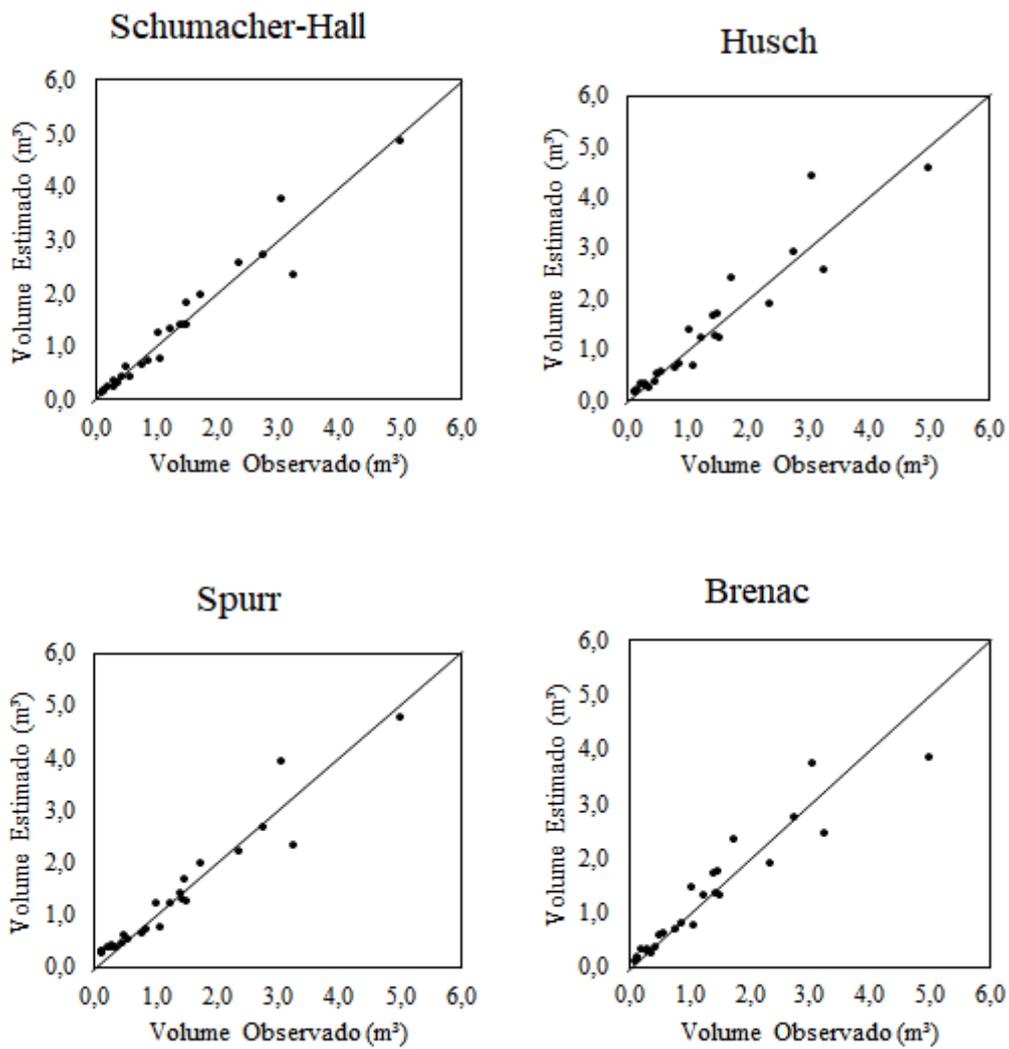
Equações	Coeficientes			$R^2_{aj}$	Syx	CV%
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$			
Schumacher-Hall	-9,5605	1,51364	1,3180	0,97	0,27	21,21
Husch	-7,6097	2,1878	-	0,95	0,40	30,78
Spurr	0,20061	3E-05	-	0,93	0,31	23,81
Brenac	-3,4472	1,24445	-25,7253	0,95	0,38	29,95

O modelo de dupla entrada proposto por Schumacher-Hall apresentou valores de regressão satisfatórios para a espécie (*Bertholletia Excelsa* Bonpl.) com maior  $R^2_{aj}$ , e menores valores de Syx% e distribuindo o erro de forma aleatória e homogênea (Figura 4), tornando a utilização do modelo suficientemente precisa na estimativa volumétrica da espécie para área estudada. Resultados idênticos também foram obtidos por Tonini et al. (2015) em estudo realizado em uma floresta no Estado de Roraima, onde observaram que o modelo volumétrico de dupla entrada Schumacher-Hall foi o que melhor se ajustou para a espécie castanha-do-Pará.

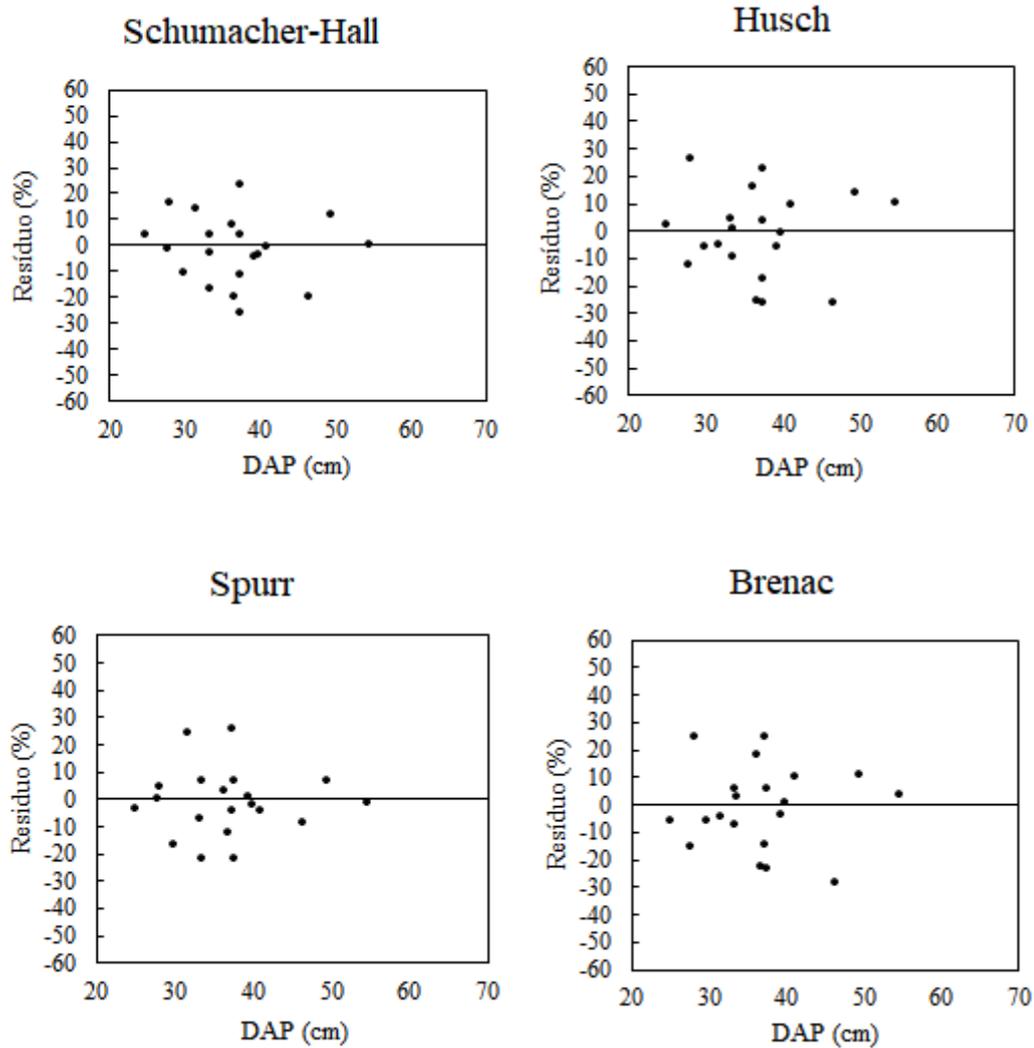
Na análise gráfica de resíduos do presente estudo, o modelo Spurr apresentou tendências a subestimar o volume comercial das árvores menores com DAP de 13,3, 13,8 e 15,7. Resultados que também foram relatados por Miranda et al. (2016) no trabalho relacionado com modelagem volumétrica para fava barriguda (*Parkia gigantocarpa* Ducke).



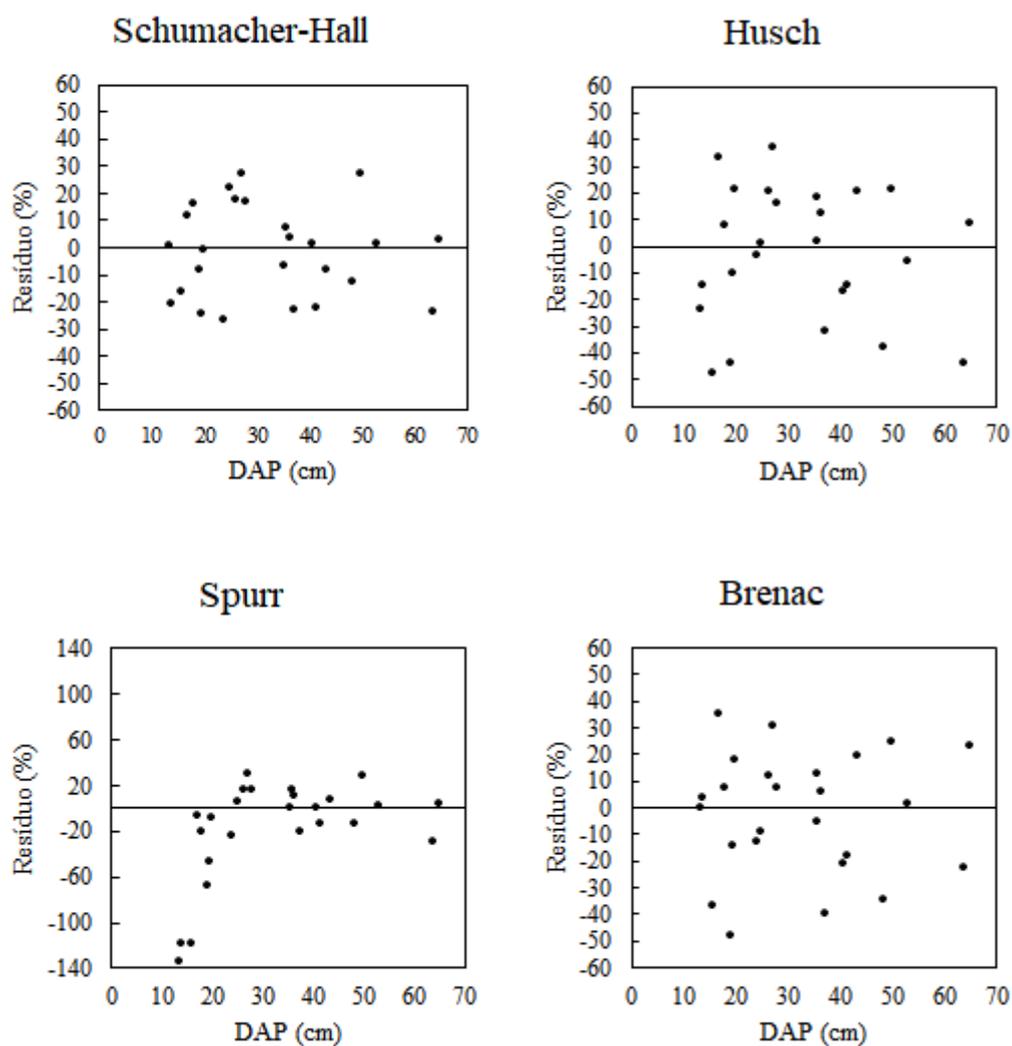
**Figura 1.** Relação entre volume estimado e volume observado para os quatro modelos utilizados para determinação do volume comercial para a espécie (*Bertholletia excel/saBonpl.*) do plantio Embrapa no município de Belterra.



**Figura 2.** Relação entre volume estimado e volume observado para os quatro modelos utilizados para determinação do volume comercial para a espécie (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) do plantio da EECU de Barreirinha Município de Prainha-PA.



**Figura 3.** Análises gráficas da distribuição do resíduo dos modelos Shumacher-Hall, Husch, Spurr e Brenac para o plantio experimental da Embrapa de Belterra - PA.



**Figura 4.** Análises gráficas da distribuição do resíduo dos modelos Shumacher-Hall, Husch, Spurr e Brenac para o plantio experimental da EECU de Barreirinha, Prainha - PA.

#### 4. Conclusão

Com base nos resultados dos ajustes realizados neste estudo, os modelos de dupla entrada de Schumacher-Hall e Spurr podem ser considerados como mais eficientes para estimativa do volume da espécie Castanheira na região oeste do Pará. Dentre os modelos volumétricos testados para o plantio experimental da Embrapa - Belterra, o modelo de Spurr apresentou melhores resultados para estimativa do volume de

madeira com casca, enquanto o modelo de Schumacher-Hall ajustou-se melhor para o plantio experimental da EECU de Barreirinha no Município de Prainha.

## 5. Referências bibliográficas

ALMEIDA, O. T. D., & SCHMINK, M. (2018). Manejo Florestal Comunitário na Amazônia Brasileira: uma abordagem sobre manejo adaptativo e governança local dos recursos florestais em Reserva Extrativista.

Barros, P. L. C., & da Silva Junior, A. T. (2009). EQUAÇÃO DE VOLUME PARA ÁRVORES DE UMA FLORESTA TROPICAL Densa NO MUNICÍPIO DE ANAPU, OESTE DO ESTADO DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 51(1), 115-126.

Barreto, W. F., Leão, F. M., de Menezes, M. C., & Souza, D. V. (2014). Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34(80), 321-329.

CAMPOS, J. C. C., & LEITE, H. G. (2013). Mensuração Florestal: perguntas e respostas. atual. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV.

Leite, F. S., & Rezende, A. V. (2010). Estimativa do volume de madeira partindo do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta amazônica de terra firme. *Ciência Florestal*, 20(1), 69-79.

Miguel, E. P., Canzi, L. F., Rufino, R. F., & SANTOS, G. D. (2010). Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde-GO. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, 6(11), 1-13.

MIRANDA, D. L. C., Angelin, T. B., dos Santos Lisboa, G., da SILVA, F., Gouveia, D. M., Condé, T. M., & da SILVA, C. S. (2016). Modelos estatísticos para estimativa do

volume de árvores de *Parkia gigantocarpa* Ducke, em plantios experimentais em Mato Grosso. *Nativa*, 4(1), 1-6.

OLIVEIRA, M. L. R.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Equações de volume de povoamento para fragmentos florestais naturais do município de Viçosa, Minas Gerais. *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 213-225, 2005.

ROLIM, S.G.; COUTO, H.Z.T. do; JESUS R.M. de; FRANÇA, J.T.; Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Serra dos Carajás (PA). *Acta Amazonica*, vol.36 (1), p.107-114, 2006.

Santos Pereira, A. R., Cordeiro, M. A., de Abreu, J. C., Santos, R. O., & Silva, J. N. M. (2016). Modelagem volumétrica para *Eucalyptus urograndis* no município de Porto Grande, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 6(4), 10-14.

Silva, A. A., Santos, M. K. V., Gama, J. R. D. V., Noce, R., & Leão, S. (2013). Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da mesorregião baixo Amazonas, Pará. *Floresta e Ambiente*, 20(4), 500-509.

Souza, M. N. (2016). Volumetria e qualidade da madeira de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em plantios na Amazônia Central. *Embrapa Amazônia Ocidental-Tese/dissertação (ALICE)*.

Tonini, H., & Borges, R. A. (2015). Equação de volume para espécies comerciais em Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima. *Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Thaines, F., Braz, E. M., de Mattos, P. P., & Thaines, A. A. R. (2010). Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(64), 283.

Yared, J. A. G., Couto, L., & Leite, H. G. (2000). Diversidade de espécies em florestas secundária e primária, sob efeito de diferentes sistemas silviculturais, na Amazônia Oriental. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.