



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

AJUSTE E AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA PARA
Lecythis lurida (Miers) S.A. Mori **NA FLORESTA NACIONAL DO**
TAPAJÓS

GIRLENE DA SILVA CRUZ

SANTARÉM, PARÁ

ABRIL / 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

AJUSTE E AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA PARA
Lecythis lurida (Miers) S.A. Mori **NA FLORESTA NACIONAL DO**
TAPAJÓS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biodiversidade e Florestas da Universidade Federal do Oeste do Pará como complementação curricular para o Curso de Engenharia Florestal.

Orientada: Girlene da Silva Cruz

Orientador: MSc. Renato Bezerra da Silva
Ribeiro

SANTARÉM, PARÁ

ABRIL / 2018

GIRLENE DA SILVA CRUZ

AJUSTE E AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA PARA
Lecythis lurida (Miers) S.A Mori NA FLORESTA NACIONAL DO
TAPAJÓS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biodiversidade e Florestas da Universidade Federal do Oeste do Pará como complementação curricular para o Curso de Engenharia Florestal.

TERMO DE APROVAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado pelos membros da banca Examinadora, abaixo assinados, sendo considerado com conceito: 8,9.

Aprovado em: 25/04/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Renato Bezerra da Silva Ribeiro
(Presidente/Orientador)

Prof. MSc. Lucas Cunha Ximenes
(1º Examinador)

Eng. Florestal Karla Mayara Almada Gomes
(2º Examinadora)

“Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir e chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar, porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir”.

Cora Coralina

A minha Mãe
Janete Gomes

Ao meu pai
Francisco Iranilson Cruz

DEDICO

A todos que me acompanharam nessa jornada.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar viver este momento, trazendo alegria aos meus pais. Por sempre ter sido meu refúgio quando as coisas ficavam difíceis.

Agradeço de forma especial ao meu pai Iranilson Cruz e à minha mãe Janete Gomes, por não medirem esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante. Sem vocês nada disso faria sentido. Muito obrigada por sempre apoiarem as minhas escolhas e por sempre demonstrarem o orgulho que vocês sentem.

Agradeço aos meus irmãos: Ronilson, Janilson, Ana Paula e Girlane, por serem essas pessoas incríveis e por sempre estarem ao meu lado. Obrigada por todo o apoio, carinho, compreensão e amizade que eu recebo de vocês.

Ao meu sobrinho Daniel Cruz que veio ao mundo para trazer luz para minha vida.

Ao meu amado avô Luiz Gomes, por todo o carinho e ensinamentos de uma vida inteira. Agradeço por todas as conversas, sorrisos, histórias que ficaram marcadas na minha memória.

À toda minha família, tios, avós, primos, por todo apoio que eu recebo de vocês, essa conquista também é de vocês.

Ao meu orientador Professor Renato Ribeiro por toda sua atenção, paciência, dedicação e esforço para que eu pudesse ter confiança e segurança na realização deste trabalho. Obrigada professor, por ter me ajudado e principalmente por me mostrar que eu era capaz de concluir essa etapa na minha vida.

Ao Professor João Ricardo por toda a atenção, conselhos, ensinamentos e principalmente por toda a confiança depositada no decorrer desses anos.

Aos amigos que eu fiz no decorrer desses anos, principalmente Albanita Macedo e Letícia Moreira por todo o companheirismo, paciência, cafés e preocupação que nós dividimos durante esses anos. Serei eternamente grata a Deus por ele ter colocado duas pessoas tão incríveis como vocês na minha vida.

Ao Bruno Rafael que de repente se tornou um amigo muito querido. Sou grata por todas as conversas, conselhos, carinho e paciência que você sempre teve comigo. Agradeço por sempre me passar a confiança necessária nos momentos que eu acreditava que nada daria certo. Muito obrigada por ter sido um amigo tão incrível nos momentos que eu mais precisei. Espero levar a sua amizade para todo o sempre.

Aos meus amigos e companheiros: Bruno Almeida, Mariano Sampaio, Maurício Serejo, Alessandra Batista, Juliane Sampaio, Rafael Rodrigues, Evely Bernardo e Marcelle Borges por todos os conselhos, trabalhos, risadas, aulas práticas e preocupações do qual dividimos no decorrer desses anos. Sem vocês tenho certeza que esta caminhada teria sido muito difícil e sem graça. Levarei cada um de vocês para sempre comigo.

À Karla Almada por toda disponibilidade e por sempre ter uma palavra de esperança, falando para eu não desistir, por que daria tudo certo. À Lizandra, por todo companheirismo no Lamef e por toda disponibilidade sempre que eu precisei. À Talita Godinho por ter se tornado uma das minhas maiores incentivadoras. À Andrea Araújo que se tornou uma ótima amiga. Obrigada meninas, serei eternamente grata a cada uma de vocês.

A todos os estagiários do LAMEF por toda a convivência e experiência que dividimos no decorrer desses anos.

À Universidade Federal do Oeste do Pará e em especial ao Instituto de Biodiversidade e Florestas, pela oportunidade de realização do curso.

À Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA) por ceder o banco de dados e por sempre nos receber tão bem nas aulas práticas.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Mapa de localização da Unidade de Produção Anual 8 na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará. 12
- Figura 2.** Distribuição gráfica de resíduos para a *Lecythis lurida* com os melhores modelos ajustados, na Floresta Nacional do Tapajós. 18
- Figura 3.** Distribuição gráfica de resíduos para *Lecythis lurida* com os melhores modelos ajustados após a padronização de resíduos, na Floresta Nacional do Tapajós. 20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos volumétricos testados para *Lecythis lurida* Miers na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA, Floresta Nacional do Tapajós. 13

Tabela 2. Parâmetros dos ajustes e estatísticas de precisão para estimativas volumétricas de *Lecythis lurida* na área de manejo florestal da COOMFLONA, Floresta Nacional do Tapajós. 15

Tabela 3. Valor de inflação da variância para modelos ajustados com mais de dois coeficientes. 16

Tabela 3. Parâmetros dos ajustes e estatísticas de precisão para os melhores modelos volumétricos após a padronização de resíduos. 19

SUMÁRIO

Introdução	1
Revisão de literatura	2
Princípios do xilômetro	3
Cubagem rigorosa.....	3
Método de Smalian.....	4
Método de Huber	4
Método de Newton	5
Fator de forma	6
Modelos volumétricos	7
Escolha do melhor modelo	9
Material e Métodos	11
Área de estudo	11
Espécie selecionada	Erro! Indicador não definido.
Coleta e análise de dados.....	12
Validação da melhor equação.....	14
Resultados e Discussão	14
Validação da melhor equação.....	21
Conclusões	21
Referências	22
Anexo I – Normas da Revista CERNE	26

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência de ajustes volumétricos para *Lecythis lurida* na Floresta Nacional do Tapajós. Os dados foram provenientes de inventário 100% e cubagem rigorosa de espécies na UPA 8. Foram selecionadas 301 árvores amostras de *Lecythis lurida* com $50\text{cm} \geq \text{DAP} < 150\text{ cm}$, no qual foram ajustados 8 modelos volumétricos. Para a escolha da melhor equação, foram analisados a significância dos coeficientes pelo teste t, o coeficiente de determinação ajustado, o erro padrão da estimativa, o fator de inflação da variância para verificar situações de multicolinearidade, a análise gráfica e histogramas de resíduos. A padronização dos resíduos foi realizada para as melhores equações. Para a validação da melhor equação, o volume real e o estimado foram comparados pelo teste Qui quadrado a 95% de probabilidade. Os modelos Spurr variável combinada, Husch, Schumacher Hall e Spurr – ambos logaritmizados – apresentaram significância de todos os parâmetros pelo teste t. Em relação aos parâmetros de precisão os modelos de Spurr variável combinada, Schumacher Hall e Spurr logaritmizados apresentaram os melhores valores. Após a retirada de outliers é nítida a melhora nos parâmetros de precisão dos modelos. Quanto à distribuição gráfica dos resíduos, os modelos de Schumacher e Spurr logaritmizado apresentaram resultados semelhantes, porém ao analisar os outros critérios de seleção do melhor modelo, Spurr variável combinada foi considerado o mais adequado para estimar a volumetria da espécie na área pela sua simplicidade de aplicação. A equação selecionada gerou estimativas que não diferiram estatisticamente com volume real segundo o teste qui quadrado.

Palavras-chave: Análise de regressão, Jarana, Manejo Florestal Comunitário.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the efficiency of volumetric adjustments for *Lecythis lurida* in the Tapajos National Forest. The data came from 100% inventory and rigorous species counting in UPA 8. 301 trees were selected from *Lecythis lurida* with $50 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 150 \text{ cm}$, where 8 volumetric models were fitted. For the choice of the best equation, we analyzed the significance of the coefficients by the t test, adjusted coefficient of determination, standard error of the estimate, and factor of inflation of the variance to verify situations of multicollinearity, graphical analysis and histograms of residues. For the validation of the best equation, the actual and estimated volume were compared by the chi-square test at 95% probability. The combined Spurr variable models, Husch, Schumacher Hall and Spurr - both logarithmized presented significance of all parameters by the t test. Regarding the precision parameters, the Spurr combined variable models, Schumacher Hall and Spurr logarithmized presented the best values. After the removal of outliers is clear the improvement in the parameters of precision of the models. In relation to the graphical distribution of the residues, the Schumacher and Spurr logarithmized models presented similar results, but when analyzing the other criteria of selection of the best model, Spurr combined variable was considered the most adequate to estimate the volumetry of the species in the area for its simplicity of application. The selected equation generated estimates that did not differ statistically with real volume according to the chi-square test.

Key words: Regression analysis, Jarana, Community Forest Management.

1 **Introdução**

2 O ajuste de equações de volume constitui-se como o procedimento mais
3 adotado e eficiente para a quantificação da produção em um maciço florestal
4 (GUIMARÃES; LEITE, 1996; SILVA et al., 2009; CABACINHA et al., 2013). Para sua
5 realização, algumas árvores são abatidas e, em seguida, passam por um processo
6 conhecido como cubagem rigorosa, para, posteriormente, ajustar as equações de
7 regressão e estimar a produção volumétrica da floresta (COUTO; BASTOS, 1987;
8 AZEVEDO et al., 2011; CABACINHA et al., 2013).

9 Diversos modelos foram desenvolvidos e aplicados em diferentes regiões do
10 Brasil para esse fim, porém, é recomendável que sempre sejam testados vários
11 modelos matemáticos e, por meio de análise estatística, escolhido o melhor a ser
12 aplicado. Recomenda-se também utilizar equações específicas para cada local, pois
13 nem sempre modelos já “consagrados” se ajustam a todas as espécies e ambientes
14 (THOMAS et al., 2006; BARRETO et al., 2014).

15 O desenvolvimento e o aprimoramento de equações de volume para a Amazônia
16 são importantes para subsidiar as ações de planejamento florestal. As áreas em
17 concessão requerem estimativas precisas do volume comercial das árvores, desde a
18 avaliação da floresta para o embasamento das licitações, até a emissão da
19 autorização de exploração por parte dos órgãos ambientais competentes, justificando
20 assim o aprimoramento dessas equações e fazendo com que os volumes estimados
21 sejam mais próximos dos volumes retirados das áreas de colheita florestal
22 (CYSNEIROS et al., 2017).

23 De acordo com a legislação vigente, no primeiro ano de exploração de uma área
24 florestal não é obrigatória a apresentação de uma equação volumétrica específica para
25 a área a ser manejada, sendo comum a estimativa do volume utilizando o fator de
26 forma 0,7 (SEMAS, 2015). Porém, de acordo com a resolução CONAMA nº 406/2009,
27 a partir do segundo plano de operação anual (POA) é obrigatório que seja ajustada e

28 apresentada uma equação específica para a área manejada, possibilitando assim
29 maior controle sobre a produção das florestas nativas na Amazônia (BRASIL, 2009).
30 Além disso, minimiza a possibilidade do comércio ilegal de créditos de volume de
31 madeira, fato ainda existente na região amazônica (SILVA-RIBEIRO et al., 2014).

32 A Floresta Nacional do Tapajós (FNT) é uma Unidade de Conservação Federal,
33 enquadrada na categoria de Uso Sustentável (BRASIL, 2000), que detém a maior
34 referência de manejo florestal comunitário do Brasil (OLIVEIRA et al., 2017). Desde do
35 ano de 2009, a Cooperativa passou a estimar a volumetria da área de manejo através
36 de equações de volume, vale ressaltar que a cooperativa utiliza uma única equação de
37 dupla entrada para estimar a volumetria de todas as espécies a serem exploradas na
38 área de manejo (GOMES et al., 2018).

39 Dentre as espécies que são colhidas pela COOMFLONA, *Lecythis lurida* Miers
40 S.A. Mori., está entre as dez mais importantes e de maior volumetria comercializada
41 na região (ANDRADE et al., 2015). *Lecythis lurida* é uma espécie pertencente à família
42 Lecythidaceae conhecida popularmente como Jarana. Frequentemente encontrada em
43 florestas naturais na Amazônia, possui madeira muito pesada, de cor marrom escuro,
44 textura fina a média (TREVISOR, 2011; TAFFAREL et al., 2014).

45 Levando isso em consideração e atrelado ao fato de que equações volumétricas
46 ajustadas por espécie de forma individual ou para um grupo de espécies com
47 características similares garantem maior precisão nas estimativas volumétricas de um
48 maciço florestal (SOARES et al., 2011), o objetivo do presente estudo foi avaliar a
49 eficiência de ajustes volumétricos para *Lecythis lurida* em uma área de manejo
50 florestal na Floresta Nacional do Tapajós.

51

52 **Revisão de literatura**

53 Os volumes individuais de uma floresta fornecem subsídios indispensáveis
54 quando se quer avaliar o potencial volumétrico da área. Considerando que o volume é

55 uma das informações tidas como mais importantes, faz-se necessário a aplicação de
56 métodos para obtenção dessa varável de forma mais precisa possível (THOMAS et al.,
57 2006). Estimando-se os volumes com precisão, os planos de manejo, as análises de
58 investimento e as tomadas de decisão também serão precisos (RUFINI et al., 2010).

59 Devido o fuste de uma árvore não ser um cilindro perfeito, possuindo diferentes
60 formas, existem alguns procedimentos para a determinação do seu volume. Entre
61 eles, o método do xilômetro, cubagem rigorosa e ajuste de modelos volumétricos
62 (SOARES et al., 2011).

63

64 **Princípios do xilômetro**

65 O método é considerado o mais preciso para determinar o volume e é efetuado
66 através do deslocamento de água em um xilômetro (STERNADT, 2001; MACHADO et
67 al., 2006). O xilômetro é um recipiente com água, no qual as toras de madeira são
68 mergulhadas, onde seu volume corresponde ao volume de água deslocado, medido
69 com uma régua graduada (SOARES et al., 2011a).

70 O xilômetro deve ser utilizado preferencialmente em toras menores e em
71 pequena escala operacional, tendo em vista o gasto excessivo de tempo para a
72 realização das operações de manuseio das toras. Além disso, a água deve ser trocada
73 ou filtrada quando se turvar, para não se propiciar estimativas de volume incorretas,
74 por causa de mudança de sua densidade e de acúmulo de sedimentos no fundo do
75 xilômetro (SOARES et al., 2011a).

76

77 **Cubagem rigorosa**

78 A cubagem rigorosa consiste na determinação do volume real das árvores por
79 meio da divisão do fuste em n seções (toras) e do cálculo do volume de cada uma
80 dessas toras (CYSNEIROS, 2016). A cubagem pode ser realizada com a derrubada da
81 árvore (método destrutivo) ou com a árvore em pé (método não-destrutivo). Nesse

82 último caso, a árvore pode ser escalada, ou pode-se ainda utilizar emprego de
83 instrumentos como: o relascópio, telerelascópio, pentaprisma ou dendrômetro óptico
84 (LIMA, 2015).

85 As principais fórmulas utilizadas na cubagem rigorosa são: Smalian, Huber e
86 Newton. A fórmula de Smalian requer medidas de diâmetro nas duas extremidades da
87 tora (base e topo). Apesar da sua grande aceitação em todo o mundo, a sua precisão
88 decresce consideravelmente quando comparada com as fórmulas de Huber e Newton
89 (LEITE, 2008).

90

91 **Método de Smalian**

92 O volume é calculado por meio do produto da média aritmética obtida dos
93 extremos das áreas seccionais, multiplicado pelo comprimento de seção, isto é:

94

$$95 \quad V_{Smalian} = \frac{g_1 + g_2}{2} \cdot l$$

96

97 Em que: $V_{Smalian}$ = volume Smalian, em m³; g_1 = área seccional na base da seção, em
98 m²; g_2 = área seccional no topo da seção, em m²; e l = comprimento da seção, em m.

99

100 **Método de Huber**

101 O volume é calculado por meio do produto da área seccional no meio da seção,
102 multiplicado pelo comprimento da seção, sendo:

103

$$104 \quad V_{Huber} = g_2^1 \cdot l$$

105

106 Em que: V_{Huber} = volume Huber, em m³; g_2^1 = área seccional no meio da seção em m²;
107 e l = comprimento da seção, em m.

108

109 **Método de Newton**

110 A fórmula de Newton utilizada para a cubagem rigorosa se destaca pela
111 precisão proporcionada na determinação volumétrica, uma vez que se exige um maior
112 número de medições de diâmetros numa determinada seção do tronco.
113 Independentemente da fórmula utilizada para cálculo do volume, quanto menor for o
114 comprimento da seção, maior precisão será obtida na determinação volumétrica
115 (LIMA, 2015).

116 O volume é calculado a partir da medição das áreas seccionais extremas e do
117 meio e multiplicado pelo comprimento total da tora, sendo:

118

$$119 \quad V_{Newton} = \frac{(g1 + 4 \cdot g_2^1 + g2)}{6} \cdot l$$

120 Em que: V_{Newton} = volume Newton, em m³; $g1$ = área seccional na base da seção, em
121 m²; g_2^1 = área seccional no meio da seção, em m²; $g2$ = área seccional no topo da
122 seção, em m²; e l = comprimento da seção, em m.

123

124 As expressões de Huber, Smalian e Newton fornecem estimativas do volume
125 de seções individuais do fuste da árvore. O volume total com ou sem casca de um
126 fuste pode ser obtido pelo somatório dos volumes (V_i) das n seções do fuste, ou seja:

$$127 \quad V = \sum_{i=1}^n V_i$$

128 As três operações propiciam estimativas volumétricas diferentes. No entanto,
129 quanto menor o comprimento da seção, menor a diferença entre as estimativas.
130 Normalmente, o comprimento das seções varia entre 1,0 e 2,0 m em fustes retilíneos,
131 e a expressão mais utilizada é a de Smalian, devido à facilidade dos cálculos e à
132 operacionalidade na obtenção dos dados (SOARES et al., 2011a).

133 A partir de dados de volume obtidos a partir da cubagem rigorosa, são ajustadas
134 modelos matemáticos para a estimativa de volume. Esse procedimento de ajuste de
135 modelos matemáticos é conhecido popularmente por regressão. Devido a fácil
136 aplicabilidade de modelos volumétricos em diferentes locais e para diferentes
137 espécies, este método passou a ser considerado o método indireto mais utilizado no
138 setor florestal para a estimativa de volume (HIGUCHI, 2015).

139

140 **Fator de forma**

141 A utilização do fator de forma constitui uma importante prática, quando se
142 pretende estimar o volume individual de árvores (LEITE, 2008). Para se calcular o fator
143 de forma é utilizada a seguinte fórmula:

$$144 \quad ff = \frac{V_{real}}{V_{cilindro}}$$

145 Em que: ff = fator de forma; V_{real} = volume real, em m^3 ; $V_{cilindro}$ = volume do
146 cilindro, em m^3 .

147 O fator de forma é calculado pela razão entre o volume total (ou comercial) do
148 fuste e o volume de um cilindro com diâmetro igual ao DAP da árvore e altura igual à
149 altura total desta (CAMPOS; LEITE, 2009). Soares et al. (2011a) ressaltam que
150 normalmente se utiliza a altura total das árvores (H_t) para a geração de fatores de
151 forma por facilidade de medição, exceto em matas nativas, onde a altura comercial
152 (H_c) é mais fácil de se obter.

153 A partir da utilização do fator de forma, o volume do fuste das árvores pode ser
154 expresso como uma porcentagem do volume do cilindro. Assim, o volume de uma
155 árvore pode ser obtido por meio fórmula:

$$156 \quad V = \frac{\pi \cdot DAP^2}{4} \cdot Ht \cdot ff$$

157 Em que: π = 3,1416; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo, em m; H_t = altura total da
158 árvore, em m; ff = fator de forma.

159

160 **Modelos volumétricos**

161 A utilização de modelos volumétricos constitui o procedimento mais eficiente
162 para a quantificação da produção em volume de um povoamento florestal
163 (GUIMARÃES; LEITE, 1996). Inúmeros modelos matemáticos foram criados e
164 testados para o ajuste de equações de volume. Apesar do uso ter consagrado alguns
165 desses modelos, nenhum deles será sempre o de melhor performance para todas as
166 espécies e condições. Por isto, é recomendável testar vários deles para, através de
167 análises estatísticas, identificar o melhor modelo para cada caso (MACHADO et al.,
168 2002).

169 Os modelos volumétricos mais utilizados são aqueles em que o volume
170 constitui a variável dependente, e diâmetro a altura do peito (DAP com ou sem casca)
171 e a altura total (H) ou comercial como variáveis independentes (GUIMARÃES; LEITE,
172 1996; MACHADO et al., 2002).

173 Segundo Scolforo (1997), as equações volumétricas podem ser divididas em:
174 equações de simples entrada, equações de dupla entrada e equações de tripla
175 entrada. No caso de uso da primeira opção, o diâmetro deve estar fortemente
176 correlacionado com a altura, ou seja, o diâmetro explica bem o desenvolvimento da
177 altura.

178 Modelos de simples entrada são modelos que explicam o volume através de
179 uma única variável, no caso o diâmetro tomado a 1,30 metros de altura. Este
180 procedimento pode ser adotado quando existe uma relação hipsométrica de modo que
181 a altura seja explicada pelo diâmetro (SCOLFORO, 2005). Como exemplos de
182 modelos de simples entrada, temos o modelo de Husch.

183

184

$$\ln V_{c/c} = \beta_0 + \beta_1 * \ln (DAP) + \varepsilon$$

185 Em que: $V_{c/c}$ = volume total da árvore com casca (m^3); DAP = diâmetro a 1,30m do
186 solo (cm); β_0 e β_1 = parâmetros do modelo; \ln = logaritmo neperiano; ε = erro aleatório.

187

188 Modelos de dupla entrada são aqueles que explicam o volume através de duas
189 variáveis, no caso o diâmetro tomado na árvore a 1,30 metros do solo e altura (total ou
190 comercial). Este procedimento é utilizado na maioria das situações já que
191 normalmente não existe uma forte correlação hipsométrica, assim a altura e o
192 diâmetro são utilizados para explicar o volume (SCOLFORO, 2005). Como exemplos
193 de modelos de dupla entrada, temos o modelo de Schumacher Hall.

194

$$195 \quad \ln V_{c/c} = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \beta_2 \ln(Hc) + \varepsilon$$

196 Em que: $V_{c/c}$ = volume total da árvore com casca (m^3); DAP = diâmetro a 1,30m do
197 solo (cm); Hc = altura comercial, em m; β_0 e β_1 = parâmetros do modelo; \ln = logaritmo
198 neperiano; ε = erro aleatório.

199

200 Nos modelos de tripla entrada, o volume é estimado em função do diâmetro, da
201 altura e de uma medida que expressa a forma da árvore (f). Este tipo de modelo não é
202 recomendável, já que a forma da árvore é uma variável difícil de ser quantificada, e
203 quando se faz cubagem rigorosa, esta já é controlada. Por este motivo a variável
204 forma usualmente não é significativa nos modelos (CABACINHA, 2003).

205 Para Guimarães e Leite (1996) dentre os vários modelos existentes para
206 expressar o volume de madeira em função do diâmetro e altura, o modelo logarítmico
207 de Schumacher e Hall tem sido normalmente apontado como o mais eficiente para
208 expressar esta relação funcional. A escolha do modelo ocorre devido as suas
209 propriedades estatísticas, uma vez que resulta quase sempre em estimativas não
210 tendenciosas (CAMPOS; LEITE, 2009).

211 Por outro lado, a grande difusão do modelo de Spurr na forma de variável
212 combinada deve ser atribuída mais à facilidade de ajustamento, pois, com frequência,
213 volumes de árvores menores são estimados com imprecisão (CAMPOS; LEITE, 2009).

214 Os modelos de dupla entrada, mostram-se superiores, quando comparados
215 com modelos de simples entrada para estimativa dos volumes individuais para
216 espécies nativas (CABACINHA; MELO, 2003). Uma vez que modelos de simples
217 entrada assumem que árvores de mesmo diâmetro (DAP) possuem a mesma altura,
218 porém, árvores com mesmo DAP podem possuir alturas diferentes e diversas formas
219 de fuste e, conseqüentemente, volumes variados (SOARES et al., 2011b).

220

221 **Escolha do melhor modelo**

222 Segundo Cysneiros (2016) os critérios mais utilizados na seleção de modelos
223 de regressão são o erro padrão da estimativa, o coeficiente de determinação, a análise
224 gráfica dos resíduos e o teste F. O erro padrão da estimativa ($Sy.x$) é uma estatística
225 que mede a dispersão média entre os valores observados e estimados ao longo da
226 linha de regressão, sendo que, quanto mais baixo for o valor do $Sy.x$, melhor terá sido
227 o ajuste. Para os modelos onde a variável dependente sofreu transformação, é
228 necessário ressaltar que deve recalculá-lo o erro padrão, a fim de que possa comparar
229 estaticamente as equações (MACHADO et al., 2002; HIRAMATSU, 2008).

230

$$Sy.x = \sqrt{QM \text{ Erro}}$$

231

Erro padrão da estimativa

232

Em que: $Sy.x$ = erro padrão da estimativa; QM erro = quadrado médio do erro.

233

234

$$Sy.x \% = \frac{Sy.x}{\bar{Y}} \cdot 100$$

235

Erro padrão da estimativa recalculado

236 Em que: $Sy.x$ % = erro padrão da estimativa em porcentagem; \bar{Y} = média do volume
237 observado.

238

239 O coeficiente de determinação R^2 expressa a quantidade de variação da
240 variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes. Esse coeficiente
241 varia no intervalo de 0 a 1, sendo a variável dependente melhor explicada quanto mais
242 próximo de 1 for o valor de R^2 (MACHADO et al., 2002; HIRAMATSU, 2008; SOARES
243 et al., 2011a).

244

$$245 \quad R^2 = \left[1 - \left(\frac{SQ \text{ resíduo}}{SQ \text{ total}} \right) \right]$$

246 Em que: SQ resíduo = soma dos quadrados dos resíduos; SQ total = soma dos
247 quadrados totais.

248

249 O coeficiente de determinação deve ser ajustado (R^2 ajustado) quando o
250 objetivo é comparar ajustes de equações de natureza diferentes, eliminando assim a
251 interferência que o número de coeficientes distintos entre as equações poderia causar
252 na análise da comparação. Através da fórmula:

253

$$254 \quad R^2_{ajustado} = 1 - \left[(1 - R^2) \cdot \left(\frac{n - 1}{n - p - 1} \right) \right]$$

255 Em que: R^2 = coeficiente de determinação; n = número de observações; p = número
256 de coeficientes.

257 A distribuição gráfica de resíduos é considerado um critério importante, pois é
258 possível observar se o ajuste apresenta alguma tendência seja, subestimar ou
259 superestimar os volumes dos indivíduos. Devido isto, a sua avaliação é determinante

260 na escolha do melhor modelo ajustado (BARRETO et al., 2014). Os resíduos são
261 calculados através da fórmula:

262

$$263 \quad \text{Resíduo \%} = \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) \cdot 100$$

264 Em que: Y_i = volume observado; \hat{Y}_i = volume estimado.

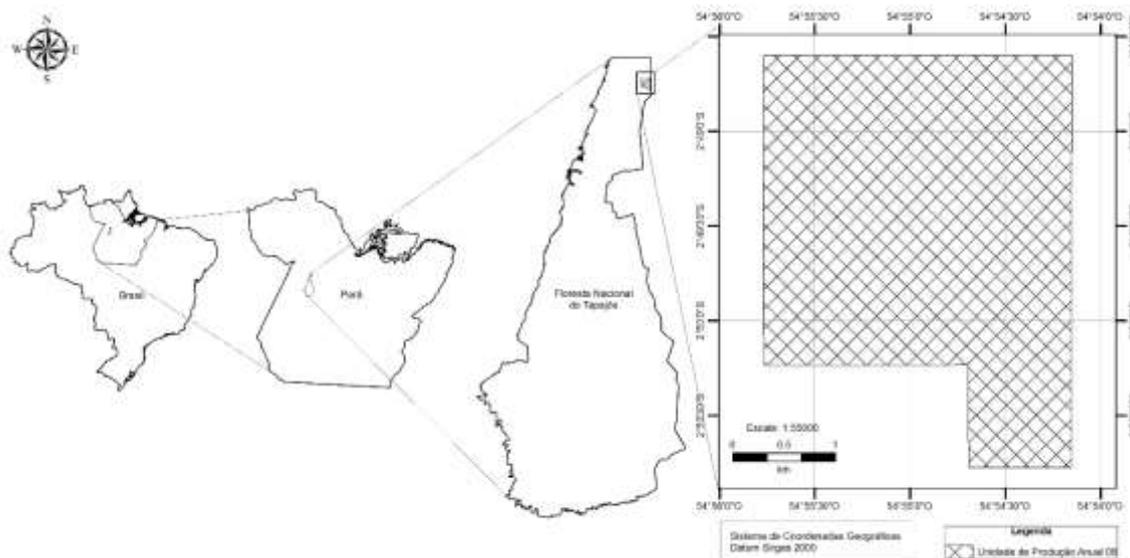
265

266 **Material e Métodos**

267 **Área de estudo**

268 Os dados foram provenientes do inventário 100% e do romaneio de toras
269 realizados na Unidade de Produção Anual 8 (UPA 08), da Área de Manejo Florestal
270 “Samambaia” da Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), que possui
271 concessão não onerosa e pratica Manejo Florestal Comunitário na Floresta Nacional
272 do Tapajós sob uma intensidade de corte de 30 m³.ha⁻¹.

273 De acordo com a classificação de Köppen, a FNT localiza-se em região de clima
274 Am, com temperatura anual de 25,5° C e umidade relativa do ar de 90% (IBAMA,
275 2004). Em média, 1820 mm de chuva são esperados por ano, sendo os meses de
276 janeiro a maio, os de maior precipitação. O solo é em sua maioria do tipo Latossolo
277 Amarelo Distrófico com topografia variando de suavemente ondulada a ondulada
278 (IBAMA, 2004). Na região, predomina floresta do tipo Ombrófila Densa, caracterizada
279 pela dominância de indivíduos arbóreos de grande porte (PINHO et al., 2009; IBGE
280 2012).



281

282 **Figura 1.** Mapa de localização da Unidade de Produção Anual 8 na Floresta Nacional
 283 do Tapajós, Estado do Pará.

284

285 **Coleta e análise de dados**

286 Foram utilizadas nos ajustes 301 árvores-amostra de *Lecythis lurida* com 50 cm
 287 \geq DAP < 150 cm, cubadas pelo método de Smalian e que tiveram o seccionamento de
 288 toras realizado de acordo com Silva-Ribeiro et al. (2014), onde a soma dos
 289 comprimentos das toras, corresponderam a altura comercial de cada árvore. Com os
 290 dados observados de volume real, foram ajustados 8 modelos volumétricos para a
 291 espécie (Tabela 1).

292

293 **Tabela 1.** Modelos volumétricos testados para *Lecythis lurida* na Área de Manejo
 294 Florestal da COOMFLONA, Floresta Nacional do Tapajós.

Nº	Autor	Modelo
1	Spurr variável combinada	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D^2 \cdot H) + \epsilon$
2	Spurr logaritimizado	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (\ln D^2 \cdot H) + \epsilon$
3	Husch	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (\ln D) + \epsilon$
4	Hohenald – Krenn	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D) + \beta_2 \cdot (D^2) + \epsilon$

5	Schumacher Hall logaritimizado	$\ln V = \beta_0 + \beta_1. (\ln D) + \beta_2. (\ln H) + \varepsilon$
6	Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1. (D^2) + \beta_2. (D^2.H) + \beta_3. (D.H) + \beta_4. (H) + \varepsilon$
7	Meyer modificado	$V = \beta_0 + \beta_1. (D) + \beta_2. (D^2) + \beta_3. (D.H) + \beta_4. (D^2.H) + \varepsilon$
8	Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1. (D) + \beta_2. (D^2) + \beta_3. (D.H) + \beta_4. (D^2.H) + \beta_5. (H) + \varepsilon$

295 Em que: V= volume com casca em m³; D= diâmetro a 1,30m do solo, em cm; H= soma
 296 do comprimento das toras, em m; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = coeficientes da regressão; ln
 297 = logaritmo neperiano; ε = erro aleatório.

298

299 Como critérios para a escolha do melhor modelo, foram avaliados a significância
 300 dos parâmetros pelo teste *t* a 95% de probabilidade, análise gráfica dos resíduos,
 301 histogramas dos resíduos e os valores percentuais do coeficiente de determinação
 302 ajustado ($R^2_{aj\%}$) e erro padrão da estimativa ($Sy.x\%$).

303 A multicolinearidade foi analisada por meio do VIF (*Variance inflation factor*) para
 304 modelos que apresentam mais de uma variável independente. Geralmente, $VIF > 10$
 305 significa que o modelo apresenta multicolinearidade problemática, ou seja, a
 306 correlação entre as variáveis está afetando os valores dos coeficientes dos modelos.

307 Para o melhor modelo ajustado foi aplicado o método de padronização dos
 308 resíduos para a identificação, exame e retirada dos “outliers” afim de melhorar a
 309 estimativa. Para isso, adotou-se valor de *t* tabelado a 95% de probabilidade, conforme
 310 metodologia descrita por Scolforo (2005). Após a retirada dos possíveis outliers o
 311 melhor modelo foi reajustado. Para a comparação entre as equações logarítmicas e
 312 não logarítmicas, o erro padrão e o coeficiente de determinação ajustado foram
 313 recalculados. Os modelos volumétricos foram ajustados pelo método dos mínimos
 314 quadrados ordinários (MMQO).

315 O processamento, análise de dados e os testes aplicados foram realizados
 316 utilizando planilha eletrônica do Microsoft Excel 2013 e a extensão Action 2.8.

317

318 **Validação da melhor equação**

319 Realizou-se a validação das equações com 50 árvores amostras, que não
320 fizeram parte dos ajustes. O volume real e o estimado foram comparados pelo teste
321 Qui quadrado a 95% de probabilidade.

322

323 **Resultados e Discussão**

324 Após o ajuste dos modelos volumétricos, apenas Spurr variável combinada,
325 Husch e Spurr e Schumacher Hall na forma logaritmizada apresentaram significância
326 de todos os parâmetros, segundo o teste t a 95% de probabilidade (Tabela 2). Dentre
327 estes, os modelos que apresentaram os maiores valores de R² ajustado e menor valor
328 de erro padrão de estimativa foram os modelos de dupla entrada Schumacher Hall e
329 Spurr – ambos na forma logarítmica.

330

331 **Tabela 2.** Parâmetros dos ajustes e estatísticas de precisão para estimativas
332 volumétricas de *Lecythis lurida* na área de manejo florestal da COOMFLONA, Floresta
333 Nacional do Tapajós.

Modelo		Coeficientes	R ² ajustado	Sy.x%
Spurr variável combinada	β_0	1,261986*	72,51	23,24
	β_1	0,000035*		
Spurr logaritmizado	β_0	-8,164708*	75,12	23,15
	β_1	0,842790*		
Husch	β_0	-7,337934*	62,59	26,93
	β_1	2,065465*		
Hohenald – Krenn	β_0	-3,088425 ^{ns}	63,75	26,68
	β_1	0,074088 ^{ns}		
	β_2	0,000464 ^{ns}		

	β_0	-9,423173*		
Schumacher Hall logaritmizado	β_1	2,066793*	75,56	22,88
	β_2	0,696591*		
<hr/>				
	β_0	-0,341864 ^{ns}		
Stoate	β_1	0,000355*	73,12	22,98
	β_2	0,000021*		
	β_3	0,058364 ^{ns}		
<hr/>				
	β_0	-1,924541 ^{ns}		
	β_1	0,043834 ^{ns}		
Meyer modificado	β_2	0,000070 ^{ns}	73,17	22,96
	β_3	0,000927 ^{ns}		
	β_4	0,000018 ^{ns}		
<hr/>				
	β_0	1,620725 ^{ns}		
	β_1	-0,037432 ^{ns}		
	β_2	0,000521 ^{ns}		
Meyer	β_3	0,004978 ^{ns}	73,08	22,99
	β_4	-0,000004 ^{ns}		
	β_5	-0,177854 ^{ns}		

334 Em que = NA = não se aplica; β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , β_5 = coeficientes da regressão; ns =
335 coeficiente não significativo, de acordo com o teste t a 95% de probabilidade; * =
336 coeficiente significativo, de acordo com o teste t a 95% de probabilidade; Sy.x% = erro
337 padrão da estimativa.

338

339 Os modelos de dupla entrada foram estatisticamente superiores aos modelos
340 de simples entrada. Isto ocorre, devido modelos de simples entrada assumirem que
341 árvores de mesmo diâmetro possuem a mesma altura, o que não é verdadeiro para
342 florestas heterogêneas (SCOLFORO, 2005; ROLIM et al., 2006; SOARES et al.,
343 2011b; BARRETO et al., 2014). Além disso, modelos que apresentam duas variáveis

344 independentes são apontados como mais eficientes, visto que em razão de suas
345 propriedades estatísticas, esses modelos resultam quase sempre em estimativas mais
346 precisas e não tendenciosas (GUIMARÃES; LEITE, 1996; CAMPOS; LEITE, 2009).

347 No que diz respeito a multicolinearidade dos dados, entre os modelos com
348 mais de dois coeficientes, o modelo de Schumacher Hall logarítmizado apresentou os
349 menores valores de VIF, sendo valores de 1,07 para ambas variáveis independentes
350 (Tabela 3). Já os modelos que apresentaram coeficientes não significativos, foi
351 possível observar elevados valores de VIF, o que comprova que a multicolinearidade
352 dos dados afeta a significância dos coeficientes.

353

354 Tabela 3. Valor de inflação da variância para modelos ajustados com mais de dois
355 coeficientes.

Modelo	VIF					
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
Schumacher Hall logarítmizado	-	1,07	1,07			
Stoate	-	26,36	40,33	8,60		
Meyer modificado	-	117,48	211,54	68,87	154,94	
Meyer	-	2420,80	2530,62	7423,84	7423,84	7423,84

356

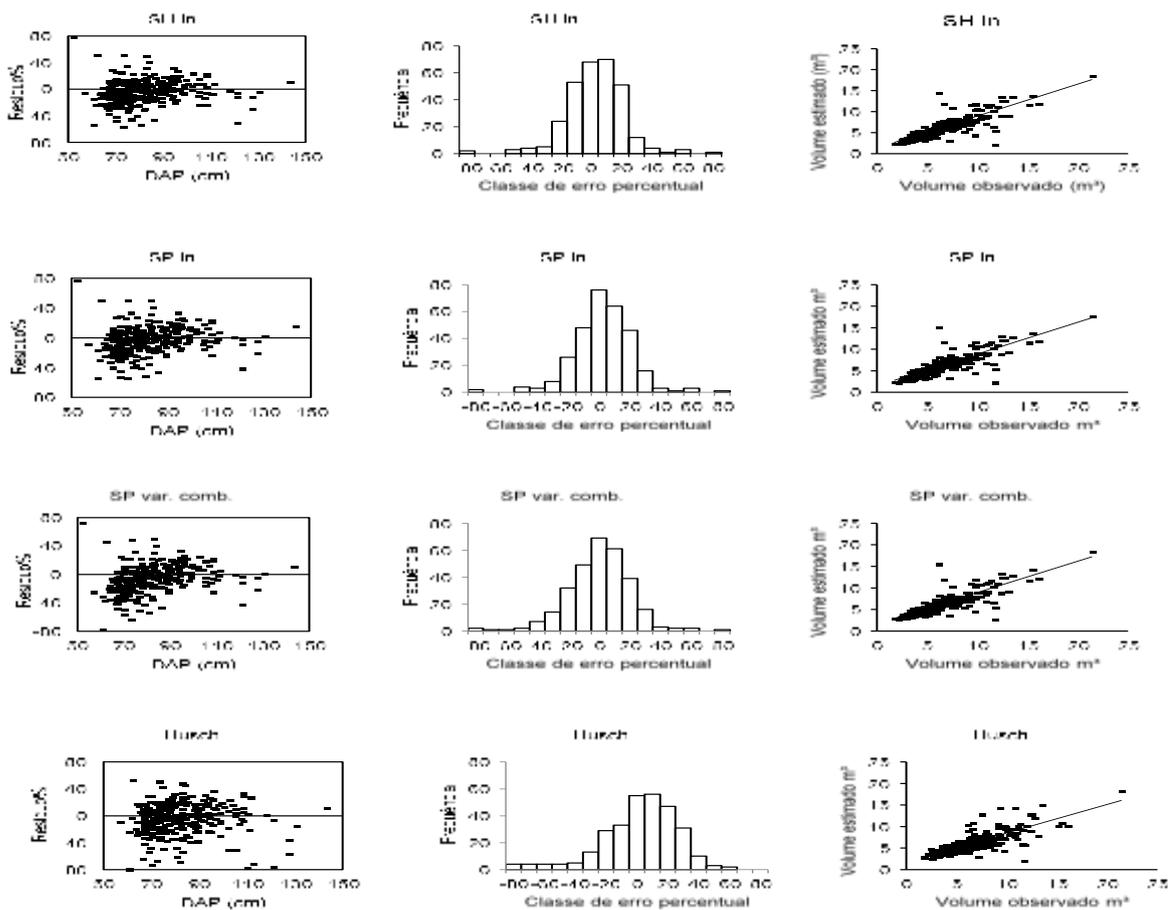
357 A multicolinearidade é uma complicação nos ajustes que ocorre, devido as
358 variáveis independentes se apresentarem altamente correlacionadas (FERREIRA,
359 2009). Ocorre quando os modelos ajustados apresentam muitas variáveis
360 correlacionadas e coeficiente não significativos na regressão, é indício de que ocorre
361 multicolinearidade nos dados (BATISTA et al., 2004; VALENTE et al., 2011). Conforme
362 Ferreira (2009), a multicolinearidade presente em alguns modelos, pode tornar os
363 coeficientes da regressão imprecisos e conseqüentemente, as estimativas obtidas por

364 esses coeficientes podem oscilar de um subconjunto de dados para o outro; por isso,
365 aconselha-se a não utilização de modelos que apresentam multicolinearidade.

366 Apesar das análises dos parâmetros de qualidade e precisão dos ajustes
367 fornecerem importantes requisitos para a escolha do melhor modelo, estas de forma
368 isolada não garantem uma conclusão satisfatória sobre o desempenho deles, sendo
369 necessário realizar a análise da distribuição gráfica dos resíduos (MIRANDA et al.,
370 2014).

371 A distribuição gráfica dos resíduos mostrou que os modelos de Schumacher Hall (SH
372 ln) e Spurr (SP ln), ambos na forma logarítmica, apresentaram tendências
373 semelhantes, em que superestimaram o volume de árvores com os menores
374 diâmetros e subestimaram o volume das árvores com os maiores diâmetros. Já o
375 modelo de Spurr variável combinada (SP var. comb.) apresentou-se bem distribuído

376 em torno da linha regressora (figura 2).



377

378 **Figura 2.** Distribuição gráfica de resíduos para a *Lecythis lurida* com os melhores
379 modelos ajustados, na Floresta Nacional do Tapajós.

380

381 Os modelos de Spurr variável combinada, Spurr e Schumacher logaritmicados
382 passaram pela padronização de resíduos, onde foi possível detectar que os modelos
383 de Schumacher e Spurr variável combinada apresentaram 15 indivíduos considerados
384 outliers e Spurr logaritmicado apresentou 16 outliers.

385 Após a padronização de resíduos, é possível perceber a melhora referente aos
386 parâmetros da regressão para ambos modelos, sendo que o modelo de Schumacher
387 passou a apresentar R^2 ajustado de 87,64% e erro padrão de 14,64% e Spurr variável

388 combinada apresentou R² ajustado de 88,23% e erro padrão de 12,10%, conforme
 389 mostra a tabela 3.

390

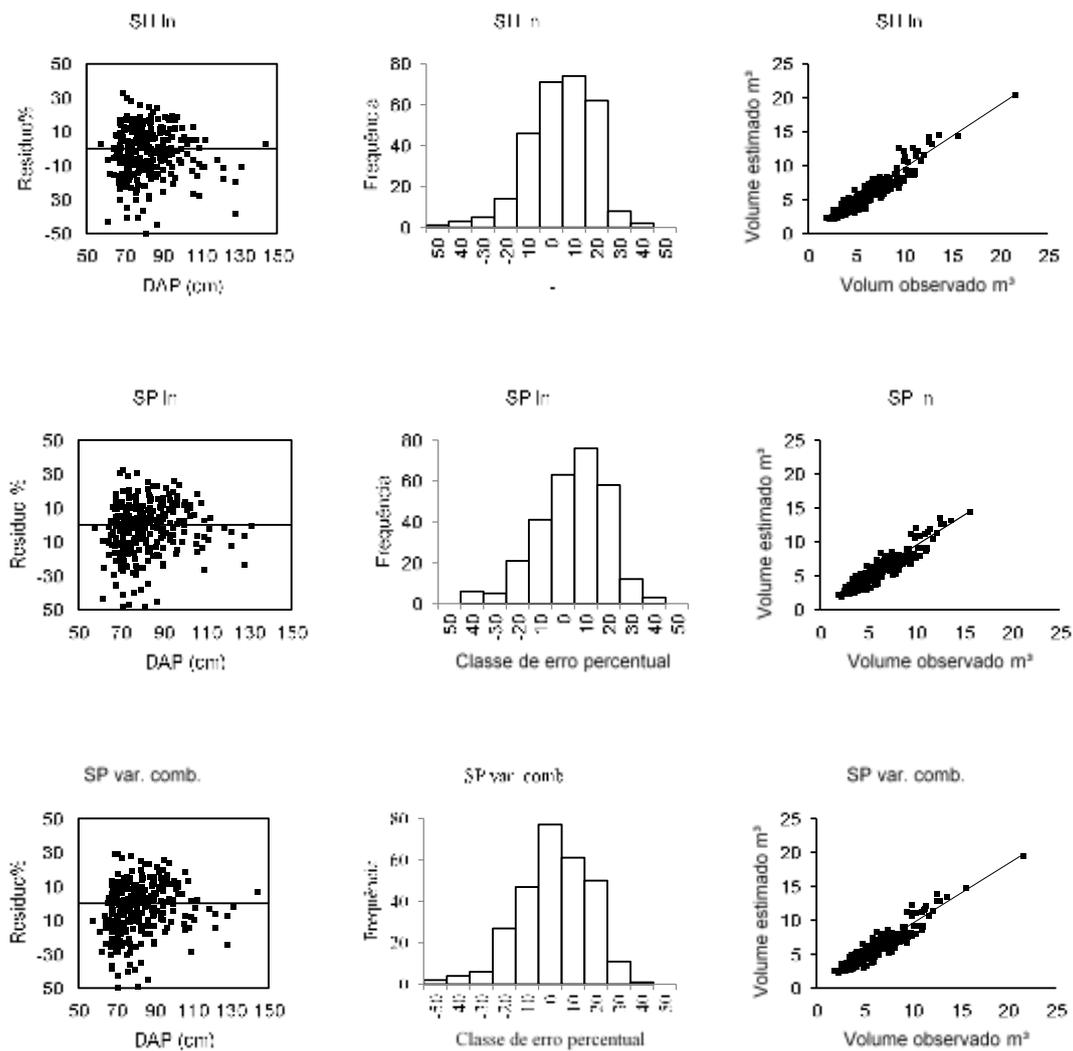
391 **Tabela 3.** Parâmetros dos ajustes e estatísticas de precisão para os melhores
 392 modelos volumétricos após a padronização de resíduos.

Modelo	Coeficientes			R ² ajustado%	Sy.x %	VIF
Número	β_0	β_1	β_2			
1	0,74687*	0,00004*		88,23	12,10	Não se aplica
2	-8,81678*	0,89692*		85,92	14,45	Não se aplica
5	-9,21711*	2,00385*	0,72087*	87,64	14,64	1,051

393 Em que: 1- Spurr variável combinada; 2 – Spurr logaritmizado; 3 – Schumacher Hall
 394 logaritmizado; β_0 , β_1 , β_2 , β_3 = coeficientes da regressão; Sy.x% = erro padrão da
 395 estimativa em porcentagem; VIF = fator de inflação da variância; * = coeficiente
 396 significativo, de acordo com o teste t a 95% de probabilidade.

397 .

398 A distribuição de resíduos em torno da linha regressora dos gráficos para os
 399 modelos após a padronização de resíduos, apresentaram resultados com tendências
 400 semelhantes, porém ao analisar os outros critérios de seleção de melhor modelo, o
 401 modelo de Spurr variável combinada foi o mais adequado para estimar a volumetria da
 402 espécie na área (Figura 2). Modelos mais simples necessitam de um menor esforço
 403 computacional, são mais gerais e não sofrem com multicolinearidade. A grande
 404 difusão do modelo de Spurr na forma de variável combinada deve ser atribuída mais à
 405 facilidade de ajustamento, pois, com frequência, volumes de árvores menores são
 406 estimados com imprecisão (COUTO; BASTOS, 1987; CAMPOS; LEITE, 2009).



407
 408 **Figura 3.** Distribuição gráfica de resíduos para *Lecythis lurida* com os melhores
 409 modelos ajustados após a padronização de resíduos, em uma área de manejo florestal
 410 na Floresta Nacional do Tapajós.

411

412 A escolha de modelos de dupla entrada como os mais precisos corrobora com
 413 resultados encontrados por outros autores na região. Para Thaines et al. (2010), o
 414 modelo de Schumacher Hall logarítmizado foi o modelo mais preciso para estimar o
 415 volume de madeira para a região da bacia do rio Ituxi. Barros e Silva Junior (2009), ao
 416 estudarem uma floresta localizada no município de Anapu, verificaram que o modelo
 417 de Spurr foi o mais adequado para estimar a volumetria dos indivíduos na área.

418 Tonini e Borges (2015), modelando o volume de árvores em Floresta Ombrófila
419 Densa no sul de Roraima, observaram superioridade para os modelos de dupla
420 entrada que empregaram a altura comercial como variável independente. Em um
421 empreendimento florestal comunitário no Projeto de Desenvolvimento Sustentável
422 Virola-jatobá no município de Anapu, Pará, Barreto et al. (2014), verificaram que o
423 modelo proposto por Schumacher Hall se mostrou mais preciso para estimar o volume
424 das espécies de interesse comercial, mostrando que a introdução da variável altura
425 melhorou de forma significativa a precisão da equação ajustada.

426 Silva et al. (1984) ao realizarem ajuste de equação de volume para a espécie
427 no km 67 da FNT, identificaram que o modelo que mais se adequou para estimar o
428 volume da Jarana foi Schumacher Hall. Já Moura (1994) também trabalhando com
429 Jarana na FNT verificou o modelo de Prodan como mais preciso para estimar a
430 volumetria da espécie, não descartando a utilização do modelo de Schumacher Hall e
431 Meyer. Silva-Ribeiro et al. (2014) ajustando modelos para *Lecythis lurida* na Floresta
432 Nacional do Tapajós identificaram que os melhores modelos para estimar a volumetria
433 da espécie foram Schumacher Hall e Spurr ambos logaritmizados.

434

435 **Validação da melhor equação**

436 Ao aplicar a equação de Spurr variável combinada e comparar os volumes
437 observados com os volumes estimados, demonstrou não haver diferença significativa
438 entre os volumes com p valor = 0,4406, a um nível de 95% de probabilidade,
439 consequentemente validando o uso da equação para a área de estudo.

440

441 **Conclusões**

442 O modelo de Spurr variável combinada, apresentou-se como o mais eficiente
443 na estimativa volumétrica para *Lecythis lurida* na Floresta Nacional do Tapajós.

444 A equação $Vc/c = 0,74687 + 0,00004 * DAP^2 * Hc$ é válida para estimar o
445 volume de *Lecythis lurida* na área de estudo.

446

447 Referências

448 ANDRADE, D. F.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O.; RUSCHEL, A. R. Inventário florestal
449 de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. **Biota**
450 **Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015.

451 ANDRADE, V. C. L. Modelos volumétricos de dupla entrada para aplicar em
452 povoamentos florestais brasileiros. **Revista Floresta e Ambiente**, n. 24, p. 10, 2017.

453 AZEVEDO, T. L.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA,
454 N. Y. Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp.
455 localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.
456 6, n. 1, p. 105-112, jan.-mar., 2011.

457 BARRETO, W. F.; LEÃO, F. M.; MENEZES, M. C.; SOUZA, D. V. Equação de volume
458 para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará.
459 **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, p. 1-9, 2014.

460 BARROS, P. L. C.; SILVA-JÚNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma
461 floresta tropical densa no município de Anapu, oeste do estado do Pará, Amazônia
462 oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 51, p. 115-126, 2009.

463 BATISTA, J. L. F.; MARQUESINI, M.; VIANA, V. M. Equações de volume para árvores
464 de caxeta (*Tabebuia cassinoides*) no Estado de São Paulo e sul do Estado do Rio de
465 Janeiro. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 162-175, 2004.

466 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto-lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.
467 Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o
468 Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Diário Oficial da**
469 **República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Seção 1, p. 1.

470 BRASIL. **Resolução Conama nº406, de 2 de fevereiro de 2009. Estabelece**
471 **parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação**
472 **técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável-PMFS com fins**
473 **madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma**
474 **Amazônia**. Ministério de Meio Ambiente, Brasília, DF, 4 p., 2009.

475 CABACINHA, C. D. **Um método para a realização do inventário florestal**
476 **suprimindo a cubagem rigorosa**. 2003. 136p. Dissertação. Universidade Federal de
477 Lavras, Minas Gerais.

478 CABACINHA, C. D.; MELO, J. M. Precisão das estimativas do volume por unidade de
479 área de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **Revista Científica Eletrônica de**
480 **Engenharia Florestal**, n. 2, p. 4, agosto de 2003.

481 CABACINHA, C. D.; SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R.; SALES, N. L. P.;
482 CARVALHO, L. R. Uma nova abordagem para o método geométrico usando o índice
483 da parábola. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 261 – 271, jan.-
484 mar., 2013.

- 485 CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3
486 ed. Viçosa: Editora UFV, 542 p., 2009.
- 487 COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relação
488 hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **IPEF**, v. 37, p.
489 33-44, 1987.
- 490 CYSNEIROS, V. C. **Estratégias para modelagem do volume comercial em**
491 **florestas tropicais**. 2016, 117p. Dissertação. Universidade Federal do Paraná,
492 Curitiba.
- 493 CYSNEIROS, V. C.; PELISSARI, A. L.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.;
494 SOUZA, L. Modelos genéricos e específicos para estimativa do volume comercial em
495 uma floresta sob concessão na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 114, junho de
496 2017.
- 497 Equipe Estatcamp. **Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e**
498 **qualidade, São Carlos - SP, Brasil, 2014.** Disponível em:
499 <http://www.portalaction.com.br/>. Acesso em: 19/09/2017.
- 500 FERREIRA, M.Z. **Modelagem da influência de variáveis ambientais no**
501 **crecimento e na produção de *Eucalyptus* sp.** 2009, 112p. Tese. Universidade
502 Federal de Lavras, Lavras.
- 503 GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Influência do número de árvores na determinação
504 de equação volumétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 50, p. 37-42,
505 1996.
- 506 HIGUCHI, F. G. **Dinâmica de volume e biomassa da Floresta de terra firme do**
507 **Amazonas**. 2015. 207p. Tese. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- 508 HIRAMATSU, N. A. **Equações de volume comercial para espécies nativas na**
509 **região do vale do Jari, Amazônia Oriental**. 2008, 108 f. Dissertação (Mestrado em
510 Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- 511 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico**
512 **da vegetação brasileira**. 2ª ed. Revisada e ampliada, 271 p., 2012.
- 513 INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS
514 RENOVÁVEIS – IBAMA. **Floresta Nacional do Tapajós – Plano de Manejo**. Brasília,
515 580p., 2004.
- 516 LEITE, F. S. L. **Estimativa do volume de madeira a partir do diâmetro da cepa em**
517 **uma área explorada de floresta amazônica de terra firme**. 2008. 74p. Dissertação.
518 Universidade de Brasília, Brasília.
- 519 LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Importância das variáveis altura dominante e altura
520 total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24,
521 n. 3, p. 301-310, 2003.
- 522 LIMA, G. C. P. **Comparação de diferentes métodos de cubagem de madeira de**
523 **povoamento de *Pinus taeda* L. na região serrana de Santa Catarina**. 2015. 133p.
524 Dissertação. Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages.
- 525 MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B. da; FIGUEIREDO, D. J.de. Modelagem do
526 volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de
527 *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, p. 186-197, jul/dez,
528 2002.

- 529 MACHADO, S. A.; TÉO, S. J.; URBANO, E.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.
530 Comparação de métodos de cubagem absolutos com o volume obtido pelo xilômetro
531 para Bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p.
532 239-253, jul/set. 2006.
- 533 MIRANDA, L. C.; PARO, B. A. V.; COSTA, G. R. Estimativa do volume em árvores de
534 *Hymenaea coubaril* L. e *Trattinnickia burserifolia* Mart. no norte de Mato Grosso.
535 **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 4, p. 219-223, out./dez, 2014.
- 536 MOURA, J. B. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa**
537 **volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira**. 1994. 114p.
538 Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- 539 OLIVEIRA, R. C. A.; RODE, R.; GAMA, J. R. V.; ALMEIDA, E. C. Equações
540 volumétricas para *Couratari stellata* A.C Smith (Tauari) na Floresta Nacional do
541 Tapajós. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 2, p. 138-144, 2017.
- 542 PINHO, G. S. C.; FIEDLER, N. C.; GUIMARÃES, P. P.; SILVA, G. F.; SANTOS, J.
543 Análise de custos e rendimentos de diferentes métodos de corte de cipós para
544 produção de madeira na floresta nacional do Tapajós. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 555-
545 560, 2009.
- 546 ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos
547 para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta**
548 **Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 107 – 114, 2006.
- 549 RUFINI, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M. Equações
550 volumétricas para o cerrado *Sensu stricto*, em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 16, n.
551 1, p. 1-11, jan/marc, 2010.
- 552 SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. UFLA/FAEPE, Lavras. 443p., 1997.
- 553 SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: parte I: modelos de regressão linear e**
554 **não linear: parte II: modelos para relação hipsométricas, volume, afilamento e**
555 **peso da matéria seca**. Lavras: UFLA/FAEPE. 352 p., 2005.
- 556 SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE – SEMAS.
557 **Instrução normativa nº 5 de 10/09/2015. Dispõe sobre procedimentos técnicos**
558 **para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de**
559 **Manejo Florestal Sustentável - PMFS nas florestas nativas exploradas ou não e**
560 **suas formas de sucessão no Estado do Pará, e dá outras providências**. Belém,
561 2015.
- 562 SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; CARVALHO, M. S. P.
563 Equações de volume para a floresta nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa**
564 **Florestal**, Colombo, v. 8, p. 50-63, 1984.
- 565 SILVA, M. L.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de
566 Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de
567 árvores de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 33, n. 6, p. 1133-1139, 2009.
- 568 SILVA-RIBEIRO, R. B.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O. Seccionamento para cubagem e
569 escolha de equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Cerne**, v. 20, p.
570 605-612, 2014.
- 571 SOARES, C. P. B., NETO, F. P., SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**.
572 Viçosa. Ed. UFV, 272p. 2011a.

573 SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE JUNIOR, H. U.; SILVA, G. F.;
574 FIGUEIREDO, L. T. M. Equações hipsométricas, volumétricas e de Taper para onze
575 espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1039 – 1051, 2011b.

576 STERNADT, G. H. **Cubagem de toras de mogno – Comparação do processo do**
577 **IBAMA e o adotado por madeireiras**. 2001. 100p. Livro – IBAMA – Laboratório de
578 Produtos Florestais, 2001. Disponível em:
579 <http://www.ibama.gov.br/ambtec/documentos/PROCESSOS_DE_CUBAGEM_DE_TORAS_DE_MOGNO_impress%E3o.doc>. Acesso em: 14/10/2017.

581 TAFFAREL, M.; CARVALHO, J. O. P.; MELO, L. O.; SILVA, M. G.; GOMES, J. M.;
582 FERREIRA, J. E. R. Efeito da silvicultura pós colheita na população de *Lecythis lurida*
583 (Miers) Mori em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**,
584 Santa Maria, v. 24, p. 887-896, 2014.

585 THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para
586 estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM.
587 **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, p. 283-289, 2010.

588 THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHENEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação
589 de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco.
590 **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, p. 319-327, 2006

591 TONINI, H.; BORGES, R. A. Equação de volume para espécies comerciais em
592 Floresta Ombrófila Densa no Sul de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, p.
593 111-117, 2015.

594 TREVISOR, T. T. **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de**
595 **ocorrência natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará**. 2011.
596 217p.Dissertação. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

597 VALENTE, M. D. R.; QUEIROZ, W. T.; PINHEIRO, J. G.; MONTEIRO, L. A. S. Modelo
598 de predição para o volume total de Quaruba (*Vochysia imundata* ducke) via análise de
599 fatores e regressão. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 35, p. 307-317, 2011.

600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610

Anexo I – Normas da Revista CERNE

Escopo e política

CERNE é uma revista da Universidade Federal de Lavras que tem como missão publicar artigos originais que representem uma contribuição importante para o conhecimento da Ciência Florestal (Ecologia Florestal, Manejo Florestal, Silvicultura e Tecnologia de Produtos Florestais).

Os manuscritos submetidos devem ser redigidos em inglês, devem ser originais, estar de acordo com as normas de publicação da revista e ainda não relatados ou submetidos para publicação em outro periódico ou veículo de divulgação. Seu conteúdo (dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos) é de responsabilidade única e exclusiva do(s) respectivo(s) autor(es). Quando necessário, deverá ser atestado que a pesquisa em questão foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição a que o autor responsável pela submissão do manuscrito é vinculado.

Ao submeter o artigo, os autores concordam que os direitos autorais do mesmo são automaticamente transferidos para o periódico Cerne. Os autores podem usar o artigo após a publicação, sem a autorização prévia da Cerne, desde que os créditos sejam dados à Revista.

No processo de publicação, o manuscrito submetido é avaliado, preliminarmente, pelo editor executivo que verifica se o mesmo se enquadra no escopo da revista e segue as diretrizes do periódico. Nessa pré-análise, o manuscrito pode não ser aceito para publicação ou ser preliminarmente aceito e encaminhado para a análise do editor de científico. O editor científico analisa o mérito do trabalho e, se considerar que o mesmo tem potencial para ser publicado, o envia para a avaliação de pelo menos dois revisores (referees). Com base nos pareceres dos revisores o

editor científico recomenda ou não sua aceitação à comissão editorial. Essa, por sua vez, decide, em última instância, se o artigo deve ou não ser publicado.

Forma e preparação de manuscritos

São publicados dois tipos de trabalhos: Artigos de Pesquisa e Artigos de Revisão. Apenas trabalhos originais devem ser submetidos para a Cerne. O manuscrito submetido para publicação deverá ser digitado no processador de texto Microsoft Word for Windows, obedecendo as especificações a seguir:

Espaçamento do texto: duplo

Margens: laterais, inferiores e superiores de três centímetros.

Recuo da primeira linha: 12,5 mm

Papel: formato A4

Fonte: Arial, tamanho 11.

Número de páginas: até 25 para Artigos de Pesquisa e até 30 para

Artigos de Revisão, incluindo figuras e tabelas. As páginas, linhas, tabelas e figuras devem ser numeradas consecutivamente.

Tabelas: devem fazer parte do corpo do artigo e ser apresentadas no módulo tabela do Word ou Excel. O título deve ficar acima da tabela. Linhas verticais separando colunas não devem existir.

Gráficos/Figuras/Fotografias: devem ser apresentados em preto e branco (em cores apenas se extremamente necessário), inseridos no texto após a citação dos mesmos e também em um arquivo à parte, salvos em extensão “tif” ou “jpg”, com resolução de 300 dpi. Os gráficos devem vir também em Excel, em arquivo à parte. O título deve aparecer embaixo da figura. O texto da figura deve ser nítido e com contraste.

Símbolos, equações matemáticas, abreviações e fórmulas químicas: deverão ser feitos em processador que possibilite a formatação, e não inserido como figura. Sempre que possível, devem seguir as normas apresentadas em:

International Union of Forestry Research Organizations. The standardization of symbols in forest mensuration. Maine Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 15. 1965.

Estrutura e organização

O artigo deve ser apresentado na seguinte sequência:

Título: Contendo no máximo 15 palavras em letras maiúsculas e em negrito.

Resumo: deve condensar, em um único parágrafo, o conteúdo, expondo objetivos, materiais e métodos, os principais resultados e conclusões em não mais do que 250 palavras. O resumo não deve conter citações.

Palavras-chave: no mínimo de três e máximo de cinco. Não devem repetir os termos que se acham no título, podem ser constituídas de expressões curtas e não só de palavras e devem ser separadas por vírgula.

Introdução: Deve apresentar uma visão concisa do estado atual do conhecimento sobre o assunto, que o manuscrito aborda e enfatizar a relevância do estudo, sem constituir-se em extensa revisão e, na parte final, os objetivos da pesquisa. Esta seção não pode ser dividida em subtítulos.

Material e Métodos: Esta seção pode ser dividida em subtítulos, indicados em negrito.

Resultados e Discussão: Podem ser divididas em subseções, com subtítulos concisos e descritivos indicados em negrito. Resultados e discussão podem ser apresentados como duas seções distintas.

Conclusões

Referências: Devem seguir as normas para citação abaixo.

CITAÇÕES NO TEXTO

As citações de autores no texto são conforme os seguintes exemplos:

a) Pereira (1995) ou (PEREIRA, 1995)

b) Oliveira e Souza (2003) ou (OLIVEIRA; SOUZA, 2003)

c). Havendo mais de dois autores, é citado apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al. (não itálico): Rezende et al. (2002) ou (REZENDE et al., 2002)

REFERÊNCIAS

Devem ser atuais e principalmente de periódicos: ao menos 70% das citações devem ser de 10 anos atrás ou mais atuais e ao menos 70% das citações devem ser de periódicos. Devem ser apresentadas da seguinte maneira:

a) Artigo de periódico

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M.; LIMA, R. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremannthus erythropappus*. *Cerne*, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2011.

APGAUA, D. M. G.; COELHO, P. A.; SANTOS, R. M.; SANTOS, P. F.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Tree community structure in a seasonally dry tropical forest remnant, Brazil. *Cerne*, v. 20, n. 2, p. 173-182, 2014.

b) Livro

BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. *Modeling Forest Trees and Stands*. Springer, 2012. 457p.

c) Capítulo de livro

FLEURY, J. A. Análise ao nível de empresa dos impactos da automação sobre a organização da produção de trabalho. In: SOARES, R. M. S. M. *Gestão da empresa*. IPEA/IPLAN, 1980. p. 149-159.

d) Dissertação e Tese

MAESTRI, R. Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais. 2003. 143 p. PhD thesis. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

e) Trabalhos de congressos, conferências e similares

Não aceitos.

f) Documentos eletrônicos (apenas de instituições e organizações renomadas) PLANT RESOURCES OF TROPICAL AFRICA. *Khaya ivorensis* A.Chev. Available at:

<http://www.prota4u.info/downloads/Khaya+ivorensis/Khaya+ivorensis.pdf>. Accessed in:

10 abril 2015.