

Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM

Fabio Thaines¹, Evaldo Muñoz Braz², Patrícia Povia de Mattos², Andréia Aparecida Ribeiro Thaines¹

¹Tecman Ltda, Tecnologia e Manejo Florestal, Rua Luiz Zacarias da Silva, 601, Estação Experimental, CEP 69912-620, Rio Branco, AC, Brasil, fabiothaines@tecman.eng.br; ribeirothaines@hotmail.com; ²Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil, evaldo@cnpf.embrapa.br; povoa@cnpf.embrapa.br

Resumo - A necessidade de quantificação do estoque de matéria-prima florestal, em floresta nativa, conduz para a busca de métodos eficientes de estimativa do volume de madeira, que possibilitem quantificar o estoque presente e futuro de maneira eficiente e precisa. O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos matemáticos, para estimativa de volume comercial de madeira, permitindo a determinação do potencial madeireiro de uma região, com maior precisão e menor custo. O estudo foi realizado no Município de Lábrea, AM, em uma área de 6 mil ha, inserida no Projeto de Manejo Florestal Seringal Iracema II. A floresta é predominantemente densa com árvores emergentes, também com ocorrência de Floresta Aberta com bambu e palmeiras. Foram cubadas pelo método Smalian 141 árvores de diferentes espécies comerciais para a estimativa do volume de madeira comercial. As equações obtidas são válidas para os diâmetros entre 50 cm e 140 cm e para florestas com estrutura semelhante; para árvores em pé, devido a sua simplicidade e precisão, a melhor equação foi a de Kopezki-Gehhardt ($V = -0,6870 + 0,00103 d^2$). Para árvores derrubadas ou para estudos de biomassa e estoque de carbono, a equação indicada foi a de Schumacher-Hall ($\ln V = -9,5452 + 2,12837 \ln(d) + 0,72209 \ln(hc)$).

Termos para indexação: Equações de volume, manejo florestal, floresta tropical.

Equations for estimating timber volume in the region of the River Basin of Ituxi, Lábrea, Amazon, Brazil

Abstract - To quantify the stock of commercial timber in forests demands efficient methods, making possible to estimate efficiently and accurately the present and future timber volume. The aim of this work was to adjust the mathematical models used to estimate timber volume, allowing the determination of the timber potential of a region with greater accuracy and lower cost. The study was conducted at Lábrea, State of Amazonas, Brazil in an area of 6,000 ha, inserted in the Project Forest Management Seringal Iracema II. The forest is predominantly dense with emergent trees, also with the occurrence of open forest with bamboo and palms. For the process of adjusting the models to estimate the volume of commercial timber, 141 trees of commercial species were cubed by Smalian method. The equations developed for the Forest Management Project Seringal Iracema II are valid for diameters between 50 cm and 140 cm and for forests with similar structure; to standing trees due to its simplicity and accuracy, the best equation was Kopezki-Gehhardt ($V = -0.6870 + 0.00103 d^2$); for felling trees or for studies of biomass and carbon stock, the equation indicated is Schumacher-Hall ($\ln V = -9.5452 + 2.12837 \ln(d) + 0.72209 \ln(h)$).

Index terms: Volume equations, tropical forest, forest management.

Introdução

As técnicas de manejo de florestas naturais, voltadas para a exploração do recurso madeireiro, têm sido continuamente melhoradas, com o objetivo de garantir esse recurso para gerações futuras. A redução no impacto de exploração com técnicas de baixo impacto, aliadas àquelas de silvicultura de precisão (Figueiredo et al., 2007), já garantem resultados altamente positivos, considerando o manejo tradicional das florestas naturais

(Braz, 2010). Outras linhas de pesquisa com resultados promissores para aplicação nos planos de manejo, disponíveis na literatura técnica recente, buscam analisar a sustentabilidade das taxas e ciclos de corte empregados, considerando o ritmo de crescimento das espécies (Brienen & Zuidema, 2006; Schöngarten, 2008; Mattos et al., 2010) e sua diversidade genética (Sebbenn et al., 2008), aliada à distribuição espacial e diamétrica (Schulze et al., 2008; Nebel & Meilby, 2005).

A compreensão do crescimento da floresta é importante não apenas para se conhecer o estoque comercial. A quantificação do estoque de carbono e o acúmulo de biomassa como resposta da floresta às mudanças climáticas também tem ganhado espaço nas prioridades de pesquisa (Keller et al., 2001; Nogueira et al., 2008).

No entanto, algumas técnicas simples são necessárias para o dia a dia das empresas florestais. Quando se trata de floresta nativa de grande porte, a quantificação do volume é influenciada por fatores peculiares desta tipologia, os quais dificultam a estimativa do volume, como por exemplo: determinação da altura total, da altura do fuste, presença de diâmetros irregulares e sapopemas, entre outros.

A necessidade de quantificação do estoque de matéria-prima florestal, em floresta nativa, nos leva a buscar métodos eficientes de estimativa do volume comercial de madeira das árvores, que possibilite quantificar o estoque presente e futuro de maneira eficiente e precisa, norteando decisões silviculturais que culminem na máxima produção e rentabilidade da floresta.

Um dos métodos mais usuais de estimativa do volume comercial é o fator de forma, que considera a conicidade das árvores, estabelecendo a relação entre o volume de madeira e o volume do cilindro, estimado, utilizando-se a área transversal da árvore à altura do peito e a altura do fuste comercial. O grande problema deste método está na estimativa da altura em florestas nativas, onde muitas vezes a falta de visibilidade e a inexperiência, entre outros fatores, interferem substancialmente nos resultados, além de ser uma grande fonte de erros, podendo chegar a 10% para mais ou para menos, segundo Moura (1994).

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, através de equações de volume devidamente ajustadas às características do povoamento objeto de manejo.

Vários autores têm disponibilizado equações de volume desenvolvidas para diferentes regiões da Floresta Amazônica (Baima et al., 2001; Rolim et al., 2006; Leite et al., 2006; Colpini, et al., 2009). No entanto, devido

à diversidade da floresta Amazônica, mais trabalhos são necessários para se estimar o estoque de madeira em regiões ainda não estudadas, sendo importante que se desenvolvam modelos volumétricos locais, como destacam Rolim et al. (2006).

O presente trabalho tem como objetivo ajustar modelos matemáticos, para estimativa de volume comercial de madeira para aplicação em planos de manejo, permitindo a determinação do potencial madeireiro de uma região, com maior precisão e menor custo.

Material e métodos

A área onde se realizou esse estudo de cubagem está situada no Município de Lábrea, no Estado do Amazonas, com área total de 6 mil ha, inserida no Projeto de Manejo Florestal Seringal Iracema II, cujas coordenadas geográficas são 9°39'41''S e 66°41'49''W. O clima é quente e úmido (Am – Köppen), com um período seco de três meses por ano. A temperatura média é de 25 °C, umidade relativa do ar varia de 80% a 85% e precipitação anual de 2.250 mm. Os solos predominantes são podzólicos e latosolos vermelho-amarelo, distróficos, com pH variando de 3,5 a 5 (Projeto RadamBrasil, 1976). O relevo é suave ondulado, com erosão laminar. A área está inserida na área da micro-bacia do Rio Ituxi. A propriedade apresenta apenas cursos d'água de regime temporário. A floresta é predominantemente densa com árvores emergentes, também com ocorrência de Floresta Aberta com bambu e palmeiras. No inventário florestal prospectivo (DAP \geq 50 cm) foram identificadas 124 espécies, com volume médio total de madeira (DAP \geq 50 cm) de aproximadamente 64 m³ ha⁻¹. O volume comercial de madeira foi estimado em aproximadamente 20 m³ ha⁻¹, considerando 12 espécies com mercado local e externo definido com DAP \geq 50 cm.

As principais espécies comerciais encontradas foram *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier, *Tabebuia* spp., *Cedrela odorata* L., *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr., *Peltogyne* sp., *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth., *Couratari* sp. e *Parkia multijuga* Benth.

Para o procedimento de ajuste dos modelos para estimativa do volume de madeira comercial, foi utilizado um conjunto de dados proveniente da cubagem pelo método Smalian, de 141 árvores de diferentes espécies comerciais que ocorrem na região do estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Volume comercial calculado pelo método de Smalian para 141 árvores de diferentes espécies da região de estudo.

Espécies	Número de árvores	DAP médio (cm)	Volume médio (m ³)
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	2	69,08	2,76
<i>Parkia multijuga</i> Benth.	2	89,45	6,57
<i>Cedrela odorata</i> L.	33	71,17	4,12
<i>Torresea acreana</i> Ducke	11	72,95	5,71
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	3	86,48	7,99
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	29	83,12	6,9
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr	17	81,13	6,35
<i>Tabebuia</i> spp.	4	78,63	5,79
<i>Guarea trichilioides</i> L.	1	70,98	2,89
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier	7	77,85	6,27
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	1	105,04	14,55
<i>Peltogyne</i> sp.	13	73,41	5,03
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	8	100,59	10,42
<i>Andira</i> sp.	2	76,72	4,39
<i>Couratari</i> sp.	8	87,89	7,82
Total	141	79,24	6,04

Os modelos utilizados para estimativa do volume estão apresentados na Tabela 2. Para a seleção dos modelos, buscou-se aqueles já identificados como os mais adequados para as florestas em regiões semelhantes (Silva et al., 1984; Baima et al., 2001; Rolim et al.,

2006). Foram selecionados preferencialmente modelos de simples entrada, que utilizam apenas o diâmetro das árvores para estimar o volume. Entretanto, foram também consideradas equações de dupla entrada.

Tabela 2. Relação dos modelos matemáticos de simples entrada pré-selecionados para estimar volume dos indivíduos arbóreos.

Número da equação	Modelo matemático	Autores
1	$V = b_0 + b_1 \cdot d^2$	Kopecki-Gehhardt
2	$V = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$	Hohenadl-Krenn
3	$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot d^2 \cdot hc + b_3 \cdot d \cdot hc^2 + b_4 \cdot hc^2$	Naslund (modificada)
4	$\ln V = b_0 + b_1 \ln(d) + b_2 (1/d)$	Brenac
5	$\ln V = b_0 + b_1 \ln(d)$	Husch
6	$\ln V = b_0 + b_1 \ln(d^2 \cdot hc)$	Spurr
7	$\ln V = b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln(hc)$	Schumacher-Hall

V = volume comercial; B₀, B₁, B₂, B₃, e B₄ = coeficientes; Ln = logaritmo neperiano; d = diâmetro em centímetros e hc = altura comercial em metros.

Os critérios utilizados para a seleção dos melhores modelos foram o coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj}); erro padrão de estimativa (Syx), sendo que para as equações logarítmicas houve a correção pelo Índice de Furnival; coeficiente de variação (CV%) e valor de F. Posteriormente, foi elaborada uma tabela de ponderação dos parâmetros para identificação dos melhores modelos. Também foi considerada a distribuição gráfica dos resíduos e feita a comparação entre as estimativas de volume aplicando-se as equações.

Incluiu-se o teste F de Graybill entre as equações selecionadas como mais adequadas para confirmação de que o volume estimado não era significativamente diferente do volume real. Para isso, utilizou-se a metodologia apresentada por Rolim et al. (2006), sendo necessário o ajuste de uma equação de regressão entre o volume real (V_{real}) e o estimado (V_{est}): $V_{real} = b + b_1 V_{est} + \epsilon$. O valor de F calculado é comparado com um F tabelado (α ; p; n-p). A fórmula usada para o cálculo do F de Graybill foi:

$$F_{calc} = \frac{[\beta_0(\beta_1 - 1)] \left[\frac{n}{\sum V_{est}} \frac{\sum V_{est}}{\sum V_{est}^2} \right] \left[\frac{\beta_0}{\beta_1 - 1} \right]}{2QMR}$$

onde, QMR é o quadrado médio do resíduo, n é o número de árvores, β_0 e β_1 coeficientes das equações ajustadas, e V_{est} é o volume estimado.

Resultados e discussão

O volume total medido foi de 852,060 m³ (6,040 m³ por árvore), com um erro padrão de 0,2617; o menor volume 1,470 m³ e o maior de 21,805 m³. A média em altura foi de 15,5 m, com o erro padrão de 0,2757, sendo a menor altura comercial, 7,3 m e a maior, 23,8 m. A média em diâmetro foi de 79,2 cm, com erro padrão de 1,3209, sendo o menor 51,9 cm e o maior de 141,7 cm. O fator de forma médio encontrado foi de 0,75 (com

erro padrão de 0,0085 e com variação de 0,45 a 0,96), similar ao de Moura (1994), que encontrou o fator de forma médio de 0,75 (com variação de 0,62 a 0,79).

Na Tabela 3 são apresentadas as equações ajustadas com seus respectivos parâmetros da regressão. Os coeficientes de determinação separaram claramente as equações de simples entrada das de dupla entrada, pois os coeficientes das equações de simples entrada são relativamente menores ($R^2_{aj} = 0,82$ a $0,91$). Os maiores erro padrão da estimativa e coeficiente de variação foram encontrados na equação de Hohenadl-Krenn. O maior coeficiente de determinação, menores coeficiente de variação e erro padrão da estimativa foram encontrados na equação de Schumacher-Hall. Semelhante ao observado por Silva et al. (1984), a introdução da variável altura melhorou significativamente a precisão da equação de volume.

Tabela 3. Equações de volume ajustadas para árvores da Floresta Ombrófila Densa, AM.

Equação	Coeficientes					R ² aj	Syx	CV%	F _{cal}
	B0	B1	B2	B3	B4				
1	-0,6870	0,00103	-	-	-	0,85	1,1926	19,87	789,95
2	-1,7790	0,0253	0,00089	-	-	0,85	1,1957	19,92	393,12
3	-1,08198	0,00062	0,000020	0,00002	0,00246	0,92	0,8607	14,34	411,71
4	-1,5906	1,0571	-101,4855	-	-	0,82	1,0832*	11,93	310,94
5	-8,3315	2,3004	-	-	-	0,82	1,0917*	11,99	623,02
6	-9,29516	0,96085	-	-	-	0,91	0,7652*	8,40	1.411,94
7	-9,54520	2,12837	0,72209	-	-	0,92	0,7048*	7,76	827,86

R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação; F_{cal} = valor de F da análise de variância e b₀, b₁, b₂, b₃, e b₄ – coeficientes, (*) Sxy corrigidos pelo Índice de Furnival.

Considerando o volume total das 141 árvores, as equações obtiveram os seguintes volumes: Kopezki-Gehhardt, 850,48 m³; Hohenadl-Krenn, 854,15 m³; Naslund, 851,04 m³; Brenac, 833,05 m³; Husch, 838,06 m³; Spurr, 843,56 m³ e Schumacher-Hall, 847,98 m³. A equação de Brenac subestimou muito abaixo do volume real e a equação de Hohenadl-Krenn superestimou o volume total.

A classificação apresentada na Tabela 4 confirma a equação Schumacher-Hall como a melhor entre as testadas, semelhante ao obtido por Rolim et al. (2006). Considerando apenas as equações de simples entrada, a classificação indica a de Husch, entretanto, esta também subestimou o volume total.

Tabela 4. Parâmetros estatísticos ponderados, para os modelos testados para a estimativa de volume das árvores de folhosas.

Equação	Escore dos parâmetros estatísticos				Pontuação/classificação
	R ² aj	S _{yx}	CV%	F _{cal}	
1	3	6	6	3	18 (5)
2	3	7	7	6	23 (6)
3	1	3	5	5	14 (3)
4	4	4	3	7	18 (5)
5	4	5	4	4	17 (4)
6	2	2	2	1	7 (2)
7	1	1	1	2	5 (1)

R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação e F_{cal} = valor de F da análise de variância.

Analisando-se os resíduos (Figura 1), no caso das equações de dupla entrada, foi observado que estes não são significativamente discrepantes entre si, ou seja, não existe um padrão aparente dos resíduos em relação

ao eixo das abscissas. A maior variação observada no início pode ser devido à escassez de dados nos menores diâmetros.

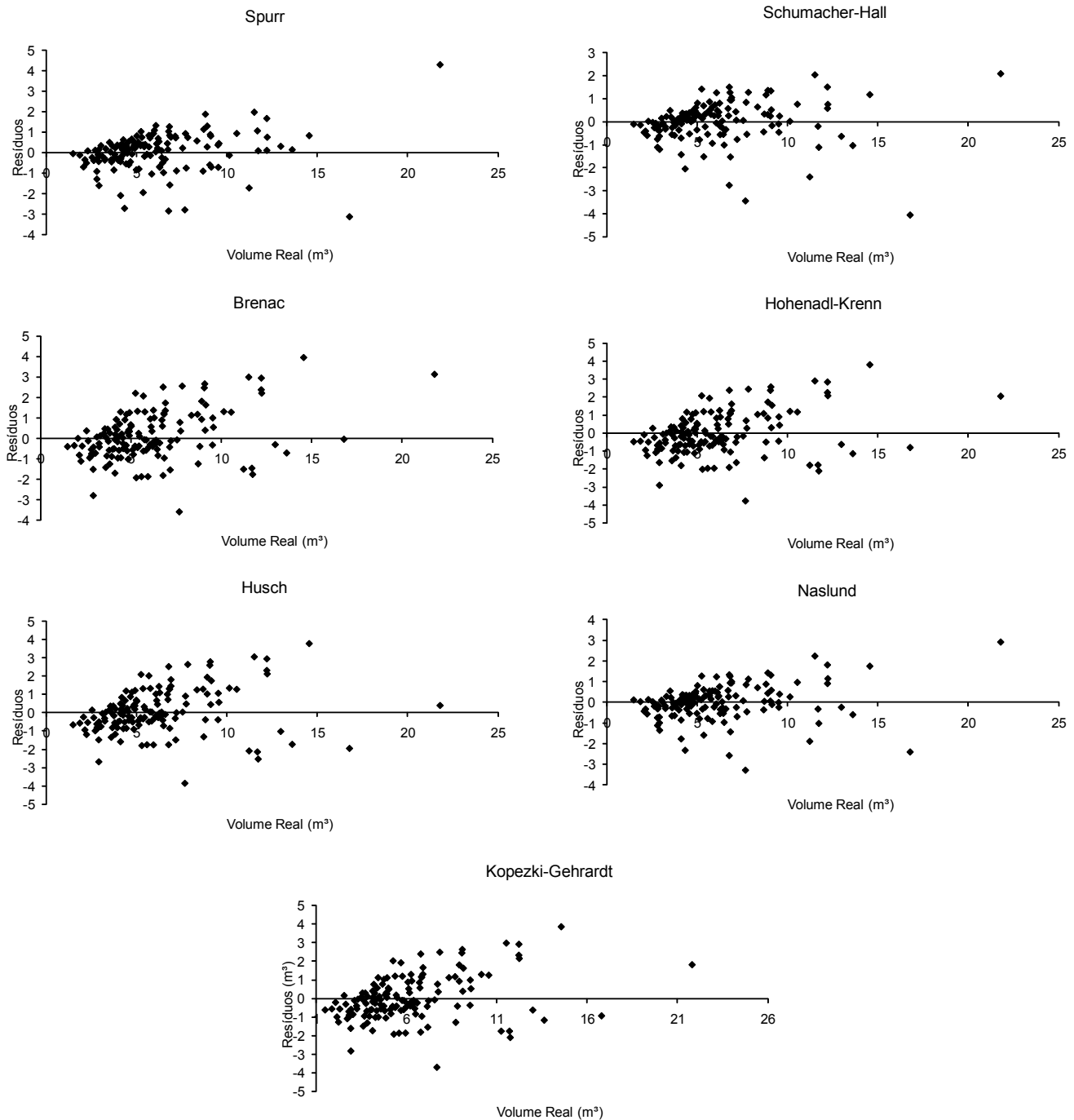


Figura 1. Distribuição dos resíduos obtidos pelo cálculo do volume aplicando-se as diferentes equações geradas.

No caso de simples entrada, Husch e Hohenadl-Krenn ficaram semelhantes na classificação. Entretanto, Husch subestimou muito o volume e Hohenadl-Krenn superestimou. Considerando todos estes fatores, entre as equações de simples entrada foi selecionada a equação 1 (Kopezki-Gehardt) e entre as de dupla entrada a equação 7 (Schumacher-Hall). Ambas subestimam levemente o volume, mas isto, em se tratando de planejamento é preferencial a superestimar. Para ambos os modelos selecionados, o teste F de Graybill apresentou resultado não significativo ($F_{cal} = -0,00042$ no modelo de Kopezki-Gehardt; $F_{cal} = -0,03003$, no modelo de Schumacher-Hall; ambos menores que $F_{tab} = 3,8748$), comprovando que os volumes estimados são estatisticamente iguais aos volumes reais.

Rolim et al. (2006) testaram diferentes modelos para estimativa de volume com 51 árvores na Flona do Tapajós, PA, e observaram que entre os modelos de simples entrada o modelo logarítmico de Husch se ajustou melhor aos dados ($R^2_{aj.} = 0,9105$) e, entre os de dupla entrada, o logarítmico de Schumacher & Hall se ajustou melhor ($R^2_{aj.} = 0,9942$). No caso deste trabalho, confirmou-se a equação de Schumacher & Hall quando se trata de dupla entrada.

Ainda segundo Rolim et al. (2006), o uso do modelo da Flona de Tapajós ou o uso do modelo de volume cilíndrico com fator de forma 0,7 subestimam a volumetria na Flona do Tapirapé. Com valor semelhante, neste trabalho, foi encontrado o fator de forma médio de 0,75. Apesar destes pontos em comum (Figura 2), os valores obtidos nos fatores de forma não se relacionam com os diâmetros (correlação de 0,0471), podendo assumir qualquer valor em qualquer classe, o que dificulta sua utilização como aferidor definitivo do volume, tornando necessária a utilização de equações de volume. Colpini et al. (2009) obtiveram fator de forma médio de 0,7424 e 0,7297 com e sem casca, respectivamente, em trabalho realizado com árvores da Floresta Ombrófila Aberta, no Mato Grosso, sendo que o modelo de Schumacher-Hall foi o que melhor se ajustou aos dados de volumes com e sem casca.

Considerando-se o trabalho de Baima et al. (2001), os coeficientes de variação estão mais baixos, sendo que a equação escolhida de simples entrada foi a de Husch e de dupla entrada a equação de Spurr. Estas diferentes escolhas confirmam os resultados de Nogueira et al. (2008), que observaram a necessidade de se usar

equações distintas para áreas da Amazônia Central e da região Sul, devido às diferenças marcantes na floresta nessas duas regiões.

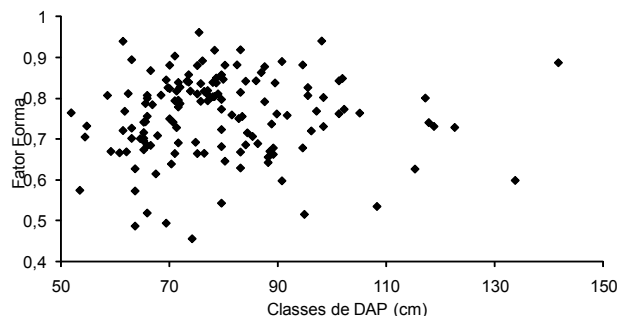


Figura 2. Relação entre classe de DAP e Fator Forma.

Conclusões

As equações obtidas para o Projeto de Manejo Florestal Seringal Iracema II são válidas para os diâmetros entre $50 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 140 \text{ cm}$ e para florestas com estrutura semelhante;

Para árvores em pé, devido a sua simplicidade e precisão, a equação indicada é: $V = -0,6870 + 0,00103 d^2$ (Kopezki-Gehardt);

Para árvores derrubadas ou para suporte a estudos de biomassa e estoque de carbono, a equação indicada para a região em estudo é $\text{Ln}V = -9,5452 + 2,12837 \text{Ln}(d) + 0,72209 \text{Ln}(hc)$ (Schumacher-Hall).

Referências

- BAIMA, A. M. V.; SILVA, S. M. A. da; 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. (Ed.). **A silvicultura na Amazônia Oriental**: Contribuições do projeto Embrapa-DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p.367-392. il.
- BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 2010. 236 f. il. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. The use of tree rings in tropical Forest management: projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 226, n. 1-3, p. 256-267, 2006.
- COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 97-104, 2009.

- FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d. (Ed.). **Manejo de precisão em florestas tropicais**: modelo digital de exploração florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183 p.
- KELLER, M.; PALACE, M.; HURTT, G. Biomass estimation in the Tapajos National Forest, Brazil: Examination of sampling and allometric uncertainties. **Forest Ecology and Management**, v. 154, n. 3, p. 371-382, 2001.
- LEITE, H. G.; GAMA, J. R. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (Roll.) Warb. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 99-106, 2006.
- MATTOS, P. P. de; SALIS, S. M. de; BRAZ, E. M.; CRISPIM, S. M. A. Sustainable management of natural forests in Pantanal region, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 321-333, 2010.
- NEBEL, G.; MEILBY, H. Growth and population structure of timber species in Peruvian Amazon flood plains. **Forest Ecology and Management**, v. 215, n. 1-3, p. 196-211, 2005. doi:10.1016/j.foreco.2005.05.017
- NOGUEIRA, E. M.; FEARNSTIDE, P. M.; NELSON, B. W.; BARBOSA, R. I.; KEIZER, E. W. H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 11, p. 1853-1867, 2008. doi:10.1016/j.foreco.2008.07.022
- MOURA, J. B. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira**. 1994. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Curitiba, Curitiba.
- PROJETO RADAMBRASIL. Folha SC.19 Rio Branco. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1976. v. 12 452 p. 6 mapas escala 1:1.000.000 - Geológico; Exploratório de solos; Uso potencial da terra; Fitoecológico; Gemorfológico; Aptidão agrícola; 1 mapa escala 1:1.500.000 - Subsídios ao planejamento regional. (Levantamento de Recursos Naturais, 12). Anexo: IV-Vegetação: análise estatística de dados.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 107-114, 2006.
- SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian varzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n; 1-2, p. 46-58, 2008.
- SCHULZE, M.; GROGAN, J.; UHLE, C.; LENTINI, M.; VIDAL, E. Evaluating ipê (*Tabebuia*, Bignoniaceae) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation? **Biological Conservation**, v. 141, n. 8, p. 2071-2085, 2008. doi:10.1016/j.biocon.2008.06.003
- SEBBENN, A. M., DEGEN B. V.; AZEVEDOV C. R., SILVA; M. B., LACERDA, A. E. B., CIAMPI, A. Y., KANASHIRO, M., CARNEIRO, F. S., THOMPSON, I., LOVELESS, M. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 254, n. 2, p. 335-349, 2008.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; CARVALHO, M. S. P. de. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 8/9, p. 50-63, jun./dez. 1984.

Recebido em 13 de agosto de 2010 e aprovado em 19 de novembro de 2019