

# Equações de volume para galhos de espécies em diferentes grupos de valor econômico em uma Floresta Ombrófila Mista

## Selection of mathematical equations to estimate the volume of branches for different groups of economic value in an Araucaria Forest

Geedre Adriano Borsoi<sup>1(\*)</sup>  
Bruna Verediana Müller<sup>2</sup>  
Doádi Antônio Brena<sup>3</sup>

### Resumo

O objetivo deste estudo foi testar equações matemáticas e estimar o volume de galhos para espécies de três grupos de valor econômico em uma área de Floresta Ombrófila Mista, situada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Foi realizada a cubagem rigorosa dos galhos de 287 árvores-amostra. Além dos galhos de cada árvore selecionada, o restante do fuste comercial (resíduo) foi considerado na determinação do volume total de galhos. As árvores-amostra selecionadas foram separadas e classificadas em grupos de valor econômico. Dez modelos volumétricos foram testados, sendo que para a seleção do melhor modelo foram analisados o coeficiente de determinação ajustado, o coeficiente de variação; os desvios médios relativos, desvio absoluto relativo, o valor ponderado e a distribuição gráfica dos valores residuais. A divisão da floresta em grupos de valor comercial mostrou-se eficiente no ajuste de equações matemáticas. As equações selecionadas para estimar o volume de galhos foram: “1 de Meyer”, para o grupo de baixo valor; a “5 de Spurr”, para o grupo de médio valor, a “2 de Meyer – modificada”, para o grupo de alto valor comercial; e a “equação 3, de Naslund – modificada”, para a floresta.

**Palavras-chave:** volume de galhos; manejo florestal; biometria florestal; regressão; Floresta Ombrófila Mista.

---

1 Dr.; Engenheiro Florestal; Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC; Endereço: Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, CEP: 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil; E-mail: a2gab@cv.udesc.br (\*) Autor para correspondência.

2 Mestranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, UFPR; Professora do Instituto Federal Catarinense, *Campus* Rio do Sul; Endereço: Estrada do Redentor, 5665, Canta Galo, CEP: 89160-000, Rio do Sul, Santa Catarina, Brasil; E-mail: brunynha\_rsl@hotmail.com

3 Dr.; Engenheiro Florestal; Assessor Técnico da Associação Gaúcha de Empresas Florestais - AGEFLOR; Endereço: Travessa Francisco Leonardo Truda, 40, sala 171, Centro, CEP: 90010-050, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: brena\_florestal@yahoo.com.br

## Abstract

The objective of this study was to test mathematical equations, and estimate the volume of branches for groups of three species of economic value in an area of Araucaria Forest, located in the northeast region of Rio Grande do Sul. Rigorous scaling of branches of 287 sample trees were performed. Besides considering the branches of each tree selected, the rest of the commercial tree trunks (residue) were taken into account for the determination of the total amount of branches. The selected sample trees were separated and classified into groups of economic value. Ten volumetric models were tested. For selecting the best model, the analysis focused on the determination coefficient, the coefficient of variation, the average relative and absolute deviations, the weighted relative value and the graphic distribution of residual values. The division of the forest in groups of commercial value was efficient to adjust the mathematical equations. The equations selected to estimate the volume of branches were the “1 of Meyer”, for the group of low value; the “5 of Spurr”, for the group of medium value; the “2 of changed Meyer”, for the group of high commercial value; and the “equation 3 of changed Naslund” for the forest.

**Keywords:** Volume of branches; Forest management; Forest Bometrics; Regression; Araucaria Forest.

## Introdução

A preocupação com o manejo sustentado das florestas naturais, como a Floresta Ombrófila Mista, é cada vez mais acentuada, uma vez que a constante procura pela matéria-prima e a necessidade da preservação das formações florestais naturais ainda existentes, exigem informações concretas a respeito da distribuição do volume das diversas espécies na floresta.

Na Floresta Ombrófila Mista, a Araucária (*Araucaria angustifolia*) é a espécie dominante na vegetação, representando grande número de indivíduos do estrato superior e as maiores alturas. Com relação à estrutura da floresta, esta pode se manifestar como uni ou multiestratificada, com apenas uma ou mais espécies, sendo perceptível, na maioria dos casos, a existência de três estratos arbóreos.

Atualmente, as tabelas de volume têm uma posição definida na estimação da produtividade das floretas. Porém, o uso de tabelas de produção para espécies nativas é raro e, por vezes, inadequado, devido às variadas formas de vegetação e a variação do porte comercial. Além disso, as tabelas limitam-se somente à estimação do volume comercial do fuste (CAMPOS et al., 2001).

No intuito de minimizar esta deficiência, alguns autores testaram equações de volume para estimar o volume de espécies para alguns tipos florestais do Brasil. São eles: Heinsdijk et al. (1963, 1965), Jorge (1982), Fernandes et al. (1991), Souza e Jesus (1991), Belchior (1996), entre outros.

Além do volume do tronco, o volume de galhos também assume importância na obtenção de estimativas precisas da produtividade da floresta, principalmente quando se avaliam diferentes usos, como por

exemplo, a biomassa aérea. Conforme Brena et al. (1988), os resíduos florestais adquiriram tamanha importância que os inventários não podem prescindir da avaliação precisa deste componente.

Dentre as espécies selecionadas, foram descartadas as espécies constantes na lista oficial de espécies em risco de extinção, como é o caso da *Araucaria angustifolia*, Kuntze.

Assim, o objetivo deste estudo foi testar equações matemáticas para estimativa do volume de galhos para três grupos de espécies pré-selecionadas da Floresta Ombrófila Mista.

## **Materiais e Métodos**

### **Caracterização da área de estudo**

Este estudo foi realizado em uma área de Floresta Ombrófila Mista em estágio médio e avançado de desenvolvimento, localizada na Fazenda Tupi, município de Nova Prata, situado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é temperado úmido do tipo Cfb, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C e do mês mais frio a 13° C e a precipitação média anual oscila entre 1.750 e 2.250 mm, regularmente distribuída em todo o ano (MORENO, 1961). Os solos da região são classificados como Terra Bruna Estruturada Húmica, com horizonte B estrutural não definido. São solos minerais não hidromórficos, moderadamente drenados, com textura argilosa e fortemente ácida (BRASIL, 1973).

### **Coleta dos dados**

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de 287 árvores, distribuídas em sete classes diamétricas, de 15, 25, 35, 45, 55, 65 e 75 centímetros.

As árvores-amostra utilizadas no desenvolvimento deste estudo foram selecionadas em três blocos de avaliação. Em cada um dos blocos foram instaladas seis unidades amostrais de 0,5 hectare, que receberam diferentes intervenções de manejo, exceto uma, que foi mantida como unidade testemunha. Estes blocos pertencem a outro projeto maior iniciado em 1992, onde se estudam diferentes intervenções visando o manejo sustentável.

A seleção das árvores-amostra se deu em função da distribuição dos indivíduos em classes de DAP (diâmetro medido a 1,3 metro de altura do solo), com amplitude da classe de 10 centímetros, e em função das melhores características que cada uma delas apresentava, como a retinidade do fuste, distribuição da copa, sanidade, distribuição uniforme na área manejada, entre outros. Além dessa pré-seleção, as árvores selecionadas deveriam apresentar distribuição uniforme na área manejada.

A fim de que a árvore selecionada, realmente representasse a sua espécie dentro de uma determinada classe diamétrica, estas foram separadas e classificadas em grupos, observando-se o valor econômico da espécie empregado na região. Dessa forma, foram definidos três grupos: baixo, médio e alto valor econômico. Ressalta-se que nesta seleção, a *Araucaria* foi desconsiderada, devido à sua atual proibição de corte.

As árvores-amostra possuíam diâmetro igual ou superior a 10,0 centímetros e estavam distribuídas nas 15 unidades pertencentes aos três blocos de avaliação.

A identificação taxonômica das espécies foi realizada por meio de consultas ao Laboratório de Dendrologia da Universidade Federal de Santa Maria, consulta a especialistas e à literatura especializada.

Todas as árvores-amostra selecionadas tiveram seus galhos cubados por meio do método de Smalian (HUSCH et al., 1972). As medições do diâmetro foram tomadas na base dos galhos e, em seguida, de metro em metro, até o limite de 4,0 centímetros de diâmetro. Além dos galhos de cada árvore, o restante do fuste (parte não comercial - resíduo), passou a ser considerado como galhos, completando, portanto, o volume total de galhos de cada árvore. Neste trabalho, a altura comercial foi considerada como toda a extensão do tronco passível de desdobro em serra-fita.

### Uso de modelos matemáticos na determinação do volume de galhos

O volume estimado de galhos para cada bloco de avaliação foi obtido por meio da equação matemática selecionada dentre as testadas neste estudo, as quais são apresentadas na tabela 1.

Para a seleção da melhor equação matemática dentre as que foram testadas, analisou-se o ajuste de cada equação

comparativamente, observando-se os critérios de precisão estatística. Os critérios de precisão estabelecidos foram: a) coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ); b) coeficiente de Variação (CV%); c) desvios médios relativos (D%); d) desvio absoluto relativo ( $D_{abs.}$  %); e) valor ponderado (VP); f) distribuição gráfica dos valores residuais.

## Resultados e Discussão

### Identificação das espécies e divisão das árvores-amostra por grupo de valor econômico

Foram identificadas 40 espécies dentre as árvores-amostra selecionadas, representando 18 famílias botânicas. Quanto à divisão da floresta em três diferentes grupos, esta foi necessária na tentativa de se obter estimativas por grupo de espécies com características similares. A relação das espécies arbóreas utilizadas na determinação do volume de galhos e o seu agrupamento por grupo econômico são apresentados na tabela 2.

**Tabela 1.** Equações matemáticas para estimativas de volume de galhos

Nº da Equação	Equação	Autor(es)
1	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h + b_5 h$	Meyer
2	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h^2 + b_4 d^2 h$	Meyer modificada
3	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 h^2$	Naslund modificada
4	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate
5	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
6	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	Hohenald-Krenn
7	$v = b_0 + b_1 d^2$	Kopezky-Gehrhardt
8	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h$	Ogaya modificada
9	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log^2 d + b_3 \log h + b_4 \log^2 h$	Prodan
10	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 d^{-1}$	Brenac

Nota: Em que:  $\log$  = logaritmo de base 10;  $v$  = volume de galhos ( $m^3$ );  $d$  = diâmetro (cm);  $h$  = altura (m);  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  e  $b_5$  = parâmetros a serem estimados.

Fonte: Loetsch et al (1973) apud Schneider (1993).

**Tabela 2.** Relação das espécies arbóreas utilizadas na determinação do volume de galhos

Grupo econômico	Família	Nome científico	Nome popular	Nº de indivíduos	
Baixo Valor	Cunoniaceae	<i>Lamanonia speciosa</i>	Guaperê	1	
	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Branquilha-leiteiro	2	
	Myrtaceae	<i>Myrceugenia mierciana</i>	Guamirin	10	
		<i>Myrcia bobicina</i>	Guamirin	1	
		<i>Myrciaria sp</i>	Cambuim	4	
		<i>Myrciaria tenella</i>	Cambuim	1	
		<i>Siphoneugenia reitzii</i>	Cambuim	3	
	Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	Chau-chau	9	
	Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i>	Fumeiro-bravo	3	
	Styracaceae	<i>Styrax leprosum</i>	Carne-de-vaca	8	
	Médio Valor	Anarcadiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i>	Bugreiro	12
Aquifoliaceae		<i>Ilex paraguariensis</i>	Erva-mate	1	
		<i>Ilex theezans</i>	Caúna	14	
Elaeocarpaceae		<i>Sloanea monosperma</i>	Sapopema	3	
Erythroxylaceae		<i>Erythroxylum deciduum</i>	Cocão	7	
Euphorbiaceae		<i>Sapium glandulatum</i>	Toropí	1	
		<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilha	12	
Fabaceae		<i>Lanchocarpus campestris</i>	Farinha-seca	1	
Flacourtiaceae		<i>Casearia decandra</i>	Camboatá-branco	15	
		<i>Xilosma ciliatifolium</i>	Açucará	1	
Myrsinaceae		<i>Myrsine sp</i>	Capororoca	2	
		<i>Blephrocalyx salicifolius</i>	Murta	6	
		<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guavirova	14	
		Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i>	Cerejeira	2
			<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	7
<i>Myrcianthes pungens</i>			Guabijú	8	
		<i>Psidium cattleianum</i>	Araçá	7	
Rutaceae	<i>Zanthoxylum kleinii</i>	Juvevé	1		
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-cadela	5		
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	Camboatá-vermelho	13		
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá-branco	30		

(continua...)

(...continuação)

Grupo econômico	Família	Nome científico	Nome popular	Nº de indivíduos
Alto Valor	Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico	11
		<i>Cinamomum amoenium</i>	Canela	1
		<i>Cryptocaria aschersoniana</i>	Canela-pururuca	17
	Lauraceae	<i>Ocotea catarinensis</i>	Canela-preta	21
		<i>Ocotea puberulla</i>	Canela-guaicá	1
		<i>Ocotea pulchella</i>	Canela-lageana	9
	Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	Açoita-cavalo	2
	Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	3
	Rosaceae	<i>Prunus myrtilifolia</i>	Pessegueiro	18
	<b>Total</b>			

Para os três grupos, as árvores foram abatidas em diferentes frequências, em todas as suas classes de diâmetro. O número de árvores abatidas por classe de diâmetro em cada grupo é apresentado na tabela 3.

cada grupo de valor econômico e para a floresta. Os valores das equações selecionadas, correspondente aos grupos e à floresta como um todo, estão relacionados na tabela 4.

**Tabela 3.** Distribuição das árvores por centro de classe de diâmetro e total de árvores abatidas por grupo

Grupos econômicos	Classe DAP (cm)							Total
	15	25	35	45	55	65	75	
Baixo valor	37	4	1					42
Médio valor	70	34	29	20	7	2		162
Alto valor	21	12	15	15	10	6	4	83
<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>50</b>	<b>45</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>287</b>

### Seleção de equações matemáticas para estimar o volume comercial de galhos e resíduos para os grupos e para a floresta

A seleção das equações considerou a análise dos parâmetros dos modelos testados, selecionando aquelas que apresentaram melhor desempenho na determinação do volume de galhos para

Foram selecionadas, por intermédio do valor ponderado (VP), a “Equação 1”, de Meyer, para as árvores do grupo de baixo valor; a “Equação 5”, de Spurr, para o grupo de médio valor; a “Equação 2”, de Meyer – modificada, para o grupo de alto valor comercial; e a “Equação 3”, de Naslund – modificada, para a floresta.

Soares et al. (1996), estudando apenas as medidas de precisão dos modelos que es-

**Tabela 4.** Número das equações selecionadas e valores dos coeficientes e dos critérios de seleção

Gr.	Eq	Coeficientes das equações					Critérios de seleção (%)				
		b0	b1	b2	b3	b4	b5	R <sup>2</sup> aj.	CV	D	Dabs
GBV	1	-1,17004	0,17267	-0,00578	-0,01104	0,00037	0,07455	0,89	44,50	1,33	10,67
GMV	5	-0,02448	0,00003	---	---	---	---	0,82	54,90	0,05	24,78
GAV	2	-0,61627	0,00057	0,00014	-0,00033	0,00705	---	0,72	74,60	0,21	90,89
Flor.	3	-0,14774	-0,00044	0,00011	-0,00019	0,00305	---	0,77	84,20	0,06	62,40

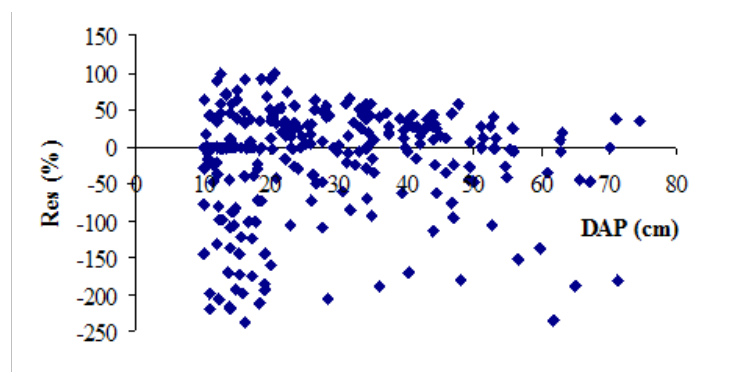
Nota: Sendo: GR=grupo; GBV = grupo de baixo valor; GMV= grupo de médio valor; GAV = grupo de alto valor; Flor = floresta; Eq = equação selecionada; R<sup>2</sup>aj.= coeficiente de determinação; CV% = coeficiente de variação; D% = desvio médio relativo; Dabs% = desvio basoluto relativo.

timam a biomassa de galhos, verificaram que o modelo logarítmico de Schumacher-Hall possui a melhor distribuição residual. Os autores confirmaram a citação de Canadell et al. (1988), com relação ao uso de modelos logarítmicos para estimar a biomassa aérea de árvores. As equações apresentaram relativa precisão, apesar dos desvios absolutos serem altos. Com relação aos gráficos, são apresentados apenas para as equações selecionadas para a floresta, considerando que os valores para os grupos estão relacionados na tabela 4.

Na figura 1, é mostrada a dispersão dos valores em porcentagem do volume estimado. Observa-se que os valores dos resíduos, para um mesmo diâmetro, podem ser considerados altos. Isto pode ser explicado pelo fato

de que as árvores de mesmo diâmetro, mas de diferentes espécies, ou por outros fatores (bióticos e abióticos), apresentam volumes médios de galhos diferentes.

Campos et al. (2001) estudaram o volume real do fuste e de galhos para uma mata nativa primária em Minas Gerais, utilizando 200 árvores-amostra. Foram consideradas como galhos as primeiras ramificações na base até o topo da copa. Os resultados para a validação do modelo apresentaram o coeficiente de determinação abaixo de 90%. Nos gráficos de distribuição de resíduos, foram observadas grandes dispersões dos valores estimados. De acordo com os autores, estas dispersões ocorreram devido a muitas árvores possuírem volumes de galhos próximos a zero. Tais dispersões foram amenizadas com a divisão dos

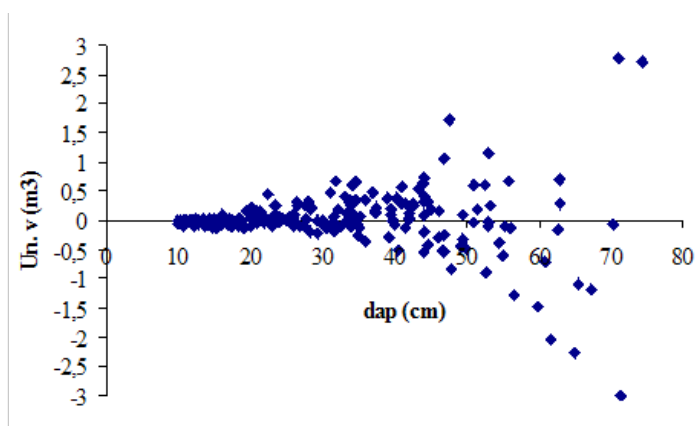


**Figura 1.** Distribuição dos resíduos em porcentagem do volume estimado para a floresta

dados: uma equação para diâmetros abaixo de 20 centímetros e outra para diâmetros superiores a 20 centímetros.

No trabalho de Belchior (1996), os resíduos ultrapassaram os 1.500%. As variáveis independentes usadas foram diâmetro, altura total e altura comercial.

maiores (*Luehea divaricata*, *Cedrela fissilis*, *Cupania vernalis*, etc), ou ainda, outras apresentam grande quantidade de galhos com grandes diâmetros, (*Matayba elaeagnoides*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Psidium cattleianum*, *Parapiptadenia rigida*, etc), causando, assim, a alta dispersão dos resíduos.



**Figura 2.** Distribuição dos resíduos em unidades de metro cúbico do volume estimado para a floresta

Na figura 2 é apresentada a distribuição dos resíduos para a estimativa do volume de galhos em metros cúbicos. Observa-se que as dispersões do volume elevam-se com o aumento do diâmetro, e espécies de mesmo diâmetro apresentam volumes de galhos diferentes. Para diferentes espécies com diâmetros pequenos, as variações são maiores, pois os galhos só foram contabilizados quando atingiam valores superiores a 4,0 centímetros, e muitas não possuíam este diâmetro limite, aumentando assim, a variação.

Algumas espécies possuem poucos galhos, com diâmetros pequenos (*Prunus myrtifolia*, *Lanchocarpus campestris*, *Casearia decandra*, *Solanum erianthum*, etc), outras possuem poucos galhos, mas com diâmetros

## Conclusões

De acordo com resultados apresentados neste estudo, pode-se concluir que:

A divisão da floresta em grupos de valor comercial, mostrou-se eficiente no ajuste de equações matemáticas.

A maior dificuldade para a estimativa do volume de galhos é a grande dispersão dos resíduos, mesmo com as equações apresentando baixos coeficientes de variação.

A formulação de novas equações matemáticas, considerando a espécie, o estágio sucessional e o sítio pode minimizar a dispersão dos resíduos verificados pelas equações selecionadas. Porém, necessita-se de outros trabalhos comparativos.



## Referências

- BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes total e de galhos em mata secundária, no município de Rio Vermelho.** 1996. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura - Departamento de Pesquisa Agropecuária - Divisão Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul.** Recife: Ministério da Agricultura, (Boletim Técnico, n.30), 1973. 431p.
- BRENA, D. A.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C. A. G. Equações de volume dos galhos em espécies nativas na região de São Sepé. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6., 1988. Nova Prata, **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1988. p.827 – 834.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F.; SOARES, C. B. B.; CARNEIRO, J. A. Estimação de volumes do tronco e da copa de árvores de povoamentos mistos. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.471 – 480, 2001.
- CANADELL, J.; RIBA, M.; ANDRÉS, P. Biomass equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny, north eastern Spain. **Forestry**, v.61, n.2, p.137 – 147, 1988.
- FERNANDES, N. P.; JARDIM, F. C. S.; HIGUCHI, N. Tabelas de volume para a floresta de terra firme da estação experimental de silvicultura tropical. **Acta Amazonica**, Manaus, v.13, n.3/4, p.537 – 545, 1991.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A. M. **Inventários florestais na amazônia.** Rio de Janeiro: M. A. (Boletim, 6), 1963. 100 p.
- HEINSDIJK, D.; MACEDO, J. G.; ANGEL, S.; ASCOLY, R. B. **A floresta no norte do Espírito Santo.** Rio de Janeiro: M. A., (Boletim, 7), 1965. 69p.
- HUSCH, B.; MILLER, I. C.; BEERS, T. W. **Forest mensuration.** New York: Ronald Press, 2 ed., 1972. 410p.
- JORGE, L. A. B. Equações de volume comercial com casca em floresta tropical pluvial no norte do Espírito Santo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS - Silvicultura em São Paulo, 1., 1982. **Anais...** São Paulo, 1982. v.16 A, p.456 – 457.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 83 p.
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: UFSM, 1993. 348p.
- SOARES, C. P. B.; SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Equações para estimar a biomassa da parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis* na região de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.2, p.179 – 189, 1996.
- SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, (ES). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 257 – 273, 1991.

