SELEÇÃO DE EQUAÇÕES PARA A ESTIMATIVA DE RESÍDUOS FLORESTAIS PARA FINS ENERGÉTICOS NUMA FLORESTA TROPICAL

EDUARDO COUTINHO DA CRUZ
Engenheiro Florestal, M. Sc. COAP – SUFRAMA.

SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO
Engenheiro Florestal, M. Sc., Ph. D. Profo. Titular do Curso de Engº. Florestal da UFPR.

SUMMARY

Regression equations were developed from independent variables selected among 94 tested, following the criteria of $R \geqslant 0,7$, which had been established variables groups for each one of the five dependent variables tested.

The statistic results founded for the regression equation developed from the amount of data in 8 diametrics classes were superior to those examined when were considered the data following just one set of values.

The two equation models were selected to estimate the volume of branches due to have presented the best statistics results. The models are the following:

$$1/V_G = b_0 + b_1 \ (1/DAP^2 \ . H_F)$$

$$1/V_G = b_0 + b_1 \ (1/DAP^3) + b_2 \ (1/DAP^2 \quad H_F)$$

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia, com o número de indústrias madeireiras e de projetos agropecuários já existentes ou em crescente implantação na região, o aproveitamento de resíduos florestais oriundos dos processos de desenvolvimento, como por exemplo, galhos, troncos defeituosos ou sem maior importância econômica que permanecem no local de abate, aparas, serragens e outros, é insignificante. A partir da reserva florestal obtém-se a lenha. Esta pode ser utilizada diretamente como fonte de energia, ou então transformada em produtos energéticos sólidos, como o carvão vegetal; líquido, como o etanol e metanol; e, gasosos, como o metano.

Com a eventual valorização da lenha e do carvão vegetal, as queimadas – etapa esta tão comum na limpeza das áreas recém-desmatadas podem ser reduzidas, devido que estas formas de utilização da madeira aproveitam melhor o material lenhoso heterogêneo dos desmatamentos para a implantação de atividades agropastoris, como no caso do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. Desta forma, este material lenhoso heterogêneo, abundante e sem outros usos de maior importância pode destinar-se à transformação em produtos altamente necessários ao próprio desenvolvimento sócio-econômico regional, e porque não dizer também nacional.

Como a maioria dos inventários florestais convencionais tem-se limitado, até agora, em estimar o volume comercial dos fustes, torna-se cada vez mais necessários adaptar as suas metodologias de forma a estimar a biomassa florestal e o potencial de lenha, haja visto que os inventários de biomassa são mais úteis por considerarem os galhos, parte importante nas espécies arbóreas das florestas tropicais. Portanto, esta pesquisa teve como princípio básico definir uma ou mais equações para estimativa direta do volume de galhos, de forma a contribuir, doravante, nos inventários de biomassa florestal para fins energéticos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

SUDAM (1980) cita que o volume vegetal remanescente na floresta, por unidade de área, após a exploração é constituído: 1) pelas espécies

Trabalho apresentado ao 5º Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Olinda-PE, de 23 a 28 de novembro de 1986. (Publicado o resumo).

não comercializáveis atualmente (volume em pé); 2) pelos resíduos abandonados no solo, decorrentes daquela atividade (resíduos de copa, troncos defeituosos, tocos, árvores tombadas por ocasião da derruba, além de outros).

JANKAUSKIS (1978) considera resíduo de copa (galhos) todo o material lenhoso pertencente às copas das árvores derrubadas e caídas cujo diâmetro mínimo é 10 cm e o comprimento superior a 0,5 m, e as bifurcações com diâmetro superior a 20 cm.

Segundo pesquisa desenvolvida em floresta tropical úmida de terra-firme no Distrito Agropecuário da SUFRAMA, CRUZ (1986) concluiu, que o volume médio de galhos e toco por árvore que permanece no campo sem utilização é de 0,851 m^3, representando, no mínimo, 25,5% do volume disponível por árvore. Essas estimativas revelam o elevado nível de desperdício da matéria-prima florestal resultante dos processos de desmatamento ou do seu não aproveitamento de forma econômica.

Na quantificação de biomassa florestal a maioria dos trabalhos desenvolvidos na Amazônia tem sido realizados através da pesagem das diversas partes que constituem as plantas, e os resultados são expressos em quilogramas ou toneladas por unidade de área. Entretanto, diversas pesquisas também desenvolvidas na região tem expressado os seus resultados em metros cúbicos por unidade de área, assim como diversos modelos matemáticos tem sido testados, através das técnicas de análise de regressão, visando definir equações para estimativas volumétricas segundo os objetivos das pesquisas.

A maioria dos trabalhos sobre estimativas de volumes de árvores mostram ser o DAP a variável independente com maior consistência na estimativa. O DAP também aparece em diversos trabalhos como parte integrante da variável combinada ou como componente da equação junto com outras variáveis.

DAWKINS (1954) trabalhando em floresta tropical utilizou o modelo $Y = a + bX$, onde Y é o volume e X é a classe de circunferência acima da sapopema, na construção de tabela de volume comercial para **Entandrophragma utile** na floresta de Budongo, Uganda. Esta simples transformação da variável dependente modificou o ajuste dos dados em torno da linha reta, visto que os mesmos se ajustavam a uma curva quadrática.

Em recente estudo desenvolvido na Floresta Nacional do Tapajós para estimar o volume dos resíduos oriundos da exploração das árvores comerciais que serão abatidas, DAP $\geqslant$ 55 cm, FUPEF (1983) testou 13 funções, sendo 8 aritméticas e 5 logarítmicas. O modelo selecionado foi $V = D^2 (b_0 + b_1 H)$ ou $V = b_0 D^2 + b_1 D^2 H$, que apresentou estimativas sem tendências.

POSADA (1975) utilizou o modelo da variável combinada na construção de tabelas de volume para espécies comerciais da família **Myristicaceae** na região de Barbacoa e na de Riosucio, Costa Pacífica da Colômbia. Esta mesma equação tem sido amplamente utilizada por diversos outros pesquisadores no desenvolvimento de tabelas de volume, sendo possivelmente a mais utilizada.

FAUROT (1977) cita que expressões logarítmicas para estimativa do volume do tronco de árvores tem sido largamente utilizadas desde 1933, quando o método foi proposto por Schumacher e Hall.

A partir do estudo de 4 equações, LOJAN (1966) verificou que a equação logarítmica $\log V = c + d \log D + b \log L$ era a mais satisfatória para estimar o volume de árvores em pé de uma floresta tropical úmida na Costa Rica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Variáveis testadas

O material experimental utilizado para esta pesquisa foi obtido de 303 árvores de diversas espécies da floresta tropical úmida de terra-firme, em terras da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA, no Distrito Agropecuário da SUFRAMA, conforme descrito por CRUZ (1986). As variáveis básicas utilizadas por indivíduo foram:

V_G = volume de galhos em m^3 (cubagem segundo o método de Smalian, considerando-se como diâmetro dos galhos, com casca: extremidade inferior ($d_1 \geqslant$ 10 cm) e superior ($d_2 \geqslant$ 5 cm), e o comprimento dos galhos, em m, observando-se a tortuosidade dos mesmos;

D = DAP = diâmetro à altura do peito, em cm; e,

H = H_F = altura do fuste, em m, desde o solo até a base da copa.

Além das variáveis básicas, na sua forma simples, foram utilizadas variáveis transformadas pelo inverso, raiz quadrada e logarítmos decimal e natural. No caso das variáveis independentes, D e H, foram geradas variáveis quadráticas, cúbicas e combinadas, após o que, foram também transformadas.

As 5 variáveis dependentes testadas foram:

V_G, $1/V_G$, $\sqrt{V_G}$, $\log V_G$ e $\ln V_G$.

As 94 variáveis independentes testadas foram:

D	$\log(1/D^2)$	DH	$\log(1/D^2H)$
H	$\log(1/H^2)$	D^2H	$\log(1/DH^2)$
D^2	$\log(1/D^3)$	DH^2	$\log(1/D^2H^2)$
H^2	$\log(1/H^3)$	D^2H^2	$\log(1/DH^2)$
D^3	$\log(\sqrt{D})$	$(DH)^2$	$\log(\sqrt{DH})$
H^3	$\log(\sqrt{H})$	$1/DH$	$\log(\sqrt{D^2H})$
$1/D$	$\log(1/\sqrt{D})$	$1/D^2H$	$\log(\sqrt{DH^2})$
$1/H$	$\log(1/\sqrt{H})$	$1/DH^2$	$\log(\sqrt{D^2H^2})$
$1/D^2$	$\ln D$	$1/D^2H^2$	$\ln(DH)$
$1/H^2$	$\ln H$	$1/(DH)^2$	$\ln(D^2H)$
$1/D^3$	$\ln D^2$	$\sqrt{DH}$	$\ln(DH^2)$
$1/H^3$	$\ln H^2$	$\sqrt{D^2H}$	$\ln(D^2H^2)$
$\sqrt{D}$	$\ln D^3$	$\sqrt{DH^2}$	$\ln(DH)^2$
$\sqrt{H}$	$\ln H^3$	$\sqrt{D^2H^2}$	$\ln(1/DH)$
$1/\sqrt{D}$	$\ln(1/D)$	$1/\sqrt{DH}$	$\ln(1/D^2H)$
$1/\sqrt{H}$	$\ln(1/H)$	$1/\sqrt{D^2H}$	$\ln(1/DH^2)$
$\log D$	$\ln(1/D^2)$	$1/\sqrt{DH^2}$	$\ln(1/D^2H^2)$
$\log H$	$\ln(1/H^2)$	$1/\sqrt{D^2H^2}$	$\ln 1/(DH)^2$
$\log D^2$	$\ln(1/D^3)$	$\log(DH)$	$\ln(\sqrt{DH})$
$\log H^2$	$\ln(1/H^3)$	$\log(D^2H)$	$\ln(\sqrt{D^2H})$
$\log D^3$	$\ln(\sqrt{D})$	$\log(DH^2)$	$\ln(\sqrt{DH^2})$
$\log H^3$	$\ln(\sqrt{H})$	$\log(D^3H^2)$	$\ln(\sqrt{D^2H^2})$
$\log(1/D)$	$\ln(1/\sqrt{D})$	$\log(DH)^2$	
$\log(1/H)$	$\ln(1/\sqrt{H})$	$\log(1/DH)$	

3.2. Modelos matemáticos genéricos testados

$$Y = b_0 + b_1 X_1 \text{ e } Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots + b_n X_n$$

Onde Y corresponde a variável dependente; X_1, X_2 e X_n as variáveis independentes; e, b_0, b_1, b_2 e b_n aos coeficientes da equação.

3.3. Agrupamento dos dados

O agrupamento dos dados foi testado para verificar a sua contribuição na homogeneização da variância e consequentemente na obtenção de melhores estimativas através das equações de regressão encontrados segundo o processo STEPWISE. A heterogeneidade da variância é fato comprovado por diversos pesquisadores principalmente com relação aos dados de volume. O agrupamento dos dados significou os valores médios dos volumes de galhos, dos diâmetros à altura do peito e das alturas do fuste das árvores amostradas em cada uma das oito classes diamétricas. A partir desses oito valores para cada uma das variáveis simples foram então definidos os valores das outras variáveis dependentes e independentes conforme 3.1.

3.4. Seleção das variáveis independentes

Como critério de seleção das variáveis independentes mais correlacionadas com cada uma das variáveis dependentes foi adotado o valor mínimo de 0,7 para os coeficientes de correlação encontrados na matriz de correlação linear simples considerando os dados não agrupados, e essas mesmas variáveis selecionadas com relação aos dados agrupados.

3.5. Processo STEPWISE de regressão

Este processo foi utilizado tendo em vista que não havia modelos de regressão pré-estabelecidos, bem como pela não existência de estudos prévios quanto ao ajuste dos dados a um determinado modelo ou a vários modelos.

Esta técnica é uma modificação do processo FORWARD de seleção das variáveis independentes, a qual procura incluir variáveis, passo a passo, no modelo até encontrar uma equação de regressão satisfatória. O coeficiente de correlação parcial é que determina a inclusão sucessiva de variáveis.

3.6. Processamento dos dados

Os dados regressionais foram processados através do pacote estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). O mesmo procedimento regressional utilizado para os dados não agrupados foi empregado para os dados agrupados em classes diamétricas.

3.7. Seleção da melhor equação de regressão

Após obtenção das equações pelo processo STEPWISE foi procedida a escolha da melhor equação segundo os seguintes critérios: a) coeficiente de determinação (R^2); b) erro padrão residual (S_{YX}); c) erro padrão residual em porcentagem ($S_{YX}\%$); d) quadrado médio dos resíduos (QMR); e "F" calculado.

O erro padrão residual em percentagem é empregado para comparar equações aritméticas e logarítmicas. A fórmula empregada para equações aritméticas foi: $S_{YX}\% = (S_{YX}/Y).100$, onde S_{YX} é o erro padrão residual obtido na análise de regressão e Y é a média aritmética da variável dependente (volume). No caso de equações logarítmicas a expressão utilizada foi a recomendada por MEYER (1938), qual seja: $S_{YX}\% = (10^{S_{YX}}-1).100$ onde $S_{YX}\%$ é o erro padrão residual em percentagem transformado para unidades aritméticas e S_{YX} é o erro padrão residual em unidades logarítmicas obtido na análise de regressão . . . . .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis independentes selecionadas

O Quadro 1 apresentado a seguir indica as variáveis independentes mais correlacionadas com cada uma das dependentes, e segundo os resultados encontrados para o coeficiente de correlação, verifica-se que o agrupamento dos dados individuais em classes de DAP, através do valor médio de cada variável, aumentou o grau de associação entre as variáveis dependentes e independentes, ao reduzir a variação não explicada, dita ao acaso.

QUADRO 1: Coeficiente de correlação linear simples para as variáveis selecionadas

VARIÁVEIS		COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (R) *		R
DEPENDENTES	INDEPENDENTES	DADOS NÃO AGRUPADOS	DADOS AGRUPADOS	
	DAP	0,791	0,9823	0,2432
V_G	DAP^2	0,7319	0,9942	0,2623
	$\sqrt{DAP}$	0,7210	0,9597	0,2387
	$1/DAP^2$	0,7074	0,9843	0,2769
$1/V_G$	$1/DAP^3$	0,7160	0,9993	0,2833
	$1/DAP^2.H_F$	0,7089	0,9893	0,2804
	DAP	0,7958	0,9993	0,2035
	DAP^2	0,7405	0,9598	0,2193
	1/DAP	0,7417	0,9324	0,1907
	$\sqrt{DAP}$	0,8032	0,9959	0,1927
	$1/\sqrt{DAP}$	0,7737	0,9642	0,1905
$\sqrt{V_G}$	log DAP	0,7953	0,9862	0,1909
	log DAP^2	0,7953	0,9862	0,1909
	log $(DAP^2.H_F)$	0,7001	0,9804	0,2803
	ln DAP	0,7953	0,9862	0,1909
	ln DAP^2	0,7953	0,9862	0,1909
	ln $(DAP^2.H_F)$	0,7001	0,9804	0,2803
	DAP	0,7418	0,9384	0,1966
	1/DAP	0,8054	0,9942	0,1888
	$\sqrt{DAP}$	0,7780	0,9615	0,1835
	$1/\sqrt{DAP}$	0,8097	0,9982	0,1885
log V_G	log DAP	0,8010	0,9901	0,1891
ou	log DAP^2	0,8010	0,9901	0,1891
ln V_G	log $(DAP^2.H_F)$	0,7001	0,9895	0,2894
	ln DAP	0,8010	0,9901	0,1891
	ln DAP^2	0,8010	0,9901	0,1891
	ln $(DAP^2.H_F)$	0,7001	0,9895	0,2894

(*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4.2. Equações de regressão

Analisando-se os Quadros 2 e 3, verifica-se que os resultados obtidos para as equações de regressão a partir dos dados agrupados em classes diamétricas foram bem superiores à aqueles encontrados para os dados não agrupados. Essa melhoria conseguida para as estatísticas pode ser atribuída à redução da variância quando os dados amostrados foram agrupados em classes diamétricas, o que significa dizer que o agrupamento de indivíduos com características similares, faz com que a variância por classe diamétrica seja menor que a variância para o total dos indivíduos amostrados, tendo em vista o alto grau de heterogeneidade da variável volume de galhos (V_G).

A partir do conjunto de estatística para os dois grupos de equações, elaborou-se o Quadro 4, que apresenta as melhorias obtidas entre aqueles estimadores para as duas situações, de forma absoluta e relativa, e, representados pelo acréscimo (D+) dos valores do coeficiente de determinação e do "F" calculado, e pela redução (D-) dos valores do erro padrão residual, em termos absoluto e relativo, e do quadrado médio dos resíduos.

Convém salientar que maiores valores das diferenças não significam melhores resultados, pois devem-se ao fato de que a amplitude entre os valores das estatísticas para as duas situações ter sido maior.

4.3. Seleção das melhores equações

Sabendo-se que as equações obtidas a partir dos dados agrupados foram melhores que as respectivas para os dados não agrupados, e com base nos resultados encontrados para as estatísticas das equações de regressão — dados agrupados conforme o exposto no Quadro 3, foram selecionados os modelos 2 e 3 por terem apresentado os maiores coeficientes de determinação, os menores erros-padrão residual em porcentagem e os maiores valores para "F" calculado, embora tenham apresentados maiores valores para o erro padrão residual e quadrado médio dos resíduos que os modelos 4 e 5. A equação 3 apresenta maior precisão que a equação 2 devido a inclusão da variável independente $1/DAP^2.H_F$.

QUADRO 2: Equações obtidas pelo processo STEPWISE — dados não agrupados para estimativas do volume de galhos, com seus respectivos coeficientes e principais estatísticas

Nº.	EQUAÇÕES	COEFICIENTES	R^2	S_{yx}	$S_{yx}\%$	QMR	F
1	$V_G = b_0 + b_1\,DAP$	b_0 = -0,98379 b_1 = 0,03882	0,54625	0,62047	89,66	0,38499	363,36447 **
2	$1/V_G = b_0 + b_1\,(1/DAP^3)$	b_0 = 0,21495 b_1 = 191284,92796	0,51267	4,81754	97,28	23,20869	316,65663 **
3	$1/V_G = b_0 + b_1(1/DAP^3) + b_2(1/DAP^2.H_F)$	b_0 = 1,60068 b_1 = 386839,97109 b_2 = -126470,00000	0,57413	4,51106	91,10	20,34964	202,21759 **
4	$\sqrt{V_G} = b_0 + b_1\,(\sqrt{DAP})$	b_0 = -1,04646 b_1 = 0,27381	0,64514	0,24729	34,25	0,06115	547,21568 **
5	$\log V_G = b_0 + b_1\,(1/\sqrt{DAP})$	b_0 = 1,88474 b_1 = -14,39211	0,65556	0,28688	93,59	0,08230	572,88704 **
6	$\ln V_G = b_0 + b_1\,(1/\sqrt{DAP})$	b_0 = 4,33978 b_1 = -33,13907	0,65556	0,66056	357,68	0,43634	572,88704 **

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 3: Equações obtidas pelo processo STEPWISE — dados agrupados para estimativas do volume de galhos, com seus respectivos coeficientes e principais estatísticas

Nº.	EQUAÇÕES	COEFICIENTES	R^2	S_{yx}	$S_{yx}\%$	QMR	F
1	$V_G = b_0 + b_1 DAP$	$b_0 =$ 0,01222 $b_1 =$ 0,00032611	0,98836	0,14315	20,69	0,02049	509,42424 **
2	$1/V_G = b_0 + b_1 (1/DAP^3)$	$b_0 =$ 0,15371 $b_1 =$ 124998,61354	0,99858	0,11369	2,30	0,01293	4228,13826 **
3	$1/V_G = b_0 + b_1(1/DAP^3) + b_2 (1/DAP^2.H_F)$	$b_0 =$ 0,32286 $b_1 =$ 143948,96179 $b_2 =$ -2845,71487	0,99969	0,05824	1,18	0,00339	8064,26465 **
4	$\sqrt{V_G} = b_0 + b_1 (\sqrt{DAP})$	$b_0 =$ -1,11914 $b_1 =$ 0,29063	0,99186	0,05102	7,07	0,00260	731,28482 **
5	$\log V_G = b_0 + b_1 (1/\sqrt{DAP})$	$b_0 =$ 1,91895 $b_1 =$ -14,07939	0,99645	0,03144	7,24	0,00099	1685,97726 **
6	$\ln V_G = b_0 + b_1 (1/\sqrt{DAP})$	$b_0 =$ 4,41854 $b_1 =$ -32,41898	0,99645	0,07240	16,67	0,00524	1685,97722 **

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 4: Diferença entre as estatísticas dos modelos equivalentes para os dados não agrupados e agrupados

MODELOS	ACRÉSCIMO DE REDUÇÃO ABSOLUTO					ACRÉSCIMO E REDUÇÃO RELATIVO			
	R^2	S_{yx}	$S_{yx}\%$	QMR	F	$R^2\%$	$S_{yx}\%$	QMR%	F%
	D+	D-	D-	D-	D+	D+	D-	D-	D+
$V_G = b_0 + b_1 DAP$	0,44211	0,47732	69,00	0,36450	147,05977	80,93	76,93	94,68	40,58
$1/V_G = b_0 + b_1(1/DAP^3)$	0,48591	4,70369	94,98	23,19576	3911,48163	94,78	97,64	99,94	1235,24
$1/V_G = b_0 + b_1(1/DAP^3) + b_2(1/DAP^2.H_F)$	0,42556	4,45282	89,92	20,34625	7862,04706	74,12	98,71	99,98	3887,91
$\sqrt{V_G} = b_0 + b_1 (\sqrt{DAP})$	0,34672	0,19627	27,18	0,05855	184,06914	53,74	79,37	95,75	33,64
$\log V_G = b_0 + b_1 (1/\sqrt{DAP})$	0,34089	0,25544	86,35	0,08131	1113,09022	52,00	92,26	98,80	194,29
$\ln V_G = b_0 + b_1(1/\sqrt{DAP})$	0,34089	0,58816	341,01	0,43110	1113,09022	52,00	95,34	98,80	194,29

D:Diferença entre os valores das estatísticas para os dados não agrupados e agrupados
D+: Acréscimo
D-: Redução

5. CONCLUSÕES

O grau de associação entre as variáveis independentes e dependentes foi maior quando os dados foram agrupados em classes de DAP, com respectivo acréscimo variando de 0,1835 a 0,2894.

Segundo o Quadro 1, os melhores resultados encontrados para Δ R foram obtidos pela associação da função inversa ($1/V_G$) e respectivas variáveis independentes correlacionadas, exceto para $\sqrt{V_G}$, $\log V_G$ e $\ln V_G$ / $\log (DAP^2.H_F)$ e $\ln (DAP^2.H_F)$.

Os modelos de equação de regressão obtidos pelo processo STEPWISE para os dados não agrupados foram identicos aos encontrados para os dados agrupados, o que é esperado, pois os grupos de variáveis são correlatos para as duas situações.

Os resultados obtidos para as estatísticas das equações a partir dos dados agrupados foram bem superiores à aqueles encontrados em situação distinta, o que significa dizer maior precisão nas estimativas do volume de galhos (V_G), devido a redução da variância pelo agrupamento dos dados em classes diamétricas.

A transformação da variável volume pelo inverso e pela raiz quadrada mostraram-se mais eficientes na redução da heterogeneidade da variância do que através dos logarítmos decimal e natural.

Os modelos de equações selecionados para estimar o volume de galhos foram:

$$1/V_G = b_0 + b_1 (1/DAP^3) \quad (1)$$

$$1/V_G = b_0 + b_1 (1/DAP^3) + b_2 (1/DAP^2.H_F). \quad (2)$$

Destas, a equação 2 apresentou maior precisão que a equação 1 devido a inclusão da variável $1/DAP^2.H_F$, porém é menos prática por exigir a medição de duas variáveis, sendo que uma é de fácil e rápida obtenção no campo (DAP) e a outra mais difícil e demorada de ser obtida (H_F).

6. RESUMO

Equações de regressão foram desenvolvidos a partir de variáveis independentes selecionadas, dentre 94 testadas, segundo o critério de $R \geqslant 0,7$, ao estabelecer grupos de variáveis para cada uma das cinco variáveis dependentes testadas.

Os resultados estatísticos encontrados para as equações de regressão desenvolvidas a partir do agrupamento de dados em 8 classes diamétricas foram bem superiores à aqueles verificados quando considereou-se os dados segundo um único conjunto de valores.

Dois modelos de equação foram selecionados para estimar o volume de galhos por terem apresentado os melhores resultados estatísticos. Os modelos foram os seguintes:

$$1/V_G = b_0 + b_1 (1/DAP^3)$$

$$1/V_G = b_0 + b_1 (1/DAP^3) + b_2 (1/DAP^2.H_F).$$

7. LITERATURA CITADA

CRUZ, E. C. da & MACHADO, S. do A. **Quantificação volumétrica do material lenhoso de espécies da floresta tropical úmida de terra-firme no Distrito Agropecuário da SUFRAMA.** Manaus, 1986. 10 f. (Trabalho a ser apresentado no 5º Congresso Florestal Brasileiro, Recife, Nov. 1986).

DAWKINS, H. C. The construction of commercial volume tables tropical forest trees. **The Empire Forestry Review**, 33 (1): 61 - 70. 1954.

FAUROT, J. L. Estimating merchantable volume and stem residue in four timber species. U. S. Dep. Agri. Serv., **Res. Pap. INT — 196.** 55 p. 1977.

FUPEF. **Inventário comercial de um bloco de exploração na Floresta Nacional do Tapajós.** 1983.

JANKAUSKIS, J. **Recuperação de florestas tropicais mecanicamente exploradas.** Belém, SUDAM. 58 p. 1978.

LOJAN, L. Una fórmula para estimar volúmenes en un bosque tropical húmedo. **Turrialba,** 16 (1): 67 — 72. 1966.

MEYER, H. A. The standart error of estimate of tree volume from the logaritmic volume equation. **Journal of Forestry,** 36 ( ): 340 — 42. 1938.

POSADA, F. N. A. Tabla de volumen para espécies comerciales de la familia **Myristicaceae. Bosques de Colombia,** Enero — Junio: 83 — 4. 1975.

SUDAM. **O centro de tecnologia madeireira e seu papel no desenvolvimento da Amazônia.** Belém. 91 p. 1980.