

## Modelagem volumétrica para *Eucalyptus urograndis* no Município de Porto Grande, Amapá, Brasil

André Ricardo dos Santos Pereira<sup>1\*</sup>, Márcio Assis Cordeiro<sup>2</sup>, Jadson Coelho de Abreu<sup>3</sup>, Ronaldo Oliveira Santos<sup>4</sup>, José Natalino Macedo Silva<sup>5</sup>

1. Técnico da Universidade do Estado do Amapá - UEAP.

2. Colaborador da Amapá Florestal e Celulose - AMCEL.

3. Professor da Universidade do Estado do Amapá - UEAP.

4. Acadêmico da Universidade do Estado do Amapá - UEAP.

5. Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA.

\*Autor para correspondência: [andrericaardoflorestal@hotmail.com](mailto:andrericaardoflorestal@hotmail.com)

**RESUMO.** O presente trabalho testou seis modelos matemáticos, sendo três de simples e três de dupla entrada, para estimar o volume de árvores de *Eucalyptus urograndis*, com o objetivo de selecionar o melhor modelo para as condições edafoclimáticas do município de Porto Grande, Amapá. Foram cubadas 218 árvores cobrindo uma variação de 4 a 34,21 cm de DAP, nas quais foram determinados seus respectivos DAP, comprimento real do fuste e o volume real obtido pela metodologia de Smalian. Dentre os modelos testados, foi selecionado o modelo de dupla entrada Schumacher-Hall na forma logarítmica. Baseado nos critérios estatísticos, tais como: maiores valores de  $R^2$  e  $R^2$  ajustados, menores valores de  $S_{xy}$  e  $S_{xy}\%$ , o IF- Índice de Furnival para as comparações com os modelos logarítmicos, por esses resultados podemos concluir que o modelo de Schumacher-Hall na forma logarítmica, e recomendo para estimativa com precisão da volumetria de fuste com casca de *Eucalyptus urograndis* no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

**Palavras-chave:** cubagem rigorosa, análise de regressão, mensuração florestal, manejo florestal, estatística.

### Modeling volumetric for *Eucalyptus urograndis* at the city Porto Grande, Amapá, Brazil

**ABSTRACT.** The gift work tested six models mathematicians, with three simple input and three in double entry, for estimate the volume in trees *Eucalyptus urograndis*, with the objective select the best model for the conditions edafoclimáticas of county Porto Grande, Amapá. Were cubed 218 trees select the best model for the conditions an variation 4 to 34,21 cm of DAP, at the which are were certain their related DAP, actual length of the shaft and the actual volume obtained by the methodology Smalian among the models tested, we selected the double entry model Schumacher-Hall in logarithmic form. Based on statistical criteria, such as: higher values  $R^2$  and  $R^2$  adjusted, lower values  $S_{xy}$  and  $S_{xy}\%$  o IF- Índice de Furnival for comparisons with the logarithmic models, by these results we can conclude the model Schumacher-Hall in logarithmic form, and recommend it to estimate accurately the volumetrics in shaft with shell in *Eucalyptus urograndis* at the county Porto Grande, Amapá, Brasil.

**Keywords:** cubage strict; regression analysis; forest measurement; forest management; statistics.

### 1. Introdução

O Brasil possui uma área total de aproximadamente 7 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais cerca de 70% são florestas de eucalipto e cerca 23% são de pinus, sendo o estado de Minas Gerais o que detém a maior área plantada, correspondente a aproximadamente 23% do total (ABRAF, 2012). No Amapá, o setor florestal é estimulado pela atividade de manejo florestal sustentável das florestas plantadas pertencente à empresa AMCEL - Amapá Florestal e Celulose, a qual produz cavacos e biomassas provenientes de diferentes povoamentos clonais da espécie *Eucalyptus urograndis*, cujo intuito é fornecer matéria-prima as indústrias de celulose e papel do Brasil e do exterior.

Atualmente o *Eucalyptus* tornou-se o gênero econômico de maior importância para setor florestal brasileiro, esta importância está associada às características do melhoramento florestal das espécies desse gênero que favorece sua implementação em plantios homogêneos, pois há necessidade de aumentar a produtividade em termos qualitativos e quantitativos dos talhões pelo uso de técnicas de hibridação e clonagem, buscando-se árvores superiores com atributos desejáveis, a saber: rápido crescimento, alta produtividade volumétrica, versatilidade de uso e facilidade de adaptação. Deste modo, é fundamental a formulações de estudos que venham conhecer a floresta sob a ótica de sua estrutura, principalmente relacionados ao seu crescimento e a produção florestal.

O volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal, tendo em vista que o volume

individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (THOMAS et al., 2006). Por essa razão, é essencial buscar a obtenção de maneira confiável de parâmetros biométricos da floresta, para assim prever e quantificar a estrutura do povoamento, visando subsidiar tomadas de decisões relacionadas ao manejo e a silvicultura.

No que se refere às análises quantitativas, a obtenção da variável volume no meio florestal está associada a modelos ajustados de regressão, podendo ser linear (simples ou múltipla) ou não linear (LEITE; REZENDE, 2010). Os estudos envolvendo modelos matemáticos para a obtenção de estimativas confiáveis de variáveis de interesses é uma prática comum e bastante difundida nas áreas das ciências exatas e naturais.

De acordo com Schneider et al. (2009), a análise de regressão tem sido usada com ênfase na solução de grande parte dos problemas florestais, especialmente quando se pretende obter estimativas de parâmetros da floresta, utilizando-se de relações biométricas que possibilitam obter valores estimados de forma indireta através de equações de regressão. Na Ciência Florestal, muitos estudos já foram conduzidos visando à modelagem da variável volume em se tratando de florestas plantadas com o gênero *Eucalyptus* podendo enfatizar as contribuições de (AZEVEDO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2009; SILVA et al.; 2009). Entretanto, para o Estado do Amapá ainda são incipientes os trabalhos com esse gênero, no sentido de testar modelos volumétricos que gere equações confiáveis para estimação da capacidade volumétrica do povoamento florestal analisado.

Com objetivo de proporcionar maior exatidão nas estimativas volumétricas de parcelas de inventário florestal, devem-se empregar modelos de regressão para estimar o volume de povoamentos florestais por ser uma técnica de baixo custo, e quando aplicado corretamente gera estimativas bem acuradas. É importante ressaltar, que apesar da eficiência de alguns modelos, estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições, sendo recomendável testá-los por meio de estatísticas adequadas e identificar o melhor para cada caso levando em consideração as informações do plantio como clone, espaçamento, e idade por regime de corte (CAMPOS; LEITE, 2009).

Nestes termos, o estudo teve como objetivo ajustar modelos volumétricos de simples e dupla entrada para selecionar a melhor equação que estime com precisão a volumetria de fuste com casca de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* no município de Porto Grande, Amapá.

## 2. Material e métodos

### Área de estudo

A área estuda pertencente à empresa AMCEL S/A – Amapá Florestal e Celulose, situada no município de Porto Grande, próximo ao município de Ferreira Gomes com latitude de 08° 53'76" S, e longitude de -51°19'41" L, e altitude de 4 m acima do nível do mar. A classificação climática do estado do Amapá segundo Köppen-Geiger é do tipo Am, isto é, tropical super úmido, com a temperatura variando entre 32,6°C e 20°C (MORAIS, 2005). Parte das terras da AMCEL está localizada na categoria Am, clima de monção, com precipitação excessiva durante alguns meses e um período seco caracterizado por precipitações abaixo de 60 mm.

### Obtenção dos dados

Os dados de cubagem foram provenientes de talhões de plantios da espécie *Eucalyptus urograndis* com espaçamento 3 x 2 m, nos hortos florestais denominados de Onça, Pedreira e Peixe-Boi do principal "Bloco" de plantio da AMCEL. No processo de amostragem foram lançadas ao acaso três parcelas com dimensões 12 x 30 m, perfazendo uma área amostral total de 1.080 m<sup>2</sup> (0,10 ha), sendo que cada unidade amostral possuía em média, 70 árvores.

Foram mensuradas todas as árvores que compunham as parcelas com CAP (circunferência a altura do peito) ≥ a 15 cm, medidas com fita métrica a 1,30 m do solo. Cada indivíduo teve sua altura total (Ht), diâmetro a altura do peito (DAP) e altura comercial (Hc) até um diâmetro mínimo de ponta fina de 3 cm, medidos individualmente.

Posteriormente a realização do inventário, procedeu-se o cálculo da distribuição diamétrica do povoamento para dar início ao planejamento da cubagem rigorosa das árvores. Para processar a cubagem rigorosa foi escolhido o método de Smalian que mede os diâmetros ou circunferências nas extremidades de cada seção ao longo

do tronco, conforme descrito por Husch et al. (1982), no qual o diâmetro foi medido ao longo do tronco nas alturas correspondentes de 0,10; 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,30; 2; 4 m; e assim sucessivamente, de 2 em 2 m, até atingir a altura comercial estabelecida (di = 3 cm).

Foram cubadas rigorosamente 218 árvores, distribuídas em sete classes diamétricas com amplitude de 5 cm de uma classe para outra, e com idades que variaram de 48 a 84 meses. As variáveis dendrométricas: Hc e DAP foram mensuradas com o auxílio de e fita métrica.

O procedimento para obtenção do volume real foi obtido através da fórmula proposta por Smalian, descrito por (HUSCH et al.; 1982). A fórmula de Smalian é a mais empregada no setor florestal, em razão de sua fácil aplicação, bem como resultar em estimativas precisas quando comparadas por processos gravimétricos exatos (MACHADO; FIGUEIREIDO FILHO, 2009).

Com a obtenção dos dados de volume das árvores, foi realizado o ajuste dos modelos matemáticos e logarítmicos por meio da análise de regressão. Foram testados seis modelos volumétricos (Tabela 1), sendo três de simples entrada e três de dupla entrada, em que as variáveis independentes foram o DAP e a altura comercial do fuste Hc, combinadas ou não. Ressalta-se que a obtenção dos valores dos coeficientes dos modelos foi pelo método dos mínimos quadrados ordinários MQO.

**Tabela 1.** Modelos matemáticos testados para estimativa do volume de *Eucalyptus urograndis* no município de Porto Grande, Amapá, Brasil. / **Table 1.** Mathematical models tested for estimated volume in *Eucalyptus urograndis* at the county in Porto Grande, Amapá, Brazil.

Variáveis independentes	Autor	Modelo
DAP	Koperzky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 + \epsilon$
	Hohenald-Krenn	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_2 \cdot DAP^2 + \epsilon$
	Husch	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \epsilon$
DAP/Hc	Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 \cdot Hc + \epsilon$
	Spurr (Ln)	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP^2 \cdot Hc) + \epsilon$
	Schumacher-Hall (Ln)	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \beta_2 \cdot \ln(Hc) + \epsilon$

Em que: V = volume da árvore com casca (m<sup>3</sup>); Ln = logaritmo natural; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo (cm); Hc = altura comercial (m), e  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ , e  $\beta_2$  = coeficientes dos modelos a serem estimados.

Após os ajustes dos modelos foram obtidos o coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>aj) e o erro padrão da estimativa absoluto (S<sub>xy</sub>) e relativo (S<sub>xy</sub>%). Logo em seguida, foi realizada a análise gráfica dos resíduos, para verificar a ocorrência ou não de tendenciosidade nas estimativas da variável dependente – volume. Estes critérios estatísticos são comumente utilizados em estudos que envolvam a aplicação de modelos de regressão para estimar variáveis de interesses dentro da mensuração florestal, e suas descrições podem ser visualizadas a seguir.

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) fornece a quantidade de variação ocorrida na variável resposta que é proporcionada pelo modelo de regressão, sendo necessário o cálculo ajustado deste parâmetro quando existem equações múltiplas envolvidas (SCHNEIDER et al., 2009):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y - \hat{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

$$R^2_{aj}(\%) = \left(1 - \left[\frac{k-1}{n-k}\right] \cdot (1 - R^2)\right) \cdot 100$$

Em que:

- R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação;
- R<sup>2</sup> aj (%) = coeficiente de determinação ajustado em porcentagem;
- k = número de coeficientes da equação;
- n = número total de observações;
- y = valores observados da variável dependente;

O erro padrão da estimativa (S<sub>xy</sub>) fornece o quanto o modelo erra em média em estimar a variável dependente após o ajuste, havendo a necessidade de recalculá-lo para equações não lineares, assim como, para aquelas cuja variável dependente sofreu alguma transformação (SOARES et al., 2011):

$$S_{xy} = \sqrt{QM_{res}}$$

$$S_{xy\text{recalculado}} = \sqrt{\frac{\sum(y - \hat{y})^2}{n - p}}$$

$$S_{xy}(\%) = \left(\frac{S_{xy\text{recalculado}}}{\bar{y}}\right) \cdot 100$$

Em que:

- S<sub>xy</sub> = erro padrão da estimativa na escala da variável dependente;
- S<sub>xy</sub>% = erro padrão da estimativa relativo;
- QM<sub>res</sub> = quadrado médio do resíduo da análise da variância;
- n = número total de observações;
- p = número de parâmetros no modelo;
- y = valores observados da variável dependente;

Para os modelos logarítmicos o erro padrão da estimativa foi corrigido na escala original da variável dependente, para possibilitar a comparação com os modelos aritméticos. Essa correção é feita pela aplicação do Índice de Furnival, conforme utilizado por Silva e Bailey (1991), sendo obtido por meio da expressão:

$$IF = f'(V)^{-1} \cdot e^{\left(\frac{n-p}{2 \cdot n}\right)} \cdot S_{xy}$$

Em que:

- IF = Índice de Furnival;
- f'(V)<sup>-1</sup> = derivada da variável dependente em relação ao volume dos indivíduos;
- n = número de observações;
- p = número de parâmetros do modelo;
- S<sub>xy</sub> = erro padrão da estimativa.

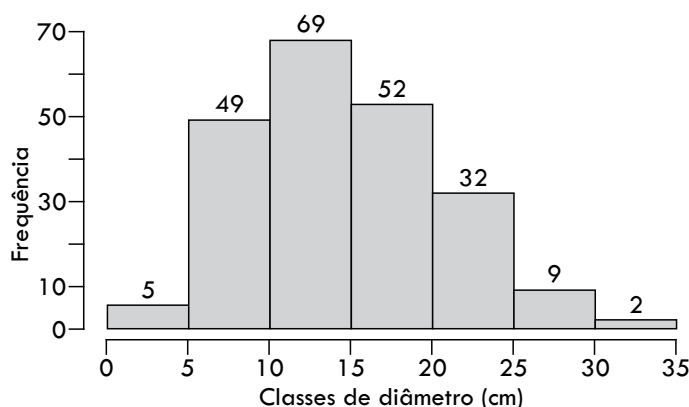
Os ajustes e análises estatísticas foram feitos com auxílio do Software Statistica 8 (STATSOFT, 2012).

### 3. Resultados e Discussão

Após a realização do inventário, procedeu-se o cálculo

das variáveis dendrométricas para caracterização do povoamento de *E. urograndis*. O diâmetro máximo e mínimo do povoamento variou de 4,0 a 34,21 cm, respectivamente. Por outro lado, a altura total mínima obtida foi de 6,30 m, e a máxima foi de 27,70 m. E o conjunto de dados de volume real variou de 0,0280 a 1,0650 m<sup>3</sup> para a área amostral estudada.

Pela distribuição diamétrica do povoamento (Figura 1), é possível visualizar que a amplitude dos dados é muito grande, o que provavelmente está atrelado à origem do material genético da espécie, bem como do espaçamento adota pela empresa para este talhão.



**Figura 1.** Distribuição diamétrica dos 218 indivíduos de *E. urograndis* amostrados em função do DAP de 4 a 7 anos de idade em Porto Grande, Amapá. / **Figure 1.** Distribution diametric of 218 individuals *E. urograndis* sampled in function of DAP in 4 to 7 years of age Porto Grande.

Os valores obtidos pelo teste F foram altamente significativos (α = 1%), o que permite inferir a existência de uma associação (relação probabilística) entre o volume (variável dependente) e o conjunto específico de variáveis independentes para cada modelo ajustado (Tabela 2). A existência dessa relação, no entanto, não permite afirmar que estimativas úteis podem, necessariamente, ser obtidas com qualquer uma das equações, ou seja, além deste escore estatístico, deve-se considerar a variação total dos dados explicada pela regressão, significância dos coeficientes e valores de erro das estimativas.

**Tabela 2.** Estimativas dos parâmetros e estatísticas de precisão, para todos os modelos ajustados e para o conjunto total dos dados do povoamento de *E. urograndis* no município de Porto Grande, Amapá, Brasil. / **Table 2.** Estimate of parameters and statistic of precision, for all models adjusted and for set total of population data in *E. urograndis* at the county Porto Grande, Amapá, Brazil.

Modelos	Estatísticas				Coeficientes		
	F	R <sup>2</sup> aj (%)	S <sub>xy</sub> (m)	S <sub>xy</sub> (%)	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>
Koperzky-Gehhardt	13813,11	98,42	0,0542	12,23	-0,0929	0,00306	-
Hohenald-Krenn	11951,67	99,02	0,0413	9,33	0,15232	-0,04020	0,0044
Husch	38307,69	99,41	0,0348	7,86	-7,09259	2,40119	-
Spurr	46191,75	99,59	0,0298	6,73	0,04191	0,00011	-
Spurr (Ln)	67093,4	99,72	0,0263	5,95	-7,91493	0,87581	-
Schumacher-Hall (Ln)	119634,56	99,94	0,0139	3,14	-7,59747	2,02633	0,5165

Em que: F = teste F (α = 5% de probabilidade); R<sup>2</sup>aj = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>xy</sub> = erro padrão da estimativa absoluto e relativo; IF = Índice de Furnival e β<sub>0</sub>, β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub> = coeficientes de regressão.

Analisando separadamente os ajustes, observa-se que com a transformação da variável dependente para a forma logarítmica ocorreu aumento nos valores do

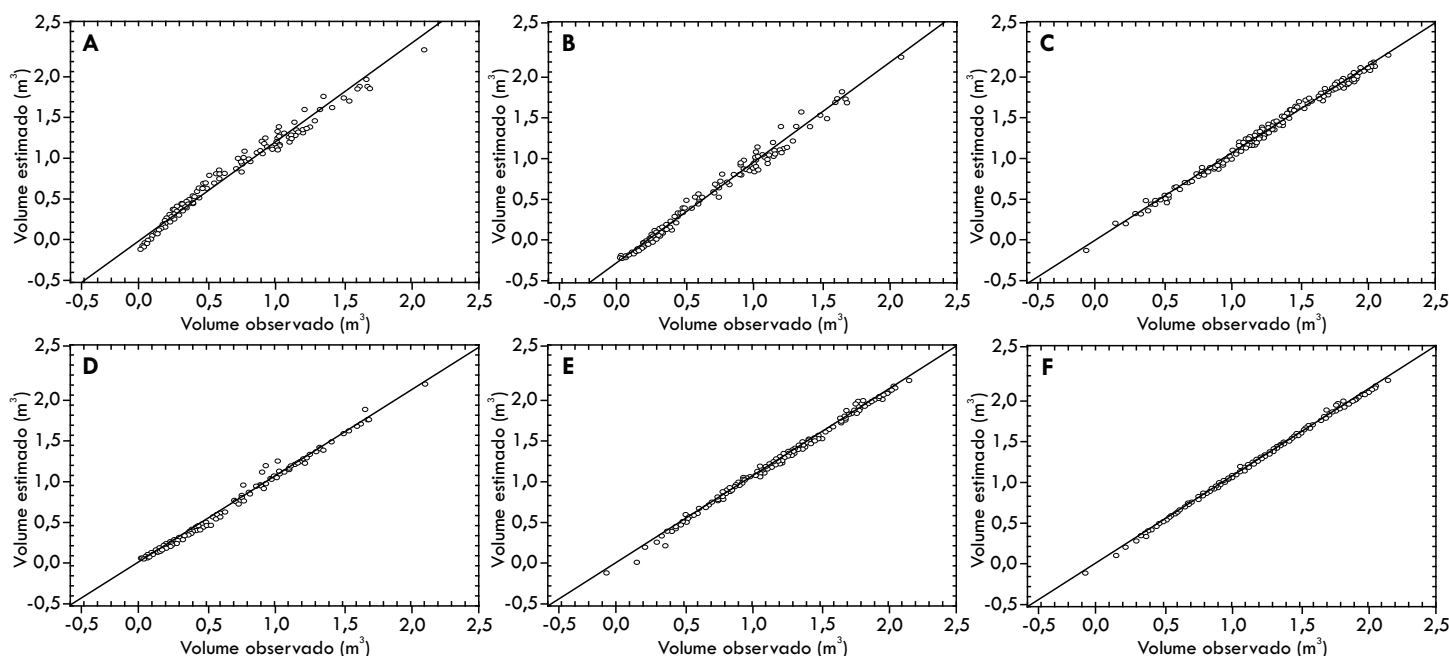
coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), isto indica que a variabilidade dos dados explicada pelas equações tende a diminuir com esta transformação. Desse modo, as equações demonstrando alto grau de ajuste da descrição da variável dependente (volume) em relação às variáveis independentes (DAP e h). Os valores do erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$  e  $S_{xy}\%$ ) também se mostraram aceitáveis variando de 3,14% à 12,23% para os modelos (Tabela 2), sendo que este indica o quanto os valores estimados diferem em média dos valores observados ou reais.

Com relação à precisão das estimativas, as equações obtidas pelos modelos de dupla entrada apresentaram menores valores de erros absolutos e relativos, destacando-se a equação de Schumacher-Hall (Ln) com menor valor encontrado ( $S_{xy} = 0,0139$  m;  $S_{xy}\% = 3,14\%$ ). Isto pode justificar a inclusão da variável altura, na qual exprime de forma significativa, juntamente com o diâmetro, o volume do tronco, resultando consequentemente em maior explicação pela regressão da variância dos dados. Por outro lado, quanto à estatística ( $R^2_{aj}\%$ ) houve pouca

variação dos valores obtidos, sendo o modelo de Schumacher-Hall (99,94%) e Koperzky-Gehrhardt (98,42%), os que apresentaram o maior e o menor valor, respectivamente.

Resultado semelhante a essa foi encontrada por Cerdeira (2012), que ajustou 10 modelos volumétricos para *Eucalyptus urograndis* e encontrou  $S_{xy}\%$  entre 6,61 e 16,14 e  $R^2_{aj}$  entre 0,9773 e 0,9911. Outro resultado semelhante pode ser observado no estudo feito por Miguel (2009), que ajustou dezesseis modelos volumétricos para *Eucalyptus urophylla* com casca e encontrou  $S_{yx}\%$  entre 8,72% e 15% e  $R^2$  ajustado entre 97% e 99,70%.

Na figura 2, pode observar a dispersão residual entre o conjunto de dados volumétricos observados e estimados pelos modelos. Resultados satisfatórios foram reportados por todos os modelos testados, indicando que as equações resultantes podem explicar o volume com confiabilidade com apenas o diâmetro ou com o diâmetro e a altura total, combinados ou não.



**Figura 2.** Distribuição dos resíduos para os seis modelos utilizados para determinação do volume comercial para a espécie *E. urograndis* no município de Porto Grande-AP. AP. Legenda: **A** = Koperzky-Gehrhardt; **B** = Hohenald-Krennpara; **C** = Husch; **D** = Spurr; **E** = Spurr (Ln); e **F** = Schumacher-Hall (Ln). / **Figure 2.** Distribution of waste for six models used to determination the volume commercial for species *E. urograndis* at the county Porto Grande-AP. AP. Legenda: **A** = Koperzky-Gehrhardt; **B** = Hohenald-Krennpara; **C** = Husch; **D** = Spurr; **E** = Spurr (Ln); e **F** = Schumacher-Hall (Ln).

Confrontando os volumes observados com os estimados pode-se observar estimativas mais precisas a partir da equação resultante do modelo de Schumacher-Hall na forma logarítmica, indicando a aceitação desta para prever o volume individual com casca. A boa dispersão residual indica variância homogênea, certamente um reflexo de transformações variáveis. Desta forma, considera-se que os erros são independentes, de média nula e variância constante. Os bons resultados obtidos por meio dos escores estatísticos confirmam sua aplicabilidade prática, aliada facilidade de obtenção do volume dentro da amplitude dendrométrica coletada. O modelo proposto por Schumacher e Hall (1933) é um dos mais difundidos na área florestal, devido às suas propriedades estatísticas, uma vez que resulta em estimativas quase sempre não tendenciosas (CAMPOS; LEITE, 2009).

Um resultado satisfatório e semelhante foi encontrado por Azevedo et al. (2011) ao testar seis modelos volumétricos, em que entre eles o de Schumacher-Hall se destacou como o melhor aplicado para povoamentos de *Eucalyptus urograndis* no estado de Sergipe. Ressalta-se também que esse modelo se fez satisfatório para aplicação em plantios de *Pinus Taeda* onde Thomas et al (2006), comparou 9 equações de volume e entre elas Schumacher-Hall se saiu com a maior satisfatoriedade.

#### 4. Conclusão

Todos os modelos testados obtiveram bons resultados estatísticos, mais o modelo de Schumacher-Hall na forma logarítmica obteve os melhores resultados para estimativa do volume de fuste com casca de *Eucalyptus urograndis*.



## 6. Referências Bibliográficas

- ABRAF, Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF-Brasília: 2013.
- AZEVEDO, T. L.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA, N. Y. **Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n° 1, p. 105-112. 2011.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 3.ed. rev. E ampl. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. Pag. 94.
- CERDEIRA, A. L. N. **Modelos para quantificação do volume de diferentes sortimentos em plantio de *Eucalyptusurophylla* x *Eucalyptusgrandis*.** Brasília: UNB. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, p. 45. 2012.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration: Krieger Publishing Company.** Malabar. Florida, 1982.
- LEITE, F. S.; RESENDE, A. V. **Estimativa do volume de madeira partindo do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta amazônica de terra firme.** Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 69-79, 2010.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** 1. ed. Curitiba: os autores, 2009. 309p.
- MIGUEL, E. P. **Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptusurophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás.** Curitiba: UFPR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2009. p. 161.
- OLIVEIRA, C. P. **Método da altura relativa na estimativa do volume individual para a seleção de materiais genéticos de eucalipto.** Rio de Janeiro: UFRRJ. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011. p. 46.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de Regressão aplicada à Engenharia Florestal.** 2. Ed- Santa Maria: FACOS, 2009. 294p.
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.
- SILVA, J. A. A.; BAILEY, R. L. **Considerações teóricas sobre o uso correto do índice de furnival na seleção de equações volumétricas.** Revista Árvore, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 323-327, 1991.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; DE SOUZA, A. L. (a) **Dendrometria e inventário florestal.** UFV, 2ed., 2011.
- STATSOFT. **STATISTICA** (data analysis software system), version 8. StatSoft, Inc., 2012.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. J. **Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco.** Ciência Florestal, v.16, n.3, p.319-327, 2006.