

RELAÇÃO HIPDOMÉTRICA PARA *Araucaria angustifolia* (Bert.)
Otto Kuntze. NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ

HIPSOMETRIC RELATION FOR *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto
Kuntze. IN THE WEST REGION OF PARANÁ STATE

Mauro Valdir Schumacher¹ Ademar Capra² Jonas Inoé Hernandez² Marcos
Vinicius Winckler Caldeira³ Luciano Weber Scheeren⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos selecionar modelos matemáticos para estimar a altura das árvores em função do diâmetro à altura do peito (DAP), em povoamentos de Araucária, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na região Oeste do Estado do Paraná. Para o ajuste dos dados de altura foram testadas 17 equações matemáticas, sendo utilizadas equações lineares aritméticas e logarítmicas. Como critérios estatísticos de seleção das melhores equações foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}), o erro padrão de estimativa (S_{yx}), o coeficiente de variação em percentagem (CV%), o índice de Fournival em percentagem (IF%) e o valor da estatística F. Em seguida foi realizada a análise gráfica dos resíduos para os cinco melhores modelos matemáticos. A equação 17, representada $h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$ resultou como modelo mais eficiente, ajustado em função do DAP das árvores, para estimar as alturas em povoamentos com idade de 14 anos de idade.

Palavra-chave: Relação hipsométrica, altura, diâmetro, *Araucaria*

-
1. Engº Florestal, Dr. nat. techn. Profº do Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFMS. schuma@ccr.ufsm.br
 2. Acadêmicos do curso de Engenharia Florestal. Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFMS. capramar@bol.com.br
 3. Engº Florestal, Doutorando em Eng. Florestal, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/UFPR. Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Rua Prof. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico; 80210-170. Curitiba, PR. caldeira@floresta.ufpr.br. Autor para correspondência.
 4. Engº Florestal, M. Sc., Doutorando em Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFMS. Santa Maria, RS.

ABSTRACT

This work had as objectives to select mathematical models to predict the height of trees in function of diameter at the breast height (DBH), in *Araucaria* stands, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., in West region of Paraná State. For the adjustment of the height data 17 mathematical equations were tested, being used arithmetic and logarithmic linear equations. Were used 5 statistical criterion for the best equations selection: a) adjusted determination coefficient (Raj), b) standard error of estimate (Syx), c) variation coefficient in percentage (CV%), d) Furnival index in percentage (IF%) and e) F statistic. The residues graphic analysis was accomplished for the five better mathematical models. The equation 17, represented by $h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$ resulted as more efficient model, adjusted in function of the trees DAP, to adjust the heights in stands with 14 year-old age.

Key words: Hipsometric relation, height, diameter, *Araucaria*

INTRODUÇÃO

Araucaria angustifolia é uma espécie nativa, conhecida pinheiro-do-paraná e/ou pinho, pinheiro-brasileiro. É uma árvore alta, de aspecto original e contrastante com as demais árvores do sul do Brasil, de 20-50 metros de altura, 1-2 metros de diâmetro na altura do peito. O tronco é perfeitamente cilíndrico, reto e raras vezes ramificado em dois ou mais, casca grossa e resinosa, cuja superfície externa se desprende em placas cinzento-escuras (REITZ *et al.*, 1983). Apresenta madeira de inúmeras utilizações e crescimento médio, quando comparada à espécies exóticas, sendo considerada a conífera de maior expressão econômica no Brasil.

Dentre as árvores do sul do Brasil, *Araucaria angustifolia* foi a que mais beneficiou o homem. Foi esta espécie, no Rio Grande do Sul, a primeira matéria-prima que proporcionou grandes acúmulos de capital àqueles que se aventuram a sua exploração. Estima-se segundo GERHARDT (1999), na época apenas 23% das árvores abatidas eram aproveitadas, ficando o restante na floresta. É possível ainda hoje encontrar restos de árvores gigantescas, na forma de nós nos campos que testemunharam uma época de fartura não muito distante.

Durante décadas *Araucaria angustifolia* foi a espécie economicamente mais importante do Brasil, além disso ocupou até o início dos anos 70 lugar importante na economia exportadora do Brasil. Em função do abuso no consumo desse recurso nacional, bem como a expansão de áreas de uso agrícola, foram rapidamente reduzidas as áreas com floresta de *Araucaria*, que originalmente cobriam cerca de 200.000 km² (CARVALHO, 1994). No entanto, em 1963, essa área alcançava somente cerca de 30.000 km² e desde então vem diminuindo mais ainda (HUECK, 1972).

A ocorrência da espécie se dá principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul com 40, 31, e 25% de sua superfície total, respectivamente. Os demais 4% da cobertura original de Araucária encontravam-se nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (CARVALHO, 1994). No Brasil, a sua ocorrência limita-se entre as latitudes de 15° e 30° Sul, e longitude 43° 30' e 57° 30' Oeste, apesar de existir uma distribuição irregular (HUECK, 1972).

Em função importância da *Araucaria angustifolia* e a necessidade de implantar o planejamento florestal, torna-se necessário estudar as relações biométricas, dentre as quais a relação hipsométrica, pois isso possibilita conhecer com precisão a altura das árvores indiretamente, reduzindo o tempo e o custo do levantamento de dados no inventário florestal. Neste sentido foram testados vários modelos matemáticos para o ajuste de alturas sobre diâmetros em povoamentos de *Araucaria angustifolia*, aos 14 anos de idade, plantadas na região de Quedas do Iguaçu, PR. O objetivo foi selecionar o melhor modelo de relação hipsométrica no primeiro desbaste da espécie em função dos diâmetros medidos a altura do peito.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A relação hipsométrica, conforme SCOLFORO (1997), é uma opção de trabalho controversa mas de grande utilização. É um aspecto de suma importância a ser considerado na coleta das informações, sendo de grande utilidade prática principalmente em populações com árvores de grande porte

Com relação especificamente a relação altura e diâmetro pode-se considerar, de acordo com o autor acima citado, duas situações: a primeira se refere a povoamentos em sítios bem definidos, bem formados e conduzidos; nesta situação espera-se uma correlação alta entre as variáveis

diâmetro e altura, pois haverá maior homogeneidade na população considerada. Em uma segunda situação povoamentos mais antigos, mal formados ou mal conduzidos, ou em sítios não muito bem definidos; neste caso espera-se uma correlação baixa entre as variáveis diâmetro e altura. Haverá, neste caso, uma maior heterogeneidade na população considerada.

A relação hipsométrica é influenciada pela idade, sítio, densidade, posição sociológica, tamanho da copa e espécie (LOETSCH *et al.*, 1973; HUSCH *et al.*, 1982; FINGER, 1992; SCOLFORO, 1999). Em sítios bons as melhores condições locais aceleram o crescimento, favorecendo a formação de classes sociológicas. Em consequência povoamentos jovens em sítios bons mostram uma curva de altura íngreme, enquanto em sítios pobres as curvas para uma mesma espécie são mais achatadas (HUSCH *et al.*, 1982).

A idade do povoamento afeta a relação entre diâmetro e altura, portanto, em inventários sucessivos não se deve utilizar a mesma relação e sim refazê-la a partir de novos dados (SCOLFORO, 1999). Na medida que aumenta a idade do povoamento as diferenças entre as curvas tendem a diminuir gradativamente, pois quando a árvore atinge seu clímax de crescimento, sendo isso uma característica da espécie e sítio, o seu crescimento em diâmetro e altura será reduzido e, como consequência, as mudanças na relação H/D serão muito pequenas (FINGER, 1992).

No que se refere à densidade, segundo o autor acima, essa influência será maior ou menor dependendo do qual estrato da floresta pertence à árvore. Nas árvores dominantes a altura é pouco afetada pelo espaçamento enquanto que nas dominadas a influência do crescimento em altura é bastante acentuada. Em relação a variável diâmetro, a mesma é bastante afetada em qualquer estrato, em função da concorrência. Neste sentido, quando a concorrência for alta, a razão H/D será maior que quando a concorrência for mais moderada.

O comprimento da copa também influencia a relação hipsométrica, pois quanto maior a copa menor será a razão H/D (SCOLFORO, 1999).

Segundo STERBA (1986) citado por ZANON *et al.* (1996), a análise dos coeficientes da função de regressão utilizada para descrever a relação entre a altura e o diâmetro tem evidenciado que, com o aumento da idade, os coeficientes angulares apresentam somente uma variação ao acaso, enquanto o intercepto da função tende a diminuir. Assim torna-se possível estimar o valor do intercepto para diferentes sítios naturais, mantendo o valor do ângulo de inclinação constante

Muitas vezes um modelo é ajustado com dados de diferentes estratos, podendo ser utilizada, por exemplo, a estratificação por idade, espaçamento e/ou sítios. Uma pergunta que sempre surge, segundo AZEVEDO *et al.* (1999), é se realmente seria necessária uma equação independente para cada um desses estratos. O fato é que, em muitos casos, uma única equação obtida através de dados agrupados poderá ser utilizada como estimativa comum para todos os estratos. No entanto, uma vez escolhido o melhor modelo para representar os dados, se deve averiguar ainda se uma determinada equação gerada por um conjunto de dados "a" poderá ser usada em detrimento de uma outra, obtida em um conjunto de dados "b", ou ainda, se será melhor usar uma terceira equação, obtida com os dados "a" e "b".

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em um povoamento de *Araucaria angustifolia*, aos 14 anos de idade, pertencente à empresa Araupel S.A., localizada na cidade de Quedas do Iguaçu/PR. A área encontra-se entre as coordenadas geográficas 25 e 26° latitude Sul e 52 ° e 53° de longitude Oeste de Greenwich.

Pelo sistema de Köppen (MORENO, 1961), o clima é subtropical úmido mesotérmico. A temperatura média do trimestre mais quente é de 23,0°C, temperatura média do trimestre mais frio é de 15,5°C e a temperatura média anual é de 19,5°C. A temperatura mínima absoluta é de -5,5°C, já a temperatura máxima absoluta chega a 38,1°C. A precipitação pluvial média do ano é de 1900 mm. Os meses mais chuvosos vão de outubro a dezembro, enquanto que os meses de menor precipitação são março, julho e agosto.

O povoamento encontra-se em um Latossolo Roxo, com um horizonte A bem desenvolvido, com teores médios de cálcio e magnésio, profundo, friável, poroso, bem drenado, boa capacidade de retenção de água, textura franca a argilosa. Na Tabela 1, são apresentadas as características químicas do solo.

TABELA 1 : Análise química do solo da área com Araucária onde foi realizada a amostragem de serapilheira e biomassa acima do solo.

Prof. (cm)	Argila (%)	pH H ₂ O	M.O. (g kg ⁻¹)	P (mg L ⁻¹)	K
0-20	81	4,2	37	1,1	80,0
Ca	Mg	Al (cmol _c L ⁻¹)	H+Al	CTC	V %
2,2	0,7	2,9	12,2	5,9	20,6

O povoamento de Araucária foi implantado entre julho a agosto de 1986. No momento da coleta dos dados apresentava-se com 14 anos de idade, sendo o espaçamento inicial de 3,0 m x 0,5 m totalizando 6.666 plantas por hectare. As sementes utilizadas para o plantio tiveram origem das florestas nativas localizadas no município de Irineópolis, SC. O sistema de plantio utilizado foi o mecanizado com plantadeiras especiais desenvolvidas pela própria empresa. Com estas foi possível plantar o pinhão diretamente no solo e no local definitivo.

No primeiro ano, nas entrelinhas da Araucária, foi plantado arroz de sequeiro. O arroz foi adubado com 250 kg plantas por hectare de N-P₂O₅-K₂O na fórmula 4-20-20, o que equivale a uma adubação com 10 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅ e 50 kg/ha de K₂O. No segundo e terceiro anos foi plantado milho no entre meio das fileiras de araucária, porém sem adubação. Não foi realizado nenhum replantio, uma vez que havia um elevado número de plantas na fase inicial.

Nos primeiros 3 anos após o plantio foram necessários algumas práticas de manutenção do povoamento, com o objetivo de garantir o estabelecimento, bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Foram realizadas as práticas de combate a formigas, coroamento, capina manual, roçada manual, aplicação manual e mecanizada de herbicida e roçada de arbustos.

Em relação aos tratos culturais o raleio teve por objetivo estabelecer a população ideal para o povoamento de Araucária, através da eliminação de indivíduos de menor potencial, buscando-se a formação de espaços homogêneos entre as plantas, próximos a 6 m² (espaçamento 3 m x 2 m).

A densidade inicial (6.666 plantas/ha) exigiu, a partir do segundo para o terceiro ano, uma operação de redução do número de indivíduos por

hectare a fim de possibilitar o crescimento ideal e contínuo das plantas remanescentes. Tendo como base o espaçamento 3 m x 2 m, reduziu-se o número de plantas para 1.666 plantas por hectare.

O povoamento sofreu a intervenção de 3 podas: a) poda baixa: realizada no ano de 1989, após o raleio, em todas as árvores do povoamento. Esta poda atingiu uma altura média de 2,0 a 2,5 m; b) poda média: realizada no ano de 1991, também em todas as árvores do povoamento. (Esta poda atingiu uma altura média em torno de 4,0 a 4,50 m e c) poda alta: realizada no ano de 1993, de forma seletiva, ou seja, em mais ou menos 400 a 500 árvores por hectare, as quais deveriam permanecer até o corte final por volta de 30 a 35 anos. Esta poda atingiu uma altura média de 6,50 m.

Com base nas medições do DAP e altura, foram ajustados modelos de relação hipsométrica, apresentados na Tabela 2, visando selecionar a melhor equação para o ajuste dos dados.

TABELA 2: Equações testadas para estimar as alturas de *Araucaria angustifolia*.

Equação	Modelo matemático
1	$\ln h = b_0 + b_1 * 1/d$
2	$\ln h = b_0 + b_1 * d^2$
3	$\ln h = b_0 + b_1 * 1/d + b_2 * 1/d^2$
4	$\ln h = b_0 + b_1 * \ln d$
5	$h = b_0 + b_1 * \ln d$
6	$h = b_0 + b_1 * 1/d$
7	$h = b_0 + b_1 * d^2$
8	$h = b_0 + b_1 * 1/d + b_2 * d^2$
9	$h = b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2$
10	$h = 1/(b_0 + b_1 * 1/d^2) + 1,30$
11	$\log h = b_0 + b_1 * 1/d$
12	$h = b_0 + b_1 * 1/d^2$
13	$\ln (h - 1,30) = b_0 + b_1 * \ln d^2$
14	$\log h = b_0 + b_1 * \log d$
15	$h - 1,30 = d^2 / (b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$
16	$h = d^2 / (b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$
17	$h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$

Onde: h = altura total em metros; d = diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros; ln = logaritmo neperiano; log = logaritmo na base 10; b₀, b₁, b₂, b₃, = coeficientes de regressão.

Numa área de condições de sítio semelhantes foram demarcadas 7 parcelas com as dimensões de 20 m x 25 m. Em cada uma destas foram medidos todos os diâmetros das árvores (DAP) e 10% das alturas das mesmas.

A partir do ajuste dos dados foi realizado a seleção dos cinco melhores modelos matemáticos com base nos seguintes critérios estatísticos: a) coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}); b) erro padrão da estimativa (S_{yx}); c) coeficiente de variação em percentagem (CV%); d) Índice de Furnival em percentagem (IF%); e) valor da estatística F. Em seguida foi realizada a análise gráfica dos resíduos para os cinco melhores modelos matemáticos.

A necessidade da utilização das estatísticas CV% e IF% é devida ao fato de estarmos comparando modelos matemáticos que sofreram transformação logarítmica da variável dependente (altura) com modelos aritméticos. Dessa forma é necessário o cálculo do Índice de Furnival em percentagem, calculado para os modelos logarítmicos, para comparar com o valor do Coeficiente de variação em percentagem, que é calculado para modelos aritméticos (SCHNEIDER, 1993).

Conforme os critérios apresentados acima, as melhores equações deverão apresentar, simultaneamente, o maior coeficiente de determinação ajustado, o menor erro padrão da estimativa e o menor coeficiente de variação em percentagem ou o melhor Índice de Furnival em percentagem e maior valor da estatística F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o processamento das equações matemáticas foram obtidos os parâmetros estatísticos que permitem realizar a seleção dos três modelos matemáticos que apresentaram melhor ajuste dos dados. Dessa forma, na Tabela 3, podem ser observados os coeficientes (b_0 , b_1 e b_2), o Coeficiente de Determinação ajustado (R^2_{aj}), o erro padrão de estimativa (S_{yx}), o Coeficiente de Variação em percentagem (CV%), o Índice de Furnival em percentagem (R^2_{aj}) e a estatística F (F).

TABELA 3 : Parâmetros estatísticos para as equações testadas

Modelo	Coeficientes			R ²	S _{yx}	CV%	IF%	F
	b ₀	b ₁	b ₂					
1	3.135	-8.029	-	0.40	0.10	-	52.30	48.3
2	2.330	0.001	-	0.40	0.10	-	52.30	48.5
3	3.372	-15.060	50.817	0.40	0.10	-	52.30	24.1
4	1.120	0.544	-	0.41	0.10	-	52.30	49.6
5	-6.032	7.207	-	0.42	1.26	9.14	-	51.7
6	20.628	-105.796	-	0.41	1.27	9.21	-	49.5
7	9.958	0.015	-	0.42	1.26	9.14	-	52.4
8	13.123	-32.019	0.011	0.42	1.27	9.21	-	26.1
9	7.420	0.328	0.005	0.42	1.27	9.21	-	26.0
10	0.058	5.471	-	0.39	0.01	0.07	-	45.4
11	1.362	-3.486	-	0.40	0.04	-	20.92	48.3
12	16.985	-746.403	-	0.39	1.29	9.36	-	46.3
13	0.854	0.302	-	0.41	0.11	-	57.53	49.3
14	0.486	0.544	-	0.41	0.04	-	20.92	49.6
15	-8.528	1.921	-0.006	0.78	2.12	15.37	-	123.9
16	-7.534	1.640	-0.0001	0.83	1.72	12.47	-	169.8
17	1.166	0.196	-	0.83	0.20	1.45	-	345.9

Na Tabela 4 pode-se observar as 5 melhores equações matemáticas selecionadas para a análise gráfica dos resíduos em percentagem:

TABELA 4 : Equações selecionadas para a análise gráfica dos resíduos em percentagem.

Eq.	Modelo matemático	R ² _{aj}	S _{yx}	CV%	IF%	F
5	$h = b_0 + b_1 * \ln d$	0.42	1.26	9.14	-	51.7
7	$h = b_0 + b_1 * d^2$	0.42	1.26	9.14	-	52.4
15	$h-1,30=d^2/(b_0+b_1*d + b_2*d^2)$	0.78	2.12	15.37	-	123.9
16	$h=d^2/(b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$	0.83	1.72	12.47	-	169.8
17	$h=(d / b_0 + b_1 * d)^2$	0.83	0.20	1.45	-	345.9

Devido às equações apresentarem diferente número de coeficientes, a análise da variação total dos dados deve ser realizada com

base no Coeficiente de determinação ajustado para o número de coeficientes de cada modelo matemático. Observa-se que duas das equações selecionadas apresentaram um coeficiente de determinação ajustado em torno de 0,40 e três equações apresentaram valor em torno de 0,80, o que demonstra que a variação total dos dados foi bem explicada apenas por três equações.

A análise da dispersão entre os valores observados e estimados pela análise de regressão para os modelos aritméticos é feita com base no Erro padrão de estimativa (S_{yx}), quando os modelos matemáticos apresentam variáveis dependentes de mesma unidade, ou no Coeficiente de variação em percentagem (CV%), quando os modelos matemáticos apresentam variáveis dependentes de diferentes unidades. Para comparar a eficiência dos modelos matemáticos que apresentam a variável dependente transformada para logaritmo utiliza-se a estatística Índice de Fournival em percentagem (IF%). Dessa forma a comparação e seleção de modelos matemáticos aritméticos e logarítmicos deve ser realizada utilizando-se CV% e no IF%, pois o Erro padrão de estimativa (S_{yx}) não constitui uma estatística eficiente nesses casos. Neste caso todos os modelos selecionados foram aritméticos. Apesar da equação 14 apresentar um S_{yx} bastante inferior às demais equações não se pode afirmar que esta apresenta uma menor dispersão entre os valores observados e estimados, sendo necessário comparar o valor do IF% com o CV% das demais equações.

Com respeito à estatística F, esta mostrou-se bastante elevada apenas na equação 17. Considerando a utilização de 70 conjuntos de dados de altura e idade e que a significância de cada modelo matemático é dada pela divisão de 1 grau de liberdade do modelo matemático pela respectiva estatística F, todos os modelos resultam altamente significativos, sendo que o modelo 5 apresenta o nível de significância mais baixo, com 0,02 (1/51,7) e o modelo 17 mostra-se mais significativo com valor de 0.003 (1/345,9).

Nas Figuras 1 a 5 podem ser observados os resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelas respectivas equações, em função do diâmetro à altura do peito (DAP). Observa-se, pela análise dos gráficos, que a equação 15 apresenta uma tendência de subestimar a altura nas árvores em toda a amplitude de diâmetros observados (DAP). As demais equações não apresentaram qualquer tipo de tendências.

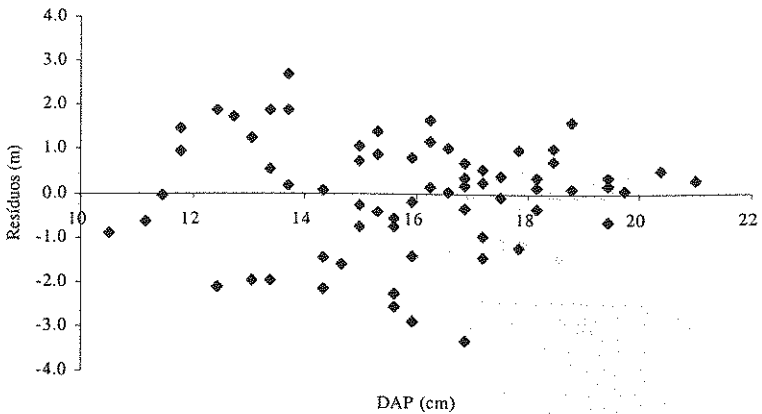


FIGURA 1 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 5.

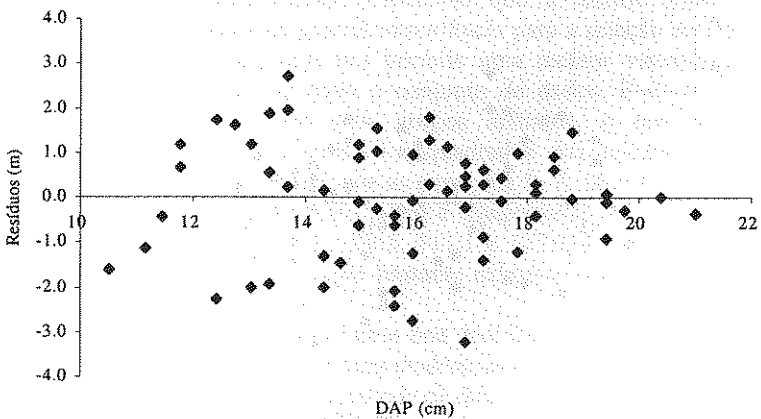


FIGURA 2 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 7.

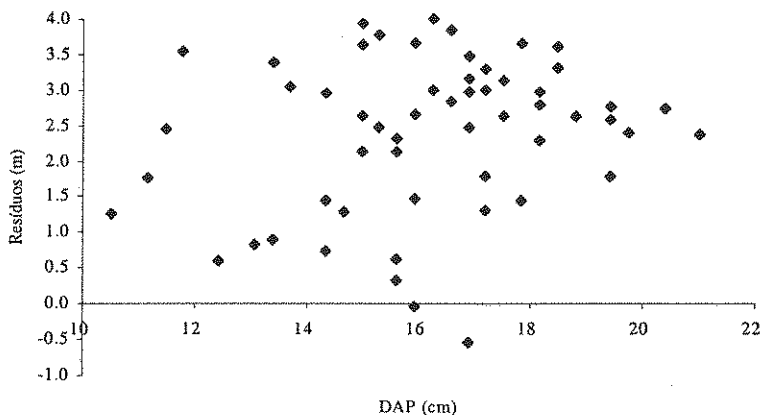


FIGURA 3: Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 15.

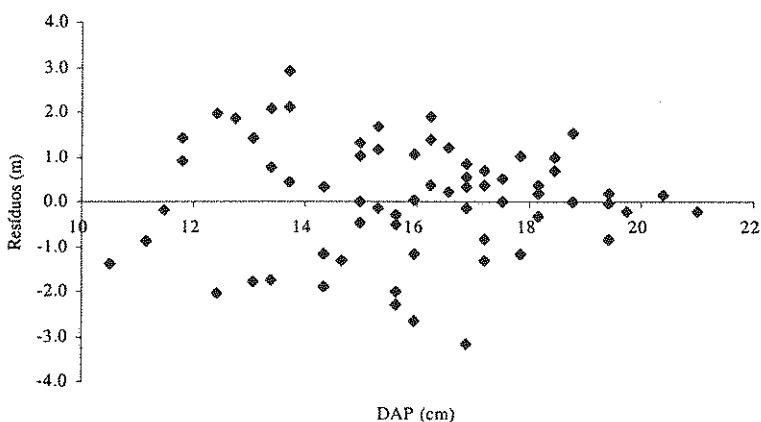


FIGURA 4: Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 16.

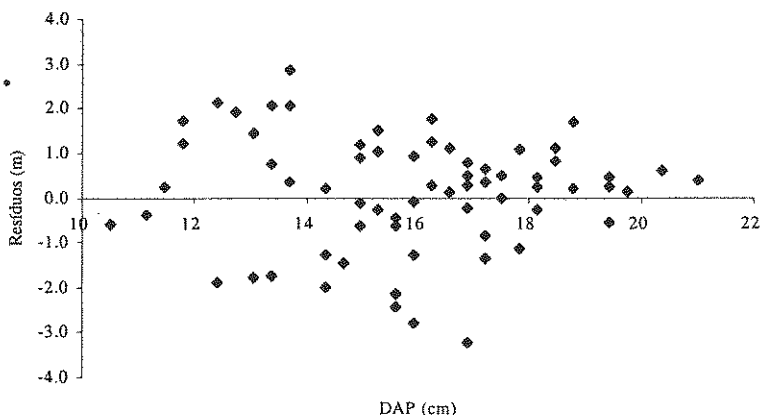


FIGURA 5 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 17.

Com essas observações percebe-se que a análise gráfica dos resíduos é uma ferramenta de grande importância para a seleção de modelos matemáticos de regressão, pois nos permite uma melhor visualização da distribuição dos resíduos em todo o conjunto de dados. Pode-se separar visualmente as equações em dois grupos distintos, o que pode ser comprovado pela respectiva soma dos quadrados dos resíduos de cada equação. Na Figura 1 observa-se que as equações 5, 7, 16 e 17 apresentam amplitudes de resíduos semelhantes, o que é comprovado pela soma total de quadrados de resíduos de 110.2, 109.5, 111.1 e 112.0, respectivamente. A equação 15 apresenta uma situação bastante diferente, com soma total de quadrados de resíduos de 643.9.

A equação 17 apresentou uma boa distribuição de resíduos, muito similar com os demais modelos, e sem tendências nítidas de superestimar ou subestimar as alturas dentro da amplitude de diâmetros observados.

Dessa forma, com base no conjunto dos parâmetros estatísticos utilizados, conclui-se que a equação 17 apresenta um melhor ajuste dos dados de altura em função do diâmetro das árvores, sendo a mesma selecionada e recomendada para realizar estimativas de altura para povoamentos de Araucária com na região Oeste do Paraná.

Na Figura 6 pode ser observada a distribuição dos dados observados e a curva de alturas ajustadas pela equação 17, em função do diâmetro e da idade das árvores.

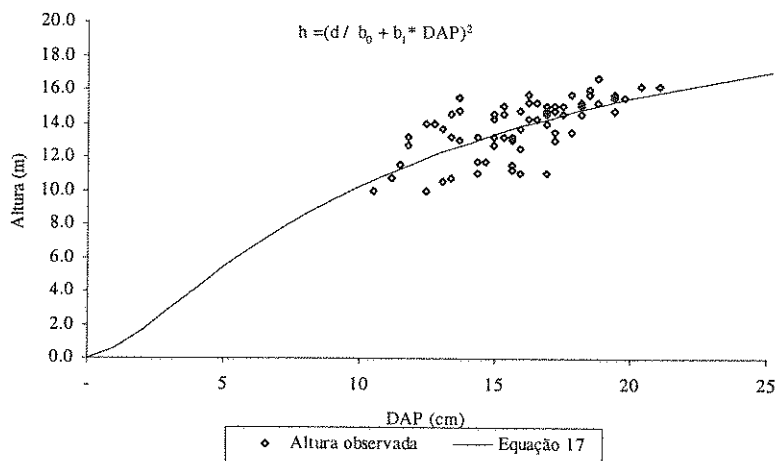


FIGURA 6 : Alturas observadas e estimadas para *Araucaria angustifolia*, na região Oeste do Estado do Paraná.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises estatísticas realizadas pode-se concluir para o povoamento de Araucária estudado no Oeste do Paraná o seguinte:

a) Cinco modelos matemáticos foram selecionados, de acordo com os critérios estatísticos, sendo que apenas o modelo 15, representado pela equação $h - 1,30 = d^2 / (b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$, apresentou tendência de subestimar as alturas em toda amplitude de diâmetros observados.

b) O modelo 17, representado pela equação $h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$, apresentou melhor precisão estatística para o ajuste dos dados de altura em

função do diâmetro e da idade, sendo recomendada sua utilização para a área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, C.P.; MUROYA, K.; GARCIA, L.C.; LIMA, R.M.B.; MOURA, J.B.; NEVES, E.J. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia ocidental. *Boletim de Pesquisa Floresta*, Colombo, n.39, p.5-29, jul./dez., 1999.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies florestais brasileiras, recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CNPF, Colombo. 1994. 640 p.
- GERHARD, E.J. *Influência dos fatores físicos do solo e dos nutrientes da serapilheira sobre o crescimento em altura da *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto Kuntze*. Santa Maria: UFSM, 1999. 98p. Dissertação de mestrado.
- HUECK, K. *As florestas da América do Sul*. São Paulo: Polígono, 1972. 466p. 206-239p.
- IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola (Porto Alegre, RS). *Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1989. 3v.
- JARDIM, F.C.S. *Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical*. Manaus: INPA - FUA, 1985. 198p. Dissertação de mestrado.
- LOETSCH, F.; ZOHRER, F. HALLER, K.E. *Forest Inventory*. Bonn: [s.n.], 1973. v.2, 469p.
- MACHADO, S.A.; BASSO, S.F.; BEVILACQUA JÚNIOR, V.G. Teste de modelos matemáticos para o ajuste da relação hipsométrica em diferentes sítios e idades para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993. Curitiba. *Anais...* São Paulo: SBS, 1993. v.2, p.553-556.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia*, Itajaí, n.34/35, 1983. 525p.
- SCHIMIDT, P.B. **Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFPR, 1977. 102p. Dissertação de mestrado.
- SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1993. 320p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Biometria Florestal 2. Técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira.** UFLA/FAEPE/DCF. 1997. 292p.
- SILVA, J.N.M. **Relação hipsométrica de espécies da Floresta Nacional do Tapajós.** Belém: EMBRAPA - CPATU, 1980. 2p.
- ZANON, M.L.B.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. et al. Funções para descrever a relação altura e diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.26, n.1, p.87-90, 1996.