

**CRESCIMENTO EM VOLUME DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NA SERRA DO SUDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

GROWTH IN VOLUME OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN SERRA DO SUDESTE IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

André Felipe Hess<sup>1</sup> Paulo Renato Schneider<sup>2</sup> César Martins Andrade<sup>3</sup>

**RESUMO**

Os objetivos desta pesquisa foram analisar o crescimento em volume de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na região da Serra do Sudeste e ajustar uma equação de crescimento em volume. Os dados foram obtidos por análise de tronco, de seções transversais nas alturas de 0,10 m, 1,30 m e, após, de 2 em 2m, de árvores abatidas de povoamentos naturais, tendo o volume resultado por idade. O trabalho demonstrou que a espécie nessa região tem incrementos significativos, atingindo, aos 60 anos, o volume sem casca médio igual a 0,6866 m<sup>3</sup>, com um incremento médio anual em volume sem casca de 0,01585 m<sup>3</sup>/ano.

**Palavras-chave:** Serra do Sudeste; *Araucaria angustifolia*; incremento.

**ABSTRACT**

This research aims at analyzing the growth in volume of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in the region of Serra do Sudeste (Rio Grande do Sul, Brazil) and also proposing a growth equation in volume. Data were obtained by trunk analysis, considering, firstly, transverse sections of trees at 0.10 and 1.30 m heights; after-words, the measurement taken into account was 2.0 in 2.0 m height. Such trees were cut in natural settlements, having resulted the volume per age. The work demonstrated that species in this area has significant increments, reaching, after 60 years, a volume without bark of 0.6866 m<sup>3</sup>, with an annual average increment in volume without bark of 0.01585 m<sup>3</sup>/year.

**Keywords:** Serra do Sudeste; *Araucaria angustifolia*; increment.

**INTRODUÇÃO**

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do-paraná) já foi a principal espécie arbórea brasileira explorada comercialmente (SOUZA, 2000). Essa conífera dióica polinizada pelo vento foi submetida à exploração ostensiva e desordenada durante o final do século XIX, até meados da década de 70, do século XX. Apesar de sua ampla distribuição geográfica, que ocorre entre as latitudes 19°15'S (Conselheiro Pena, MG) a 31°39' S (Canguçu, RS) e longitudes de 41°30'W a 54°30' L e em altitudes que variam de 500m a 2300m, restaram apenas manchas esparsas e isoladas da espécie, o que a levou quase à extinção (CARVALHO, 1994).

A espécie é exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária), nas formações aluviais (galeria), Submontana, Montana e Alto-Montana. Pode atingir 50m de altura e 250cm de DAP (diâmetro à altura do peito).

Devido a sua quase extinção, torna-se premente o manejo e a utilização da espécie sob as vistas de restrições legais, com a finalidade de proteger e preservar os bosques remanescentes, principalmente, os formados naturalmente. No início dos anos 60, com a introdução de espécies exóticas, de rápido crescimento, como o *Pinus* e *Eucalyptus*, uma certa porcentagem de áreas foi transformada em reserva legal, conservando redutos de araucária.

Em consequência do desconhecimento sobre a auto-ecologia da espécie e da sua silvicultura, foram cometidos erros nos reflorestamentos e no manejo, aumentando o desinteresse comercial, apesar de seu alto

1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Substituto do Departamento de Educação Agrícola e Extensão Rural, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). hessandre@yahoo.com.br

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). paulors@smail.ufsm.br

3. Engenheiro Florestal, Graduado pela Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). cesarmartins@mail.ufsm.br

valor e finalidade nobre.

Segundo Nauber (1995), a proteção, via proibição do uso, significa uma desvalorização do bem que, em muitos casos, tem como conseqüência a perda de interesse na conservação da matéria-prima. Por causa disso, formas de manejo que consideram ambos os objetivos, lucro e conservação, geralmente são de maior eficiência.

Para tais formas de manejo, entretanto, são necessários conhecimentos da evolução do crescimento dos parâmetros dendrométricos com a idade. Após isso, poderão ser realizados tratamentos visando a colheita seletiva, em ecossistemas naturais ou plantados, atingindo-se o manejo sustentável. Para tanto, informações sobre o crescimento da espécie são indispensáveis, ao mesmo tempo em que a modelagem das relações de crescimento deve ter uma base de dados considerando essas relações. Uma abordagem possível para alcançar esse objetivo é o conhecimento do padrão e da forma de crescimento no tempo, que possibilita o desenvolvimento de ferramentas para a tomada de decisão na intervenção nos povoamentos.

O gênero *Araucaria* da família *Araucariaceae* só ocorre no hemisfério Sul, com duas das 14 espécies na América do Sul (WHITMORE, 1975), sendo *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze a de maior importância no mercado mundial. Isso pode ser reconhecido pelos nomes multinacionais que existem: Parana Pine (Inglês), Brasilkiefer (Alemão), Araucaria du Brésil (Francês), Pino misionero (Espanhol) e Pinheiro-do-Paraná (Português) (LAMPRECHT, 1986).

Segundo Hueck (1962), a região de ocorrência natural da espécie limita-se entre as latitudes de 15° e 30° sul e longitudes de 43° e 57° oeste, com maior distribuição nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e menores áreas na província de Misiones (Argentina) e nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

O conhecimento da capacidade produtiva de uma determinada área é requisito básico para o planejamento da maioria das intervenções no povoamento, escolha das espécies, formação dos povoamentos, manejo e aproveitamento dos recursos florestais, embora seja de difícil determinação.

De Hoogh (1981) diz que os povoamentos de araucária com bom crescimento geralmente encontram-se em latossolos. Em solos litossolos e hidromórficos, há restrições físicas e fisiológicas para o desenvolvimento radicial, produzindo condições de crescimento extremamente pobres. O nutriente mais importante que limita o crescimento de araucária é o N, seguido pela oferta de P. De menor importância são os nutrientes K, Ca, Cu, e B. Por causa disso, o melhor crescimento da espécie é observado em áreas de agricultura abandonadas, floresta nativa e secundária.

A justificativa para o uso da araucária em reflorestamentos é encontrada nas seguintes vantagens: espécie de alto valor ecológico, ocorrência em florestas nativas, minimização do risco de produção por causa da boa adaptação de espécies nativas, e produção de madeira de alta qualidade e valor nos mercados nacionais e internacionais. Em conseqüência disso, tais espécies nativas, como a araucária, devem ser manejadas com o objetivo de produzir madeira de alta qualidade, de modo sustentável e ecologicamente adaptado, seja em matas nativas ou artificiais.

O crescimento de *Araucaria angustifolia* não pode ser explicado somente em termos de expressões químicas, mas também de características físicas e mecânicas do solo, que devem ser estudadas, pois, em uma estrutura granular e com aeração suficiente, as raízes encontram maior capacidade de penetração (OLIVEIRA, 1948).

Conforme Lassere *et al.* (1972), a diferença de produtividade da *Araucaria angustifolia*, em Piray, Misiones, está associada, entre outros fatores, à produtividade do solo, que se relaciona com a expansão do sistema radicial. O mesmo foi observado por De Hoogh *et al.* (1979), que encontraram correlação positiva no valor do crescimento com a profundidade do solo e a espessura do horizonte A.

Assim, neste trabalho, é analisado o crescimento em volume da espécie no tempo, através do uso de dados oriundos da análise de tronco, e o ajuste de equações de volume em função do diâmetro, altura e idade, para a região da Serra do Sudeste.

## MATERIAL E MÉTODO

### Caracterização da área de estudo

Os dados para o estudo nesta região foram coletados em um povoamento natural de *Araucaria angustifolia*, com distribuição aleatória, em uma propriedade particular de 7,08 hectares, no município de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, situado na localidade do Salso, entre as coordenadas 26°14'39" E e 66°16'52" N e altitude de 338 m. Foram utilizadas três árvores, com diâmetro médio de 26,9 cm, altura média de 12,3 m, volume médio de 0,6384 m<sup>3</sup> sc e idade média de 52 anos.

A vegetação no local pode ser descrita como Floresta Estacional Decidual (VELOSO e GÓES FILHO, 1982; TEIXEIRA *et al.*, 1986). Devido à redução drástica da cobertura florestal do Estado, a região da Serra do Sudeste é apontada como uma das principais áreas com vistas à conservação da flora regional por abrigar um grande número de espécies endêmicas em formações abertas (GUADAGNIN *et al.*, 2000).

O solo da região pertence à unidade de mapeamento Carajá e classifica-se como argissolo vermelho-amarelo eutrófico abruptico (EMBRAPA, 1999). Compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte superficial.

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e, mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt (EMBRAPA, 1999).

A temperatura média anual é ao redor de 16,8 °C, e a precipitação média anual em torno de 1.665 mm. Pode ocorrer chuva torrencial de 119 mm em 24 horas e geadas de abril a novembro. Os períodos de secas mais freqüentes verificam-se entre os meses de novembro a março.

### Processo de amostragem

Devido à Legislação Florestal vigente e obedecendo a critérios de distribuição aleatória dos indivíduos, reserva permanente, área de reserva legal, cursos d'água e aproveitamento de espécies florestais nativas, elaborou-se relatório para Retirada de Árvores Ameaçadas de Extinção, conforme formulário da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA/RS), obtendo-se a liberação de corte de três árvores para realizar a análise dendrocronológica.

As árvores amostra foram selecionadas em toras no comprimento padrão, previamente definido. De cada árvore foram extraídos discos na altura de 0,10 m, 1,3 m e 3,3 m, e os demais, de 2 em 2 metros, até o topo. Estes discos, com cerca de 5 cm de espessura, foram secos em estufa e, posteriormente preparados pelo lixamento, com lixas de várias gramaturas, até a visualização integral de todos os anéis de crescimento.

Em cada disco foram tomadas as medidas em quatro raios, sendo o primeiro num ângulo de 45° a partir do maior raio da fatia, e os demais, a 90° um do outro. Os anéis de crescimento foram identificados com auxílio de lupa, e suas espessuras medidas com o auxílio de mesa de medição micrométrica acoplada a um computador.

A identificação dos anéis de crescimento foi realizada de acordo com a orientação de Schweingruber (1996), que descreveu os problemas de identificação de anéis de crescimento anual, citando que podem existir anéis muito tênues próximos à medula, de difícil identificação visual, e falsos anéis causados por estresse, relacionando os fatores que influem na sua formação e algumas das técnicas utilizadas para identificar anéis verdadeiros.

Com a medição dos raios das fatias no aparelho Lintab II, foram gerados arquivos de dados com informações de controle das árvores e das dimensões dos raios. Posteriormente, este arquivo de dados foi transformado, através do Programa ANARC.EXE, num arquivo do tipo NOME. DAT. Esse arquivo de dados transformado foi lido no Programa ANATRON.EXE, que realiza os cálculos dendrométricos por idade, gerando diâmetro, altura, área basal, volume e seus incrementos, além do fator de forma.

Com os dados obtiveram-se a idade das árvores, o diâmetro, a altura, o volume, a área basal, o fator de forma e os incrementos corrente e médio anual.

### Análise do crescimento em volume

Para estudo do crescimento em volume em função do diâmetro e altura e do volume em função da idade, foram testados os modelos relacionados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1: Modelos testados para ajuste do volume em função do diâmetro e altura.

TABLE 1: Tested models for volume estimation as a function of diameter and total height.

Equação	Modelo Matemático	Autores
1	$v = b_0 + b_1.d + b_2.d^2 + b_3.dh + b_4.d^2.h + b_5.h$	Meyer
2	$v = b_0 + b_1.d + b_2.d^2 + b_3.dh^2 + b_4.d^2.h$	Meyer modificada
3	$v = b_0 + b_1.d^2 + b_2.d^2.h + b_3.dh^2 + b_4.h^2$	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	$\log v = b_0 + b_1.\log d + b_2.\log^2 d + b_3.\log h + b_4.\log^2 h$	Prodan
7	$\log v = b_0 + b_1.\log d + b_2.\log h$	Schumacher-Hall
8	$\log v = b_0 + b_1.\log(d^2.h)$	Spurr
9	$\log v = b_0 + b_1.\log d + b_2.d^{-1}$	Brenac

Em que: v = volume sem casca em metros cúbicos; h = altura em metros; d = diâmetro à 1,30 m do nível do solo. Fonte: Schneider, (1998).

TABELA 2: Modelos testados para crescimento do volume em função da idade.

TABLE 2: Tested models for volume estimation as a function of age.

Equação	Modelo matemático	Autor
1	$\ln v = b_0 + b_1.t^{-1}$	Schumacker
2	$\ln v = b_0 + b_1.\ln t + b_2.\ln^2 t$	Backman
3	$\ln v = b_1.\ln t + b_2.\ln^2 t$	Backman modificada
4	$v = \frac{t^2}{e^{b_0 + b_1.t + b_2.t^2}}$	Prodan
5	$v = \frac{t^2}{e^{b_1.t + b_2.t^2}}$	Prodan modificada
6	$\ln v = b_0 + b_1.t^{-1} + b_2.\ln t$	Hoerl
7	$\ln v = b_0 + b_1.t + b_2.t^2 + b_3.t^3$	Moissev
8	$\ln v = b_0 + b_1.\ln t + b_2.t$	Gram
9	$v = b_0.(1 - \exp^{-b_1.t})^{b_2}$	Chapman-Richards
10	$v = b_0.(1 - \exp^{-b_1.t})$	Mitscherlich

Em que: v = volume em metros cúbicos sem casca; t: idade;  $b_0, b_1, \dots$  = coeficientes das equações; ln = logaritmo neperiano. Fonte: Loetsch *et al.* (1973); Mitscherlich e Sonntag (1982); Richards (1959); Prodan (1968); Kiviste *et al.* (2002).

### Critério de seleção do modelo

Na seleção de equações, foram levadas em consideração as estatísticas do coeficiente de

determinação, erro padrão da estimativa, coeficiente de variação e valor de F. Para a seleção do modelo, foi utilizado o valor ponderado destes escores estatísticos, atribuindo-se valores ou pesos às estatísticas calculadas. Neste processo, as estatísticas foram ordenadas de acordo com sua eficiência, sendo atribuído peso 1 para a equação mais eficiente e pesos crescentes para as demais equações (ranking).

O valor ponderado de uma equação é obtido pela multiplicação do número de vezes quantificado para cada colocação pelo seu respectivo peso, sendo expressa por:

$$VP = \sum_{i=1}^n Nr_i \cdot P_i$$

Em que:  $P_i$  = peso da  $i$ ésima colocação;  $Nr_i$  = número de registros que obtiveram a  $i$ ésima colocação; VP = valor ponderado da equação.

A equação selecionada foi a que apresentou o menor valor ponderado dos escores estatísticos determinados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento do volume em função do diâmetro e altura

Na Tabela 3, são apresentados os resultados estatísticos das equações testadas, conforme Tabela 1, para ajustar o volume sem casca em função do diâmetro e da altura de *Araucaria angustifolia* na região do estudo.

TABELA 3: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento em volume em função do diâmetro e altura.

TABLE 3: Coefficients and statistics of the fitted equations for volume estimation as a function of diameter and total height.

Eq.	Coeficientes						$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F
	$b_1$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$				
1	0,0217	0,0015	-0,0001	0,0004	0,00004	-0,0091	0,9986	0,0258	4,23	20316,0
2	0,0089	-0,0029	0,0001	0,00002	0,00004	-	0,9985	0,0261	4,27	24877,9
3	0,0071	0,00005	0,00003	0,00004	-0,0006	-	0,9986	0,0254	4,16	26277,8
4	-0,0091	-0,00006	0,00005	0,0019	-	-	0,9984	0,0271	4,44	30684,0
5	0,00009	0,00004	-	-	-	-	0,9984	0,0273	4,48	90458,1
6	-9,2862	1,5925	0,0381	0,7471	0,1167	-	0,9987	0,0712	-4,80	26867,3
7	-9,9710	1,857	1,1467	-	-	-	0,9980	0,0892	-6,01	34231,3
8	-9,9205	0,9839	-	-	-	-	0,9979	0,0915	-6,17	65006,9
9	-10,117	2,7666	1,5863	-	-	-	0,9926	0,1713	-11,25	9227,7

Em que:  $R^2_{Aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância;  $b_0, b_1, b_2, b_3$  = coeficientes.

Os resultados mostram que, de forma geral, as equações de volume testadas apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados, com valores superiores a 0,99 e coeficientes de variação variando entre -11,25% e 4,48%. As equações também apresentaram baixos valores para o erro padrão da estimativa, indicando pouca dispersão relativa entre os valores observados e os estimados nas equações.

De acordo com os parâmetros estatísticos, destacam-se o modelo de Prodan (equação 6), que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado de 0,9987, bem como baixo erro padrão da estimativa de 0,0712, baixo coeficiente de variação de -4,80% e valor de F de 26867,3, altamente significativo. O modelo de Meyer (equação 1) apresentou um valor do coeficiente de determinação ajustado de 0,9986, erro padrão da estimativa de 0,0258, coeficiente de variação de 4,23% e valor de F de 20316, altamente significativo. Já o modelo de Naslund modificado (equação 3) apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,9986, erro padrão da estimativa de 0,0254, coeficiente de variação de 4,16% e valor de F de 26277,8, altamente significativo.

Por falta de uma definição clara sobre o melhor modelo, foi determinado o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP) para selecionar a melhor equação para descrever o crescimento em volume em

função do diâmetro e altura, conforme a Tabela 4.

TABELA 4: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

TABLE 4: Considered value of the scores of the statistical parameters of the tested equations.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F	
1	3	2	2	8	15
2	4	3	3	7	17
3	2	1	1	6	10
4	6	5	4	4	19
5	5	4	5	1	15
6	1	6	6	5	18
7	7	7	7	3	24
8	8	8	8	2	26
9	9	9	9	9	36

Em que:  $R^2_{Aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

O Valor Ponderado dos Escores dos Parâmetros Estatísticos (VP) das equações testadas levou em consideração todas as variáveis estatísticas anteriormente descritas. Esta estatística foi utilizada com o objetivo de sintetizar os resultados, facilitando o processo de seleção do melhor modelo matemático. Dentre essas equações, a de número 3, de Naslund modificada, foi a escolhida, pois apresentou menor VP, igual a 10. Isto não exclui qualquer outra equação testada, pois todas apresentaram ótimo ajuste. Na Figura 1, pode-se observar a distribuição dos resíduos da equação de Naslund, que apresenta uma pequena dispersão dos resíduos, indicando bom ajuste.

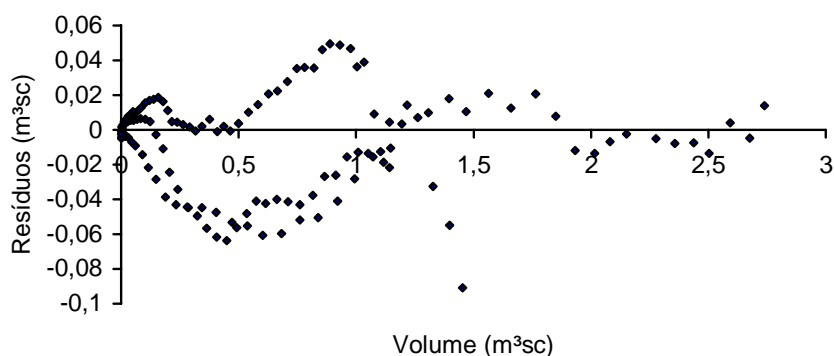


FIGURA 1: Distribuição dos resíduos da equação de volume de Naslund modificada.

FIGURE 1: Distribution of the residues of the equation of volume of modified Naslund.

### Crescimento em volume em função da idade

Na Tabela 5, são apresentados os resultados estatísticos das equações testadas, conforme Tabela 2, para ajustar o crescimento em volume sem casca em função da idade.

Os dados mostram, que de uma forma geral, as equações de volume apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados, com valores superiores a 0,71, coeficientes de variação alto entre -55,04% e 59,38 % e erro padrão da estimativa baixos, o que indica pouca dispersão dos dados ao redor da reta de regressão.

De acordo com os parâmetros estatísticos, destacam-se as equações de número 7, definida pelo modelo de Moissev, que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado de 0,9383, bem como baixo erro padrão da estimativa de 0,4365, coeficiente de variação de -33,85% e alto valor de F de 669,73; o modelo de Gram (equação 8), com valor de coeficiente de determinação ajustado de 0,9369; valor do erro padrão da estimativa de 0,4415, coeficiente de variação de -34,23%; e o modelo de Backman (equação 2),

com coeficiente de determinação ajustado de 0,9347, valor de F de 945,3, coeficiente de variação de -34,82% e erro padrão da estimativa de 0,4490.

TABELA 5: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do volume em função da idade.

TABLE 5: Statistical parameters of the equations tested to adjust the growth of the volume in function of the age.

Equação	Coeficientes				$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F
	$b_0$	$B_1$	$b_2$	$b_3$				
1	1,5029	-65,8390	-	-	0,9080	0,5328	-41,32	1304,10
2	-19,9227	8,3685	-0,8062	-	0,9347	0,4490	-34,82	945,31
3	-	-4,5281	1,2264	-	0,8934	0,7098	-55,04	558,28
4	11,1625	-0,1967	0,0025	-	0,7167	0,4447	55,64	167,99
5	-	0,5785	-0,0092	-	0,9321	2,0678	26,21	913,51
6	-6,6850	-27,6800	1,9905	-	0,9313	0,4605	-35,71	895,78
7	-9,6360	0,5802	-0,0120	0,00008	0,9383	0,4365	-33,85	669,73
8	-16,1326	5,1819	-0,0745	-	0,9369	0,4415	-34,23	980,21
9	2,4694	0,0588	7,9904	-	0,8399	0,3689	59,38	251,93

Em que:  $R^2_{Aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância;  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  = coeficientes.

Assim, para a escolha do melhor modelo de crescimento em volume foi determinado o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), conforme a Tabela 6.

TABELA 6: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

TABLE 6: Considered value of the scores of the statistical parameters of the tested equations.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	$R^2_{Aj.}$	$S_{YX}$	Cv%	F	
1	6	7	7	1	21
2	3	5	5	3	16
3	8	8	8	7	31
4	9	4	1	9	23
5	4	9	2	4	19
6	5	6	6	5	22
7	1	2	3	6	12
8	2	3	4	2	11
9	7	1	9	8	25

Em que:  $R^2_{Aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

Pelo critério do VP, a equação 8, definida pelo modelo de Gram, foi a melhor, pois apresentou o menor valor ponderado, igual a 11 pontos.

Com esta equação de Gram, equação 8, estimaram-se os valores do volume, e pela diferença entre valores estimados e observados, obteve-se a Figura 2, referente à distribuição dos resíduos. Nesta Figura, pode-se observar que o modelo subestimou os valores para as maiores idades.

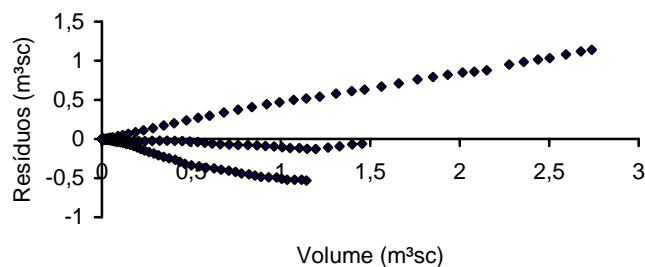


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos da equação de volume de Gram.

FIGURE 2: Distribution of the residues of the equation of volume of Gram.

Com este modelo de Gram (equação 8), estimou-se o crescimento médio em volume sem casca em função da idade, representado na Figura 3, em que se observa um padrão de crescimento sigmoidal, o qual aumenta lentamente no início, depois mais rapidamente e, após, vai diminuindo. Nota-se que a curva tende ao início da assíntota, indicando a maturidade, que é o limite superior de crescimento, além do qual não ocorrerá nenhum aumento significativo de crescimento.

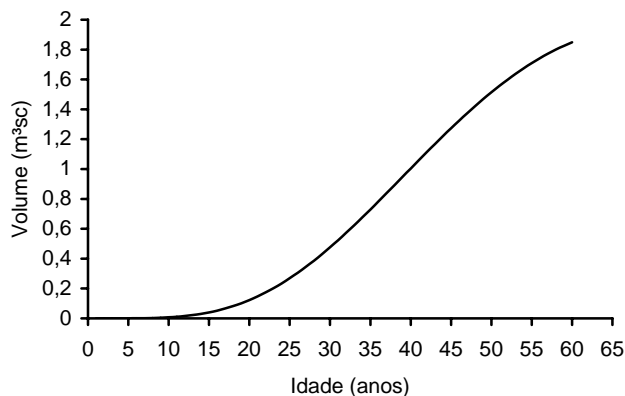


FIGURA 3: Crescimento em volume em função da idade, *Araucaria angustifolia*, na Serra do Sudeste.

FIGURE 3: Growth in volume in function of the age, *Araucaria angustifolia*, in Serra do Sudeste.

Para completar a análise de crescimento, foi calculado o incremento médio anual em volume sem casca (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) para a espécie, apresentados na Tabela 7.

TABELA 7: Incremento médio e corrente anual da *Araucaria angustifolia* na Serra do Sudeste.

TABLE 7: Medium increment and current annuls of *Araucaria angustifolia* in Serra do Sudeste.

Idade	Volume (m³sc/ano)	IMA(m³sc/ano)	ICA (m³sc/ano)
5	0,0003	0,0001	0,00007
10	0,0071	0,0007	0,00180
15	0,0401	0,0027	0,00800
20	0,1226	0,0061	0,01880
25	0,2684	0,0107	0,03180
30	0,4757	0,0159	0,04380
35	0,7286	0,0208	0,05210
40	1,0028	0,0251	0,05530
45	1,2721	0,0283	0,05320
50	1,5130	0,0303	0,04670
55	1,7083	0,0311	0,03700
60	1,8476	0,0308	0,02550

Em que: IMA = incremento médio anual sem casca em metros cúbicos; ICA = incremento corrente anual sem casca em metros cúbicos.



Com os incrementos médio e corrente anual por idade foi gerada a Figura 4, na qual se observa que o máximo incremento médio anual em volume sem casca ocorreu aos 58 anos, quando interceptou a curva do incremento corrente anual, indicando ser esta a idade aproximada de maximização da produção volumétrica, sendo indicada para exploração da espécie.

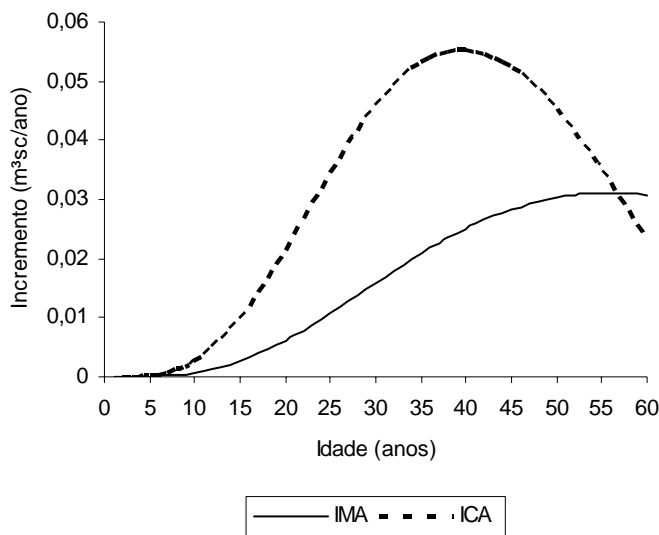


FIGURA 4: Incremento médio e corrente anual em volume por idade, *Araucaria angustifolia*, na Serra do Sudeste.

FIGURE 4: Medium increase and annual current in volume for age, *Araucaria angustifolia*, in Serra do Sudeste.

## CONCLUSÕES

Pelos resultados da análise do crescimento em função da idade, pode-se inferir que a araucária, na região da Serra do Sudeste, apresenta máxima produtividade aos 58 anos, a partir da qual não ocorre aumento significativo do incremento médio anual, indicando ser a idade de aproveitamento da espécie.

Esse resultado também permite predispor que plantios comerciais de araucária na região pode significar investimento com retorno econômico, face ao seu bom crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.
- DE HOOG, R. J., DIETRICH, A. B. Avaliação de sítio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em povoamentos artificiais. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 10, n. 37, p. 19-71, 1979.
- DE HOOG, R. J. **Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In southern Brazil**. 1981. 161f. Tese (Doutorado) – Universität Freiburg, Freiburg.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- GUADAGNIN, D. C., LAROCA, J. SOBRAL, M. Flora vascular de interesse para a conservação da bacia do Arroio João Dias: avaliação ecológica rápida. In: RONCHI, L. R. ; LOBATO, A. O. C., orgs. **Minas do Camaquã**. São Leopoldo : Unisinos, , 2000. p71-84.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972. 239p.
- KIVISTE, A.; GONZÁLES, J. G.; ALBORECA, A. R. *et al.* **Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 2002. 190p.
- LAMPRECHT, H. **Waldbau in den Tropen**. Hamburg un Berlin: Paul Parey, 1986. 318p.
- LASSERE, S. R., VAIRETTI, M., LASSERE, E. N. E. Crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., em distintos tipos de suelos de Puerto Piray, Misiones. **IDIA**, n. 7, p. 36-45, 1972.

- LOETSCH, F.; ZOHER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Berlin: BLV. v.2. 1973. 469p.
- MITSCHERLICH, G.; SONNTAG, G. Paperversuche: Modell für eine regenerata und Neupotz-papel-ertragstafel im Oberheingebiet. **Allg. Forst und Jg.** n.153, p. 213-219, 1982.
- OLIVEIRA, A. B. As regiões de ocorrência normal de *Araucaria angustifolia*. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 185-199, 1948.
- PRODAN, M. **Forest biometrics**. New York: Pergamon Press, 1968. 447p.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **J. Agr. Pres**, USDA, v.46, n. 7, p.62-638, 1959.
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1998.
- SCHWEINBRUGER, F. H. **Tree rings and environment dendroecology**. Viena: Haupt, 1996. 609p.
- SOUSA, V. A. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 2000. 161p. Thesis (PhD) – Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen.
- TEIXEIRA, M. B., COURA NETO, A. B., PASTORE, U. *et al.* Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 1986. v.33, p.541-632.
- VELOSO, H. P., GÓES FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico Projeto Radambrasil, Série Vegetação**, v.1, p.1-80, 1982.
- WHITMORE, T. C. **Tropical rain forest of Far East**. Oxford, 1975.