

**CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM FUNÇÃO DA IDADE, EM TRÊS REGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>**

DIAMETER GROWTH IN FUNCTION OF THE AGE OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN THREE REGIONS OF RIO GRANDE DO SUL

André Felipe Hess<sup>2</sup> Paulo Renato Schneider<sup>3</sup> César Augusto Guimarães Finger<sup>4</sup>

**RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo estudar o crescimento em diâmetro em função da idade, de povoamentos naturais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, nas regiões fitogeográficas do Planalto Médio, Encosta Superior do Nordeste e Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul. Para isso, utilizou-se a equação de crescimento de Backman, que se mostrou eficiente com aplicação de variáveis dummy, permitindo identificar diferenças no crescimento para as regiões estudadas, havendo a necessidade de equações separadas para cada local, o que permitiu minimizar os erros de estimativas. Os resultados obtidos demonstram que, em cada região, a espécie apresentou forma e crescimento diamétrico diferenciado. Na Serra do Sudeste, o incremento médio anual em diâmetro foi de 0,96 cm/ano aos 33 anos; no Planalto Médio, de 0,95 cm/ano aos 22 anos; e, na Encosta Superior do Nordeste, de 1,04 cm/ano aos 20 anos de idade, indicando um bom potencial de crescimento médio.

**Palavras-chave:** crescimento; regiões fitogeográficas; araucária.

**ABSTRACT**

The present work aimed to study the natural stand of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze growth in diameter in function of the age, in Medium Plateau, Leans Superior of the Northeast and Mountain of the Southeast phytogeographics areas of Rio Grande do Sul. For this, the Backman's growth equation had been used, showing to be efficient with application of dummy variables, allowing identifying differences in growth for the studied areas, having the need of separating equations to each place, what allowed minimizing the estimates errors. The obtained results demonstrate that in each area the species presented form and differentiated diametric growth. In the Southeast Mountain, the average annual increment in diameter had been 0,96 cm/year at 33 years; in the Medium Plateau, 0,95 cm/year at 22 years; and in the Northeast Superior Hillside, 1,04 cm/year at 20 years-old, indicating a good potential of medium growth.

**Keywords:** growth; phytogeographics areas; araucaria.

**INTRODUÇÃO**

A *Araucaria angustifolia* é uma conífera típica da América do Sul, sendo característica da floresta subtropical brasileira, abrangendo uma superfície que se estende por uma vasta área da Região Sul do Brasil (REITZ *et al.*, 1988). As áreas cobertas por araucária, primitivamente, ocupavam uma extensão de 7,5 milhões de hectares. Atualmente, no Brasil, tais florestas estão restritas quase-totalmente em áreas protegidas, que totalizam cerca de 20.000 hectares (BRITZ *et al.* 1992).

A excelente qualidade e ampla utilização de sua madeira fizeram com que a *Araucaria angustifolia* fosse considerada uma das espécies nativas mais exploradas no Brasil. Ela está presente na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, sendo classificada pelo IBAMA como vulnerável (BRASIL, 1992).

O processo de redução drástica da extensão dos maciços florestais de pinheiro ocorreu com a instalação de centenas de indústrias madeireiras, em toda a área de dispersão natural desta espécie, interessadas no aproveitamento de sua madeira de altíssima qualidade. Posteriormente, a agricultura da

1. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (RS).

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Centro de Pesquisas Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Av Luiz de Camões, 2090, CEP 88520-000, Lages (SC). hessandre@yahoo.com.br

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

4. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). finger@smail.ufsm.br

queima da roça incubiu-se de levar a extinção grandes áreas de florestas, as quais pareciam inesgotáveis. Atualmente, essa espécie é encontrada em áreas reduzidas, tanto em sua forma primária como em florestas secundárias, provenientes de regeneração natural ocorrida após a exploração primária.

Salienta-se que conservar os recursos naturais do bioma Floresta com Araucária é um grande desafio para as regiões em que ela ainda ocorre. Para tanto, é necessário conhecer o padrão de crescimento dos parâmetros dendrométricos dessa espécie, pois, assim, pode-se obter os benefícios econômicos, ambientais e sociais, acompanhando e predizendo as mudanças na floresta, por meio das técnicas de manejo.

O comportamento de crescimento específico para cada região, aliado à integração com fatores selecionados do ambiente, possibilita ao silvicultor/manejador reconhecer e visualizar em conjunto, características distintas da floresta, permitindo relacioná-las com a capacidade produtiva da espécie, bem como relacionar o zoneamento (da produtividade, dos atributos da espécie, do solo e/ou do relevo), possibilitando o desenvolvimento de ferramentas para a tomada de decisão da intervenção nos povoamentos.

O crescimento de qualquer organismo vivo segue a forma sigmoideal, apresentando três fases distintas: juvenil que termina o ponto de máximo incremento corrente anual; maturidade que começa no ponto de máximo incremento corrente e termina no máximo incremento médio anual; e senescência que começa partindo do ponto de máximo incremento médio anual (HUSCH *et al.* 1972).

Hiley (1959) descreveu o processo de desenvolvimento de um povoamento da seguinte maneira: "À medida que as árvores de um povoamento crescem, cada indivíduo necessita mais espaço, para permitir que a copa se expanda individualmente para alimentar o fuste, que é cada vez mais longo e grosso. A taxa de crescimento diametral será determinada pelo espaço de crescimento de que dispõe cada árvore, que competem por espaço tanto para as raízes, quanto para a copa, necessitando que estejam espaçadas uniformemente sobre a superfície cujo resultado é uma maior uniformidade da competição entre os indivíduos do povoamento".

Em espaçamentos muito reduzidos, o diâmetro das árvores é menor, existindo muitas árvores dominadas, e que nem sempre a produção volumétrica é um fator decisivo. Consta-se também que espaçamentos maiores têm ação positiva sobre o crescimento em diâmetro, mas não influenciando o crescimento em altura.

Os povoamentos mais jovens podem responder melhor à repentina melhoria das condições do sítio, apresentando aumento no crescimento em volume. Esse processo é chamado de "efeito de aceleração de crescimento", que provoca a antecipação do culminio do incremento corrente em volume. Contudo, sua ocorrência é temporária, porque, após a aceleração inicial, ocorre o declínio da curva de incremento (ASSMANN, 1970).

A resposta em "aceleração do crescimento" não é imediata, já que uma árvore pode levar até 4 anos para ampliar sua superfície folhar e radicular e, a partir daí, produzir um incremento significativo em diâmetro (MASON *apud* SCHNEIDER, 1993).

Assim, o presente trabalho objetiva estudar o crescimento em diâmetro em função da idade da *Araucaria angustifolia*, em três regiões fitogeográficas do Rio Grande do Sul, com o intuito de verificar as diferenças no crescimento da espécie, segundo as características ambientais de cada local.

## MATERIAL E MÉTODO

### Caracterização das áreas de estudo

A área de estudo constituiu-se de três regiões fitogeográficas do Rio Grande do Sul, definidas por: Serra do Sudeste, Planalto das Missões e Encosta Superior do Nordeste, conforme Figura 1. Essas regiões foram escolhidas por se tratarem de locais de expressiva ocorrência primitiva da *Araucaria angustifolia*.

No Planalto Médio, a amostragem foi realizada na FLONA de Passo Fundo, localizada no município de Mato Castelhano, a 22 km de Passo Fundo, RS que possui uma superfície de 1.328 ha, sendo coberta de floresta nativa em diversos ambientes florísticos entre eles, *Araucaria angustifolia*.

Essa área se situa a uma latitude de 28°00'00" a 28°30'00" S e longitude de 52°00'00" a 52°30'00" W e uma altitude de 780 metros acima do nível do mar. A região, segundo classificação climática de Köppen, apresenta um clima subtropical do tipo Cfa, caracterizada por uma elevada umidade relativa do ar, temperatura média anual de 17,5°C e precipitação de 1659 mm, com ocorrência de chuvas também no inverno.

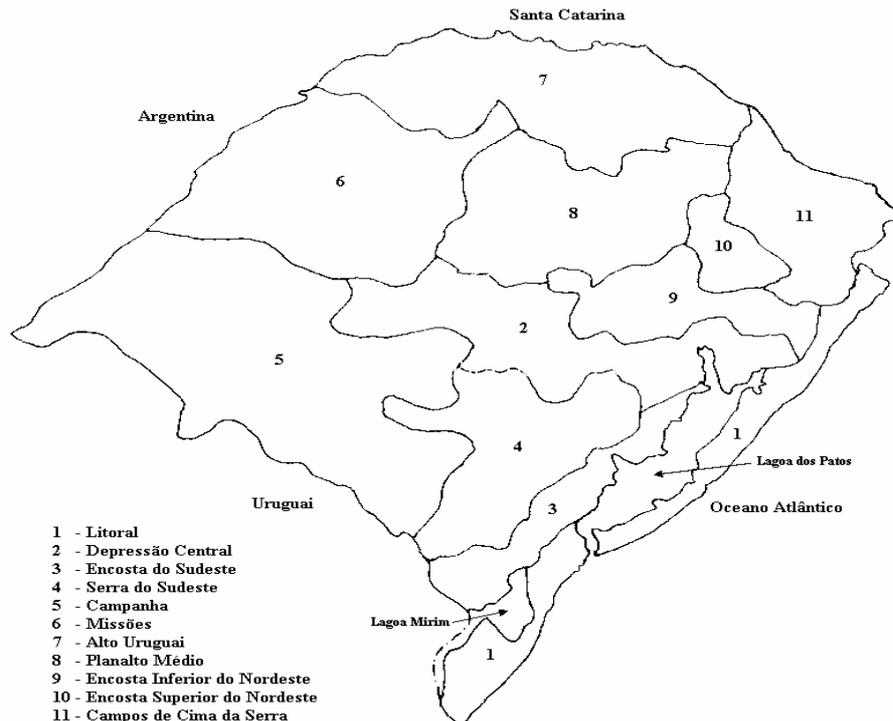


FIGURA 1: Regiões Fitogeográficas do Rio Grande do Sul com as três áreas de estudo da espécie (Fonte: UFSM/SEMA-RS, 2001).

FIGURE 1: Areas of the specie being studied with the three phytogeographics areas.

O solo da área estudada pertence à unidade Passo Fundo. Na unidade de mapeamento Passo Fundo, o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, que compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, com capacidade de troca de cátions baixa. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram variedades que tem cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenados, transicionais para condições de maior grau de gleização (EMBRAPA, 1999).

Na região da Encosta Superior do Nordeste, os dados foram obtidos na Floresta Nacional de Canela, localizada no município de Canela, Rio Grande do Sul, distante 6 km da área urbana de Canela, situada entre as coordenadas geográficas 29°18' latitude sul e 50°53' longitude oeste.

O clima dominante na região, segundo o sistema de Köppen, é do tipo Cfb1, temperado úmido (MORENO, 1961). De acordo com IPAGRO (1989), a região do município de Canela possui as seguintes médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar: temperatura mínima média de 10°C; temperatura máxima média de 21,3°C; temperatura média anual de 14,8°C; precipitação média anual de 1281 mm; umidade relativa do ar de 80%.

Segundo EMBRAPA (1999), a região se enquadra no grupo de solo São Bento que abrange as formações da Serra Geral, Botucatu e Rosário do Sul. Especificamente, o local em estudo se encontra na formação Serra Geral, caracterizada por derrames de lava basáltica. O solo da região se enquadra na unidade de mapeamento Bom Jesus, sendo pouco desenvolvido e classificado como Cambissol Húmico Alumínico típico. Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial.

Em consequência da heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características desses solos variam muito de um local para outro. Assim, comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal. O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o *solum*, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi

(EMBRAPA, 1999).

Na Serra do Sudeste, os dados de araucária foram coletados em uma propriedade particular, com 7,1 hectares, localizada no município de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, na localidade do Salso, entre as coordenadas 26°14'52" E e 66°16'52" N e altitude de 338 m.

A propriedade tem como característica a presença de fragmentos florestais, grande densidade de indivíduos de araucária, folhosas e campos naturais. A vegetação no local pode ser descrita como Floresta Estacional Decidual (IBGE, 1992). Em virtude da 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).

A temperatura média anual é ao redor de 16,8°C. A precipitação média anual é ao redor de 1.665 mm, podendo ocorrer chuva torrencial de 119 mm em 24 horas e geadas de abril a novembro. Os períodos de secas mais frequentes se verificam entre os meses de novembro a março (MORENO, 1961).

O solo da região pertence à unidade de mapeamento Carajá, classificado como Argissolo vermelho-amarelo eutrófico abruptico. Compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais, argila de atividade baixa e horizonte superficial. Parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. 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).

#### **Obtenção dos dados dendrométricos**

Os dados foram obtidos por análise de tronco de árvores, nas três regiões de estudo, em povoamentos de *Araucaria angustifolia* pertencentes ao IBAMA e, em propriedade particular na Serra do Sudeste. Na Serra do Sudeste, em consequência da Legislação Florestal vigente, elaborou-se relatório para Retirada de Árvores Ameaçadas de Extinção, conforme formulário da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA/RS), obtendo-se a liberação para derrubar e realizar a análise de tronco. Foram escolhidos indivíduos que estavam em local plano, longe de reserva legal, cursos e nascentes d'água e que, ao tombarem, não danificariam espécies circunvizinhas. O povoamento estudado apresenta um diâmetro médio de 26,9 cm, altura média de 12,3 m, volume médio de 0,6384m<sup>3</sup>/sc, e idade média de 52 anos.

No Planalto Médio e Encosta Superior do Nordeste, foram traçadas três linhas, com 150 m de comprimento cada. Sobre cada linha, foram locadas quatro unidades amostrais dispostas de maneira equidistante. No Planalto das Missões a idade média é de 40 anos, o diâmetro médio de 23,2 cm, a altura média de 14,3 m e o volume médio de 0,4118 m<sup>3</sup>/sc. Enquanto na Encosta Superior do Nordeste a idade média é de 47 anos, o diâmetro médio de 25,7 cm a altura média de 16,3m e o volume médio de 0,5853 m<sup>3</sup>/sc.

Nesses locais, foram instaladas unidades amostrais temporárias, utilizadas somente para uma única coleta de dados. O método de Bitterlich foi utilizado para a locação das unidades amostrais, sendo as árvores selecionadas com probabilidade proporcional ao seu diâmetro (Amostra por Contagem Angular). Cada árvore da ACA teve mensuradas as suas características dendrométricas. Os diâmetros de todas as árvores de cada ACA foram obtidos nas alturas de 1,30 m partindo do solo; a área basal por hectare (G) foi obtida utilizando-se fator de área basal 4 do relascópio de Bitterlich, multiplicado pelo número de árvores selecionadas em cada ACA.

Em cada ACA, foram abatidas quatro árvores por região fitogeográfica para realização de análise do tronco, e posterior reconstituição do crescimento do diâmetro no tempo. Para isso, foram utilizadas as normas de coleta de informações dendrométricas descritas por Schneider *et al.* (1988).

As árvores amostradas foram seccionadas em toras no comprimento-padrão, previamente definidos. De cada árvore, foram extraídos discos na altura de 0,10 m, 1,3 m, 3,3 m e, os demais, de 2 em 2 metros até o topo. Esses discos tinham cerca de 5 cm de espessura e foram utilizados para medições da análise de tronco. Os discos foram secos em estufa e, posteriormente, preparados por lixamento, com lixas de várias gramaturas, até a visualização integral de todos os anéis de crescimento.

Em cada disco, foram tomadas medidas em quatro raios, sendo o primeiro num ângulo de 45° partindo 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 auxílio de mesa de medição micrométrica acoplada a um computador. Após a medição dos anéis de crescimento, realizada no aparelho Lintab II, os dados foram processados no programa análise de tronco (ANATRO).

A identificação dos anéis de crescimento foi realizada de acordo com a orientação de Schweingruber (1996) que descreveu os problemas na identificação de anéis de crescimento anual em *Pinus*, 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 técnicas utilizadas para identificar anéis verdadeiros.

Da 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, esse arquivo de dados foi transformado, por meio 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 os seus incrementos, além do fator de forma.

### Crescimento em diâmetro em função da idade

Para estudo do crescimento em diâmetro em função da idade, foram utilizados os dados gerados pela análise de tronco. Foram testados e selecionados um dos modelos de regressão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Equações testadas para crescimento do diâmetro em função da idade.

TABLE 1: Fitted equations to diameter growth in function of the age.

Equação	Modelo matemático	Autor
1	$\ln d = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{t}$	Schumacker
2	$\ln d = b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$	Backman
3	$\ln d = b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$	Backman modificado
4	$d = \frac{t^2}{b_0 + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2}$	Prodan
5	$d = \frac{t^2}{b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2}$	Prodan modificado
6	$\ln d = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{t} + b_2 \cdot \ln t$	Hoerl
7	$\ln d = b_0 + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 + b_3 \cdot t^3$	Moissev
8	$\ln d = b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot t$	Gram
9	$d = b_0 \cdot \left(1 - \exp(-b_1 \cdot t)\right)^{b_2}$	Chapman-Richards
10	$d = A \cdot \left(1 - \exp(-k \cdot t)\right)$	Mitscherlich

Em que: d = diâmetro a altura do peito (1,30 m); t = idade; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> = 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 de equações

Na seleção de equações, foram levadas em consideração o coeficiente de determinação, erro-padrão da estimativa, coeficiente de variação e valor de F. Para a seleção do modelo, foi utilizado o valor ponderado desses escores estatísticos, atribuindo-se valores ou pesos às estatísticas calculadas. Nesse 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), conforme metodologia definida por Thiersch (1997).

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:

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

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.

Após a seleção da melhor equação para estimar o crescimento em diâmetro por idade, para os dados obtidos na análise de tronco, foram geradas variáveis dummy que assumiram valores de 0 a 1, para cada região em que se localizavam as araucárias amostradas, como segue:

$D_i = 1$ , se a árvore estava presente na região/local  $i$ ;

$D_i = 0$ , se a árvore estava ausente nessa região/local  $i$ .

Com isso, foi possível expressar as regressões individuais ajustadas para as três ( $n$ ) regiões/locais que têm  $R^n$  funções lineares múltiplas, conforme Schneider (1998):

$$R^1 : \hat{Y}_1 = b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + K + b_{1m}x_m$$

$$R^2 : \hat{Y}_2 = b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + K + b_{2m}x_m$$

$$R^3 : \hat{Y}_3 = b_{31}x_3 + b_{32}x_2 + K + b_{3m}x_m$$

Assim, todas as funções de regressão individuais foram expressas em função de uma regressão linear múltipla, chamada de modelo máximo, representada por:

$$R : \hat{Y} = b_{11}x_{11} + b_{12}x_{12} + K + b_{1m}x_{1m} + b_{21}x_{21} + b_{22}x_{22} + K + b_{2m}x_{2m} + K + b_{S1}x_{S1} + b_{S2}x_{S2} + K + b_{Sm}x_{Sm}$$

Em que:

$$X_{11} = D_1X_1; X_{12} = D_1X_2; K; X_{1m} = D_1X_m;$$

$$X_{21} = D_2X_1; X_{22} = D_2X_2; K; X_{2m} = D_2X_m;$$

$$X_{31} = D_3X_1; X_{32} = D_3X_2; K; X_{3m} = D_3X_m.$$

A análise da existência de diferença no crescimento do diâmetro em função da idade entre as regiões, foi determinado o valor de F calculado na análise de variância, obtido pelo programa estatístico SAS (Statistic Analyses System), conforme Freud e Littell (1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção da equação de crescimento em diâmetro para cada região fitogeográfica é apresentada por ordem, como segue:

### Seleção de equação de diâmetro para a Serra do Sudeste

Os dados utilizados permitiram ajustar os modelos de crescimento em diâmetro e analisar a precisão estatística de cada equação testada. Na Tabela 2, encontram-se os parâmetros estatísticos das equações constantes da Tabela 1.

Os resultados mostram que, de forma geral, as equações apresentaram altos coeficientes de determinação ajustado, com valores entre 0,73 a 0,98, indicando bom ajuste e coeficientes de variação baixos, variando entre 8,89% a 26,76%, da melhor a pior equação.

De acordo com os parâmetros estatísticos, destacam-se as seguintes equações, a de número 3, definida pelo modelo de crescimento de Backman modificado que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado de 0,98 bem como um baixo coeficiente de variação de 11,14%, valor de F de 6216,76 e erro-padrão da estimativa de 0,3326; o modelo de Chapman-Richards (equação 9), com um valor de coeficiente de determinação ajustado de 0,95, coeficiente de variação de 23,99%, erro-padrão de estimativa de 6,17 e valor de F de 1104,44; e, o modelo de Prodan modificado (equação 5) com coeficiente de determinação ajustado de 0,94, coeficiente de variação de 26,76%, erro-padrão da estimativa de 9,0599 e

valor de F de 1126,0.

TABELA 2: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento de diâmetro em função da idade, para a Serra do Sudeste.

TABLE 2: Statistical parameters of the fitted equations to diameter growth adjusting in function of the age at Mountain of the Southeast.

Equação	Coeficientes				$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$				
1	4,0521	-21,154	-	-	0,8641	0,3342	11,19	903,55
2	-4,1402	3,2907	-0,321	-	0,9118	0,2692	9,02	734,55
3	-	0,4387	0,1497	-	0,9886	0,3326	11,14	6216,76
4	19,8812	-0,1821	0,0189	-	0,7331	7,8195	23,09	196,02
5	-	1,2676	-0,0035	-	0,9402	9,0599	26,76	1126,0
6	0,5166	-8,1618	0,8997	-	0,9062	0,2776	9,30	686,64
7	-0,8000	0,3097	-0,0076	0,00006	0,9138	0,2661	8,91	502,92
8	-2,9086	2,1505	-0,0346	-	0,9142	0,2655	8,89	757,15
9	57,6457	0,0452	2,2504	-	0,9578	6,17	23,99	1104,44
10	4,0521	-21,154	-	-	0,8641	0,3342	11,19	903,55

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.

Em conseqüência de não haver uma definição clara sobre o melhor modelo, foi determinado o método do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP) para selecionar a equação para descrever o crescimento do diâmetro em função da idade, conforme é mostrado na Tabela 3.

TABELA 3: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

TABLE 3: Considered Value of the scores of the statistical parameters to fitted equations.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	$R^2_{Aj.}$	$S_{YX}$	Cv%	F	
1	8	6	6	4	24
2	6	3	3	6	18
3	1	5	5	1	12
4	9	8	7	9	33
5	3	9	9	2	23
6	7	4	4	8	23
7	5	2	2	7	16
8	4	1	1	5	11
9	2	7	8	3	20

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.

O critério do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP) das equações levou em consideração todas as variáveis estatísticas anteriormente descritas. Esse valor estatístico foi utilizado com o objetivo de sintetizar os resultados, facilitando a seleção do melhor modelo matemático. Assim, a melhor equação do crescimento em diâmetro pelo critério do VP, foi a de número 8, definido pelo modelo de Gram, pois apresentou o menor valor, igual a 11 pontos, menor que o das demais equações testadas.

Com este modelo de Gram (equação 8), estimou-se o crescimento médio em diâmetro em função da idade. Pela diferença entre os valores estimados e observados obteve-se a Figura 2, que representa a distribuição dos resíduos. Nota-se que a equação tende a uma maior dispersão de resíduos de diâmetro nas maiores classes de idade.

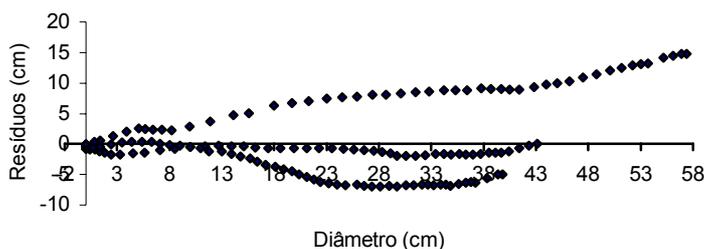


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos da equação de diâmetro de Gram.  
 FIGURE 2: Distribution of the residues of the diameter equation of Gram.

### Seleção de equação de diâmetro para o Planalto Médio

Com os dados da análise de tronco, testou-se o mesmo conjunto de equações para a região do Planalto Médio. Os parâmetros estatísticos dos modelos podem ser vistos na Tabela 4.

Os parâmetros estatísticos mostram que, de forma geral, as equações de diâmetro em função da idade apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados, com valores superiores a 0,85, e coeficientes de variação entre 3,85 a 13,33% e erro-padrão da estimativa entre 0,1194 a 4,1332.

TABELA 4: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do diâmetro em função da idade, para o Planalto Médio.

TABLE 4: Statistical parameters of the fitted equations to diameter growth adjusting in function of the age in Medium Plateau.

Equação	Coeficientes				$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$				
1	3,8725	-18,5389	-	-	0,8504	0,1223	3,95	842,63
2	-3,2995	3,2150	-0,3784	-	0,8529	0,1213	3,91	429,9
3	-	1,1159	-0,0487	-	0,9983	0,1274	4,11	44473,4
4	13,6264	-0,2729	0,0321	-	0,9194	3,8999	12,10	844,8
5	-	0,7702	0,0139	-	0,9861	4,1332	12,83	5270,6
6	3,3281	-15,6571	0,1309	-	0,8501	0,1224	3,95	420,5
7	1,2977	0,1118	-0,0013	0,000004	0,8579	0,1192	3,85	298,8
8	1,3151	1,6399	-0,0333	-	0,8553	0,1203	3,88	438,3
9	48,9836	0,0238	0,0458	-	0,9811	3,3331	13,33	3763,9
10	52,0864	0,0226	-	-	0,9833	3,04	12,14	4552,7

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 parâmetros estatísticos obtidos destacam as equações de Backman modificada (equação 3), que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado de 0,99, erro-padrão da estimativa baixo de 0,1274, coeficiente de variação de 4,11% e alto valor de F de 44.473,4; o modelo de Prodan modificado (equação 5), com valor do coeficiente de determinação ajustado de 0,98; valor do erro-padrão da estimativa de 4,1332, coeficiente de variação de 12,83% e valor de F de 5.270,6; e, o modelo de Mitscherlich (equação 10), com coeficiente de determinação de 0,98, erro-padrão da estimativa de 3,04, coeficiente de variação de 12,14% e valor de F de 4.552,7 altamente significativo.

Para escolha do melhor modelo de crescimento em diâmetro em função da idade, foi determinado o Valor dos Escores dos Parâmetros Estatísticos (VP), conforme a Tabela 5.

Pelo critério do VP, o modelo de Backman modificado (equação 3) foi a melhor, pois apresentou o menor valor, igual a 14 pontos, inferior ao das demais equações testadas.

TABELA 5: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.  
 TABLE 5: Considered value of the scores of the statistical parameters to fitted equations.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	$R^2_{Aj}$	$S_{yx}$	CV%	F	
1	9	4	4	6	23
2	8	3	3	8	22
3	1	6	6	1	14
4	5	9	7	5	26
5	2	10	9	2	23
6	10	5	5	9	29
7	6	1	1	10	18
8	7	2	2	7	18
9	4	8	10	4	26
10	3	7	8	3	21

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.

Com essa equação de Backman modificada (equação 3), obteve-se a Figura 3 referente à distribuição dos resíduos, na qual se observa uma dispersão dos resíduos proporcional a idade, indicando a adequação da equação.

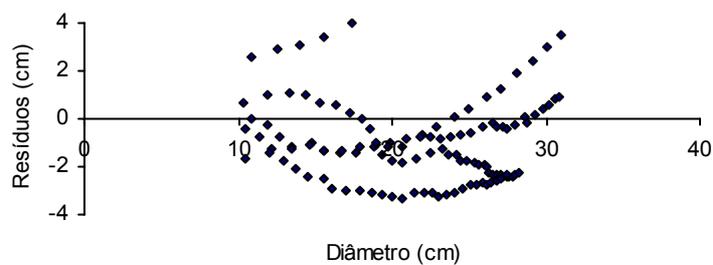


FIGURA 3: Distribuição dos resíduos da equação do diâmetro de Backman modificada.  
 FIGURE 3: Distribution of the residues of the diameter equation of modified Backman.

**Seleção de equação de diâmetro para a Encosta Superior do Nordeste**

Na Tabela 6, são apresentados os resultados estatísticos das equações testadas, conforme Tabela 1, para ajustar o diâmetro em função da idade na região da Encosta Superior do Nordeste.

Os resultados mostram que, de forma geral, as equações de diâmetro testadas apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados, com valores superiores a 0,90 e coeficientes de variação baixos, entre 1,38 a 10,59%. As equações também apresentaram baixos valores para o erro-padrão da estimativa, o que indica pouca dispersão relativa entre os valores observados e os estimados nas equações.

Os parâmetros estatísticos destacam o modelo de Backman modificado (equação 3), que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado de 0,99, baixo erro-padrão da estimativa de 0,0999, baixo coeficiente de variação 3,12% e valor de F de 112.281,0, altamente significativo. O modelo de Prodan modificado (equação 5), apresentou um valor do coeficiente de determinação ajustado de 0,99; um erro-padrão da estimativa de 2,8537, coeficiente de variação de 8,82% e valor de F de 16.769,6. Já o modelo de Mitscherlich (equação 10), apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,99, um erro-padrão da estimativa de 2,6353, coeficiente de variação de 10,59% e valor de F de 11.468,9.

TABELA 6: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento em diâmetro em função da idade, para Encosta Superior do Nordeste.

TABLE 6: Statistical parameters of the fitted equations to diameter growth adjusting in function of the age for Leans Superior of the Northeast.

Equação	Coeficientes				$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$				
1	3,9127	-17,2511			0,9078	0,1012	3,16	2118,5
2	-1,5654	2,2017	-0,2245	-	0,9156	0,0968	3,02	1166,9
3	-	1,2074	-0,0692	-	0,9990	0,0999	3,12	112281
4	4,1511	0,4417	0,0166	-	0,9652	2,8089	8,68	2982,7
5	-	0,7452	0,0117	-	0,9936	2,8537	8,82	16769,6
6	3,0486	-14,5025	0,2380	-	0,9825	0,0441	1,38	6036,2
7	1,2543	0,1395	-0,0031	0,000025	0,9157	0,0968	3,02	779,3
8	-0,3516	1,2471	-0,0186	-	0,9159	0,0967	3,02	1171,6
9	47,2542	0,030	0,0329-	-	0,9903	2,6284	10,51	11530,3
10	48,7406	0,0277	-	-	0,9904	2,6353	10,59	11468,9

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.

Em virtude de não haver uma definição clara sobre o melhor modelo, foi determinado o Valor Ponderado dos Escores dos Parâmetros Estatísticos (VP) para selecionar o modelo para descrever o crescimento em diâmetro em função da idade, conforme a Tabela 7.

Pelo critério do VP, o modelo de Hoerl (equação 6) e o modelo de Backman modificado (equação 3) foram os melhores, pois apresentaram os menores valores ponderados, igual a 12 pontos. Em razão do empate, utilizou-se o modelo que obteve o menor coeficiente de variação, menor erro-padrão da estimativa e melhor ajuste dos resíduos, embora que o coeficiente de determinação tenha sido menor, optou-se pelo modelo de Hoerl (equação 6).

TABELA 7: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

TABLE 7: Considered value for the scores of the statistical parameters to fitted equations.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	$R^2_{Aj.}$	$S_{yx}$	CV%	F	
1	10	6	6	7	29
2	9	4	4	9	26
3	1	5	5	1	12
4	6	9	7	6	28
5	2	10	8	2	22
6	5	1	1	5	12
7	8	3	3	10	24
8	7	2	2	8	19
9	4	7	10	3	24
10	3	8	9	4	24

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.

Na Figura 4, pode-se observar a distribuição dos resíduos da equação que apresentaram pouca dispersão, indicando bom ajuste da equação de diâmetro em função da idade.

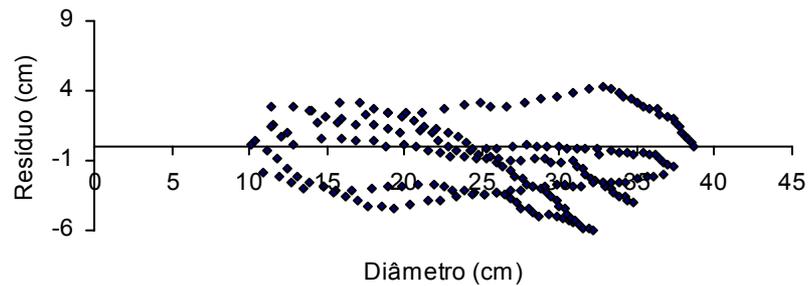


FIGURA 4: Distribuição dos resíduos da equação de diâmetro de Hoerl.  
 FIGURE 4: Distribution of the residues of the equation of diameter of Hoerl.

#### Análise do crescimento nas regiões fitogeográficas estudadas

Com as equações selecionadas, obtiveram-se as curvas de crescimento em diâmetro em função da idade para as três regiões fitogeográficas, conforme mostra a Figura 5, e os valores do incremento médio e corrente anual para as regiões de estudo, Tabela 8.

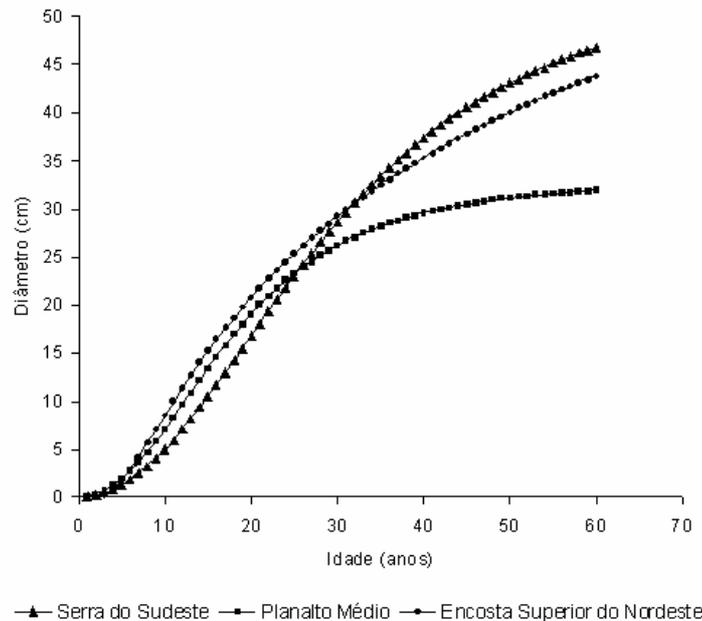


FIGURA 5: Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia*, na Serra do Sudeste, Planalto Médio e Encosta Superior do Nordeste.

FIGURE 5: Diameter growth of *Araucaria angustifolia*, in Medium Plateau, Leans Superior of the Northeast and Mountain of the Southeast.

Na Figura 5, observa-se o padrão sigmoidal de crescimento em diâmetro, o qual aumenta lentamente no início, depois rapidamente e após a taxa de crescimento vai diminuindo. Nota-se, que apesar de regiões diferentes, Serra do Sudeste e Encosta Superior do Nordeste apresentam padrão semelhante de crescimento, com a curva de crescimento tendendo ao início da assíntota, aos 60 anos, e Planalto Médio, aos 50 anos, indicando uma maturidade no crescimento anterior as outras regiões. Segundo Odum (1988), esse é o ponto limite superior de crescimento, além do qual não ocorre nenhum aumento importante. Essa assíntota superior é chamada de capacidade máxima de suporte.

Pela análise da Figura 5, pode-se observar que a araucária tem crescimento inicial semelhante nas regiões em estudo. Em Passo Fundo (Planalto Médio) e Canela (Encosta Superior do Nordeste), obtiveram-se melhores resultados iniciais do crescimento, que perdurou até os 26, 27 anos de idade. Após, essa idade, em

Caçapava do Sul (Serra do Sudeste) e Canela, houve diferenciação, alcançando Caçapava do Sul melhor crescimento em diâmetro com aumento da idade.

Isso pode ser comprovado pela idade do culmínio do incremento médio anual (IMA), ou idade de maximização do crescimento em diâmetro, o qual ocorreu anteriormente nas regiões da Encosta Superior do Nordeste (21 anos), Planalto Médio (22 anos) e Serra do Sudeste (aos 33 anos). Contudo, apesar das aparentes vantagens abióticas e bióticas (maior conteúdo de matéria orgânica no solo, teor de argila, nutrientes, maiores precipitações, altitude, etc.) no Planalto Médio e Encosta Superior do Nordeste, na Serra do Sudeste, com o decorrer do tempo (idade) a espécie apresenta potencial de crescimento, concorrendo com os demais locais, antes vistos como favoráveis.

TABELA 8: Estimativas do crescimento em diâmetro por idade na Serra do Sudeste, Planalto Médio e Encosta Superior do Nordeste.

TABLE 8: Diameter growth estimative for the age in Medium Plateau, Leans Superior of the Northeast and Mountain of the Southeast.

Idade (anos)	Serra do Sudeste			PlanaltoMédio			Encosta Superior do Nordeste		
	DAP (cm)	IMA (cm/ano)	ICA (cm/ano)	DAP (cm)	IMA (cm/ano)	ICA (cm/ano)	DAP (cm)	IMA (cm/ano)	ICA (cm/ano)
2	0,20	0,10	-	0,30	0,15	-	0,02	0,01	-
4	0,82	0,21	0,62	1,23	0,31	0,92	0,78	0,20	0,76
6	1,85	0,31	1,03	2,74	0,46	1,51	2,88	0,48	2,10
8	3,26	0,41	1,41	4,74	0,59	2,00	5,64	0,71	2,76
10	5,01	0,50	1,75	7,09	0,71	2,35	8,55	0,86	2,91
12	7,05	0,59	2,04	9,62	0,80	2,53	11,38	0,95	2,82
14	9,32	0,67	2,26	12,18	0,87	2,56	14,02	1,00	2,65
16	11,74	0,73	2,42	14,65	0,92	2,47	16,48	1,03	2,45
18	14,26	0,79	2,52	16,95	0,94	2,30	18,74	1,04	2,26
20	16,81	0,84	2,55	19,04	0,95	2,09	20,83	1,04	2,09
22	19,34	0,88	2,54	20,90	0,95	1,86	22,76	1,03	1,93
24	21,82	0,91	2,48	22,53	0,94	1,63	24,55	1,02	1,79
26	24,21	0,93	2,39	23,95	0,92	1,42	26,21	1,01	1,66
28	26,49	0,95	2,28	25,17	0,90	1,22	27,76	0,99	1,55
30	28,64	0,95	2,15	26,22	0,87	1,05	29,21	0,97	1,45
32	30,65	0,96	2,02	27,12	0,85	0,90	30,58	0,96	1,36
34	32,53	0,96	1,88	27,89	0,82	0,77	31,86	0,94	1,28
36	34,27	0,95	1,74	28,54	0,79	0,66	33,07	0,92	1,21
38	35,87	0,94	1,61	29,11	0,77	0,56	34,22	0,90	1,15
40	37,35	0,93	1,48	29,59	0,74	0,48	35,30	0,88	1,09
42	38,71	0,92	1,36	30,01	0,71	0,41	36,34	0,87	1,03
44	39,95	0,91	1,24	30,36	0,69	0,36	37,32	0,85	0,99
46	41,09	0,89	1,14	30,67	0,67	0,31	38,27	0,83	1,94
48	42,13	0,88	1,04	30,93	0,64	0,26	39,17	0,82	0,90
50	43,08	0,86	0,95	31,16	0,62	0,23	40,03	0,80	0,86
52	43,95	0,85	0,87	31,36	0,60	0,20	40,86	0,79	0,83
54	44,75	0,83	0,80	31,53	0,58	0,17	41,65	0,77	0,80
56	45,48	0,81	0,73	31,67	0,57	0,15	42,42	0,76	0,77
58	46,15	0,80	0,67	31,80	0,55	0,13	43,16	0,74	0,74
60	46,76	0,78	0,61	31,91	0,53	0,11	43,88	0,73	0,71

Em que: DAP = diâmetro à altura do peito em centímetro; IMA = incremento médio anual em centímetros por ano; ICA = incremento corrente anual em centímetros por ano.

Com os valores do incremento médio e corrente anual em diâmetro por idade, foi gerada a Figura 6, em que se observa que o máximo incremento médio anual em diâmetro de 0,96 cm/ano, ocorreu aos 33 anos, na Serra do Sudeste; de 0,95 cm/ano, aos 22 anos, no Planalto Médio; e de 1,04 cm/ano, aos 20 anos, na Encosta Superior do Nordeste, indicando ser estas as idades de maximização do crescimento em diâmetro para a araucária, segundo a região fitogeográfica de ocorrência.

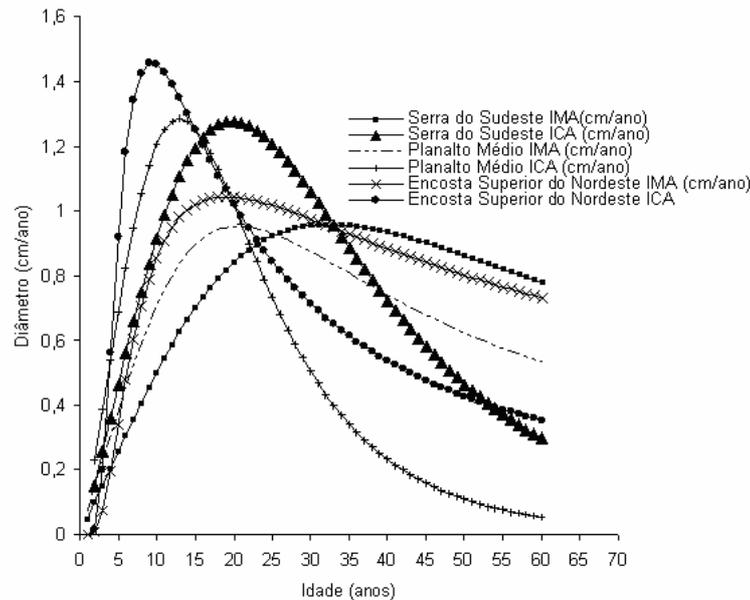


FIGURA 6: Incremento médio e corrente anual em diâmetro por idade na Serra do Sudeste (SS), Planalto Médio (PM) e Encosta Superior do Nordeste (ESN).  
 FIGURE 6: Middle increase and annual current in diameter for age in Medium Plateau (PM), Leans Superior of the Northeast (LSN) and Mountain of the Southeast (MS).

**Análise do crescimento com variável dummy**

Este estudo foi realizado com o objetivo de selecionar uma equação única de crescimento em diâmetro em função da idade, com o uso de variáveis dummy, para *Araucaria angustifolia*, nas regiões da Serra do Sudeste (dummy 1), Planalto Médio (dummy 2) e Encosta Superior do Nordeste (dummy 3). Para cada região, ocorreu o ajuste de diferentes equações para estudo do crescimento. Sendo assim, optou-se pelo uso da equação de Backman, pois seu uso se mostrou eficiente com a utilização de variáveis dummy, a qual permitiu identificar diferenças de crescimento para as regiões estudadas, indicando a necessidade de ajustar equações de crescimento em separado para cada local, minimizando-se erros de estimativa.

Após a inclusão de variáveis dummy, a equação de Backman foi reajustada, sendo os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 9.

TABELA 9: Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em diâmetro em função da idade para *Araucaria angustifolia*.

TABLE 9: Variance analysis and statistical parameters of the Backman’s adjusting equation with dummy variable to diameter growth in function of the age for *Araucaria angustifolia*.

F.V.	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	6	77,1161	12,8527	603,5	0,0001
Ln(t)	1	70,7334	70,7334	3321,2	0,0001
Ln <sup>2</sup> (t)	1	1,1665	1,1665	54,8	0,0001
D1	1	0,0002	0,0002	0,01	0,9169
D2	1	0,5800	0,5800	27,4	0,0001
D3	0	0	0	-	-
Ln(t)XD1	1	4,5536	4,5536	213,8	0,0001
Ln(t)XD2	1	0,0822	0,0822	3,9	0,0500
Ln(t)XD3	0	0	0	-	-
Erro	495	10,5419	0,0213		
Total	501	87,6580			

Em que: Ln(t) = logaritmo neperiano da idade; (t) = idade em anos; D1; D2; D3 = variáveis dummy 1, 2 e 3; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Pr>F = nível de significância de F; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação; S<sub>yx</sub> = erro-padrão da estimativa.

Isso permite afirmar que, para dummy 1 (Serra do Sudeste), não existe diferença de nível (não significância), o que não ocorre para dummy 2 (Planalto Médio) e para dummy 3 (Encosta Superior do Nordeste). Observa-se também que houve diferença no ritmo de crescimento da espécie na Serra do Sudeste, que é constatado pela significância da interação entre a idade X dummy 1, com probabilidade  $<0,0001$ , representado pela diferença de ângulo na análise de variância.

O modelo genérico final, para estimar o crescimento em diâmetro em função da idade para as três regiões fitogeográficas, simultaneamente, passa a ser representado por:

$$\ln(d) = -2,9536 + 2,9373\ln(t) - 0,3198\ln^2(t) - 0,0699D2 + 0,0018\ln(t)D1$$

Essa equação de Backman com variáveis dummy apresentou bom ajuste, com valor do coeficiente de determinação de 0,82, baixo coeficiente de variação de 5,53%, baixo valor de erro-padrão da estimativa de 0,1751 e mostrou um valor de F altamente significativa.

Com esse modelo máximo obtido, foram estimados os valores dos diâmetros por idade e plotados em função da idade, observando-se as diferenças no crescimento em diâmetro para as três regiões fitogeográficas, conforme Figura 7.

Na Figura 7, observa-se que, para as regiões do Planalto Médio (D2) e Encosta Superior do Nordeste (D3), existe um mesmo nível de crescimento em diâmetro, demonstrado pela quase sobreposição das curvas, contudo, não é possível o agrupamento dos dados para ajuste de uma equação única. Serra do Sudeste (D1) como comprovado pela não significância de F (0,01), demonstra nível e ritmo de crescimento totalmente diferente das demais regiões. As curvas de crescimento apresentam diferença de nível, indicando diferença de crescimento em diâmetro para cada região, sendo conveniente ajustar equações de crescimento independentes para cada região, como foi demonstrado na análise de variância.

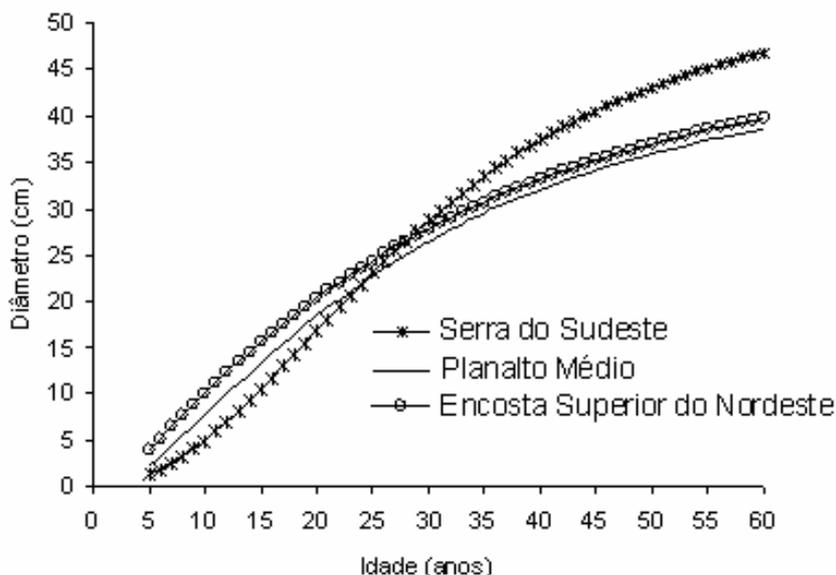


FIGURA 7: Valores de diâmetros estimados pela equação de Backman, com variáveis dummy, em função da idade, Serra do Sudeste (D1), Planalto Médio (D2) e Encosta Superior do Nordeste (D3).

FIGURE 7: Diameter values by Backman's equation fitted with dummy variables in function of the age, in Medium Plateau (D2), Leans Superior of the Northeast (D3) and Mountain of the Southeast (D1).

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos para estimar o crescimento em diâmetro em função da idade da *Araucaria angustifolia*, pode-se concluir que os parâmetros estatísticos indicaram as equações de Gram, Backman modificada e Hoerl como as mais precisas para as regiões fitogeográficas da Serra do Sudeste, Planalto Médio e Encosta Superior do Nordeste respectivamente.

Foi confirmada a hipótese da diferença de crescimento realizada pela análise do crescimento com

variável dummy, com a qual se obteve equações de crescimento diferenciadas para cada região em diâmetro, minimizando erros de estimativa.

Os resultados obtidos demonstram que o incremento médio anual em diâmetro foi de 0,96 cm/ano, aos 33 anos, na Serra do Sudeste; de 0,95 cm/ano, aos 22 anos, no Planalto Médio; e de 1,04 cm/ano, aos 20 anos, na Encosta Superior do Nordeste, indicando apresentar um bom potencial de crescimento para investimento comercial futuro.

O crescimento comparado para o conjunto das regiões demonstrou que *Araucaria angustifolia* possui mesmo padrão de crescimento (forma sigmóide da curva), nos três locais estudados, podendo-se cultivá-la com expectativa de retorno econômico. Serra do Sudeste, em seu primeiro estudo, apresentou semelhança no crescimento para araucária, que os demais locais anteriormente estudados, indicando ser espécie de ocorrência natural, podendo-se cultivá-la economicamente.

A análise de covariância comprovou que para o três locais, na variável diâmetro, a hipótese de inclinação e de nível é rejeitada, demonstrando haver diferença significativa na capacidade produtiva e em crescimento para araucária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. H. **Ecologia florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1978. 230 p.
- ASSMANN, E. **Principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press. 1970. 506 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria nº 6, de 23 de janeiro de 1992. In: IBAMA. **Lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção**. Brasília: IBAMA, 1992. p.870-872.
- BRITEZ, R. M. *et al.* Deposição estacionária de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n.2, p. 766-772, jul./dez. 1992.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA. 1999. 412 p.
- FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models: A guide to the ANOVA and GLM procedures**. Cary. NC: SAS institute. 1985. 230 p.
- GUADAGNIN, D. L.; LAROCCA, 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**. Unisinos: São Leopoldo, 2000 p.71-84.
- HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. London: Faber and Faber. 1959. 123 p.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. New York: Ronald Press, 1972. 410 p.
- IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. v.3.
- KIVISTE, A. *et al.* **Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 2002. 190 p.
- LARSON, P. R. Some indirect effects of environment on wood formation. In: ZIMMERMANN, M. H. **The formation of wood in forest trees**. New York: Academic, 1964. p.345-365.
- LOETSCH, F.; ZOHER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Berlim: BLV, 1973. 469 p. v.2
- 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.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.
- PRODAN, M. **Forest biometrics**. Ney York: Pergamon Press. 1968. 447 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodriguez, 1988. 527 p.
- 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. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM. 1993. 348 p.
- SCHNEIDER, P. R.; BRENA, D. A.; FINGER, C. A. **Manual para coleta de informações dendrométricas**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC. 1988. 28 p.
- 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. 609 p.

THIERSCH, A. **Eficiência das distribuições diamétricas para prognose da produção de *Eucalyptus camaldulensis***. 1997. 155 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.

UFSM/SEMA-RS. **Inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul. Santa Maria**: UFSM/SEMA-RS, 2001. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifers/>>. Acesso em: 29/07/2005.