

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze DIFERENCIADO POR DIOICIA**

TESE DE DOUTORADO

Magda Lea Bolzan Zanon

**Santa Maria, RS, Brasil
2007**

**CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze
DIFERENCIADO POR DIOICIA**

por

Magda Lea Bolzan Zanon

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

**Santa Maria, RS, Brasil
2007**

Z33c

Zanon, Magda Lea Bolzan, 1968-

Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioiccia / por Magda Lea Bolzan Zanon ; orientador César Augusto Guimarães Finger. – Santa Maria, 2007.

110 f. ; il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2007

1. Engenharia Florestal 2. Pinheiro-do-Paraná 3. Incremento das árvores 4. *Araucaria angustifolia* 5. Competição das árvores 6. Variável meteorológica I. Finger, César Augusto Guimarães, orient. II. Título

CDU: 630*5

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB-10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciência Rurais - UFSM

© 2007

É permitida a reprodução de partes ou do todo deste trabalho com a devida citação da fonte.
Endereço Eletrônico: mlbz@terra.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.
DIFERENCIADO POR DIOICIA**

elaborada por
Magda Lea Bolzan Zanon

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

César Augusto Guimarães Finger, Dr.
(Presidente/Orientador)

Franz Andrae, Dr. Dr. h.c. (BOKU)

Afonso Figueiredo Filho, Dr. (UNICENTRO)

Lindolfo Storck, Dr. (UFSM)

Frederico Dimas Fleig Dr. (UFSM)

Santa Maria, 24 de julho de 2007.

Dedico

*A meus pais Alcides e Lorene, pelo
amor, carinho e incentivo em todos
os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade que me DEU de vivenciar este momento.

Ao Professor César Augusto Guimarães Finger, pela orientação e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dr. Dr hc. Franz Andrae e ao Instituto de Pesquisa de Crescimento Florestal da Universität Für Bodenkultur, Viena Áustria, pela doação dos Dendrômetros e pelo apoio para a realização deste trabalho.

Aos professores, Paulo Renato Schneider, Frederico Dimas Fleig e Solon Jonas Longhi, pelas sugestões apresentadas e ajuda dispendida.

A Tita e Maninha pela ajuda, amizade, conselhos e carinhos recebidos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de estudo para que esse projeto fosse concretizado.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia, por disponibilizar os dados meteorológicos.

Aos funcionários da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, em especial ao Engenheiro Florestal José Artur Soligo, pela disponibilidade em dar-me sempre uma “*carona*” até a sede da unidade.

Aos amigos Edison Perrando, Felipe, Lorenzo, Leonardo Giacomolli, Pagel, Juliana, Cláudio, Gabriel e Jorge, pela incontestável ajuda na coleta de dados, sem a qual este trabalho não poderia ter sido executado.

Aos velhos e novos amigos que reencontrei e encontrei nesta caminhada.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!!!

*Não julgues nada pela pequenez dos começos.
Uma vez fizeram-me notar que não se
distinguem pelo tamanho as sementes que
darão ervas anuais das que vão produzir
árvores centenárias.*

(Josemaría Escrivá)

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. DIFERENCIADO POR DIOICIA

AUTORA: MAGDA LEA BOLZAN ZANON

ORIENTADOR: CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES FINGER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de julho de 2007

O presente trabalho foi desenvolvido em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze implantados na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Município de São Francisco de Paula, RS, com o objetivo de estudar a periodicidade de crescimento de árvores masculinas e femininas, dominantes e dominadas, com idades de 40 e 60 anos, e correlacionar esse crescimento com as variações meteorológicas, morfométricas e ambientais. O comportamento do crescimento foi obtido partindo do acompanhamento quinzenal de periodicidade por meio da instalação de fitas dendrométricas no diâmetro a altura do peito de 96 árvores, avaliadas durante o período de agosto de 2003 a agosto de 2006. Os resultados deste trabalho permitiram concluir que o início do crescimento anual das árvores ocorre em setembro, tendo seu pico de crescimento no mês de janeiro, começando a decrescer a partir de março, sendo influenciado pelas condições de competição, vitalidade e área de copa das árvores, não havendo diferença estatística de crescimento entre árvores femininas e masculinas, embora se verifique uma tendência das árvores femininas se desenvolverem mais do que as masculinas. As variáveis meteorológicas, como temperatura e precipitação, estão diretamente correlacionada com o incremento. O aumento da temperatura e da precipitação influi positivamente no incremento. A ocorrência de precipitação acompanhada de temperaturas baixas reduz o crescimento. Não houve diferença de inclinação e nível para as curvas de incremento em área basal de árvores do sexo masculino e feminino, permitindo ser utilizado um modelo único para descrever o crescimento das árvores.

Palavras-chave: Pinheiro-do-Paraná, incremento, competição, variável climática.

ABSTRACT

Doctor's Thesis
Post-Graduation Program in Forest Engineer
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze DIFERENCIADO POR DIOICIA

(GROWTH OF THE *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE
CLASSIFIED BY GENDER)

AUTHOR: MAGDA LEA BOLZAN ZANON

ADVISER: CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES FINGER

Date and Place of the Defense: Santa Maria, 24th July , 2007.

This study was conducted at São Francisco de Paula National Forest, Rio Grande do Sul, Brazil, in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze implanted stands, aiming to study the growth periodicity from male and female trees having 40 and 60 years and to correlate this growth with meteorological, morphometric and environmental variables. The growth behavior was obtained through a biweekly inspection based on the diametric tapes positioned at diameter at breast height in 96 trees, evaluated from August 2003 to August 2006. The results allowed to conclude that the beginning of the annual growth happens in September, having its peak in January, starting to decrease since March, being influenced by the competition conditions, vitality and canopy area, not having statistical difference of trees growth between male and female trees, even so it is verified a tendency that female trees develop more than male trees. The meteorological variables, like temperature and precipitation, are directly correlated with the increment. The temperature and precipitation increase influences positively in increment. The precipitation occurrence followed by low temperatures reduces the growth. There was no inclination level difference for increment curves in male and female trees for basal area, allowing to use a unique model to describe the trees growth.

Key words: growth, gender, competition, meteorological variable.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Paleogeografia das Araucariaceae. Ramos distribuídos desde a base representam os tipos mais primitivos. **A** – Triássico; **B** – Jurássico-cretáceo; **C** – Cretáceo superior. 23
- Figura 2 – Estróbilos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, indivíduo masculino (**A**) e indivíduo feminino (**B**). 26
- Figura 3 – Localização das áreas de estudo na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. 43
- Figura 4 – Árvores do sexo feminino (**A**) e masculino (**B**) de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze com respectivas cintas dendrométricas. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 50
- Figura 5 – Medição dos raios das copas das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (**A**) indivíduo com copa bem distribuída. (**B**) indivíduo com copa mal distribuída. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 51
- Figura 6 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas no Talhão C (6,59ha). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 60
- Figura 7 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas no Talhão E (6,99ha). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 61
- Figura 8 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas no Talhão F (11,53ha). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 61
- Figura 9 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas nos três talhões analisados. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 62
- Figura 10 - Distribuição dos resíduos da equação geral selecionada $ig = 6,62495 * I_{GH} + 0,01531 * h^2 + 11,14135 * \frac{1}{vit} - 176,64842 * \frac{1}{A_{copa}}$. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 77
- Figura 11 – Valores observados e estimados pela equação geral selecionada em razão do inverso da área de copa ($1/A_{copa}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 78
- Figura 12 – Valores observados e estimados pela equação geral selecionada em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 79
- Figura 13 – Valores observados e estimados pela equação geral selecionada em razão da altura ao quadrado (h^2). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 79

- Figura 14 – Incremento em área basal (i_g) em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}), para vitalidade 1. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 80
- Figura 15 – Incremento em área basal (ig) em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}), para vitalidade 2. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 81
- Figura 16 – Incremento em área basal (i_g) em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}), para vitalidade 3. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 81
- Figura 17 – Grupos de árvores formados com base na diferenciação do crescimento para as árvores analisadas na FLONA de São Francisco de Paula, RS..... 83
- Figura 18 - Distribuição dos resíduos da equação selecionada para o G1 ($ig = 0,14508 * cap + 8,42463 * \frac{1}{Vit^2}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS..... 86
- Figura 19 – Valores observados e estimados pela equação selecionada para o G1, em razão da circunferência a altura do peito (cap). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 87
- Figura 20 – Incremento em área basal (ig) em função da circunferência a altura do peito (cap) e da Vitalidade. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 87
- Figura 21 – Distribuição dos resíduos da equação selecionada para o incremento em área basal (i_g) para o G2 ($ig = -1,76228 * \frac{1}{I_{GH}^2} + 1,89207 * \sqrt{A_{copa}}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 89
- Figura 22 – Valores observados e estimados pela equação selecionada para o G2, em razão da raiz quadrada da área de copa ($\sqrt{A_{copa}}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 89
- Figura 23 – Incremento em área basal (ig) em função da raiz quadrada da área de copa ($\sqrt{A_{copa}}$), e do Índice de Glover e Hool (I_{GH}^2). FLONA, São Francisco de Paula, RS. 90
- Figura 24 – Precipitação e temperaturas médias mensais ocorrentes em Cambará do Sul, Região do experimento na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS..... 92
- Figura 25 – Evapotranspiração potencial ocorrente em Cambará do Sul, Região do Experimento na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS..... 92
- Figura 26 – Incremento médio mensal em circunferência a altura do peito (cap), para árvores masculinas e femininas de Araucária localizadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. 94
- Figura 27 – Incremento corrente acumulado em circunferência a altura do peito (cap), para indivíduos femininos, masculinos e sem diferenciação do sexo localizados na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. 97
- Figura 28 – Incremento corrente médio anual em circunferência a altura do peito (cap), para indivíduos femininos, masculinos e sem diferenciação de sexo, localizados na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS..... 97

Figura 29 – Incremento médio percentual nos três períodos de avaliação para as 96 árvores localizadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.....98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis meteorológicas utilizadas para análise do crescimento obtidos na Estação Meteorológica de Cambará do Sul, RS.....	46
Tabela 2 – Talhões de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, selecionados para estudo FLONA, São Francisco de Paula, RS.....	48
Tabela 3 – Amostragem realizada na área para a escolha das 96 árvores amostras de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 2006.....	49
Tabela 4 – Diâmetro médio e número de indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, classificados por sexo, em três talhões, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.	60
Tabela 5 – Caracterização das árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, selecionadas para estudo de crescimento. FLONA, São Francisco de Paula, RS.	65
Tabela 6 – Variáveis morfométricas e estimativas dos índices de competição das árvores amostra de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze. FLONA, São Francisco de Paula, RS. .	68
Tabela 7 – Análise da variância do incremento em área basal de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, nas diferentes idades e entre os sexos e sitio na FLONA de São Francisco de Paula, RS.	72
Tabela 8 – Teste de Tukey para comparação das médias do incremento em circunferência nos três períodos analisados, e por sítio na FLONA de São Francisco de Paula, RS.	73
Tabela 9 – Coeficientes do modelo de regressão e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal – i_g em razão das variáveis independentes testadas.	76
Tabela 10 – Coeficientes do modelo de regressão e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal (i_g), em razão das variáveis selecionadas na modelagem. FLONA de São Francisco de Paula, RS.	77
Tabela 11 - Análise de covariância para testar diferença de nível e de inclinação para os sexos masculinos e femininos. FLONA, São Francisco de Paula, RS.	82
Tabela 12 – Coeficientes do modelo de regressão para o G1 e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal (i_g) em razão das variáveis selecionadas na modelagem. FLONA, São Francisco de Paula, RS.	86
Tabela 13 – Coeficientes do modelo de regressão para o G2 e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal (i_g) em razão das variáveis selecionadas na modelagem. FLONA, São Francisco de Paula, RS.	88

Tabela 14 – Correlação de Pearson para o incremento em área basal (<i>ig</i>) com os fatores ambientais, climáticos e variáveis dendrométricas e morfométricas.	109
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

m³ – Metro cúbico

mst – Metro estereo

Km² – Quilômetro quadrado

ha – Hectare

R²_{Aj} – Coeficiente de determinação ajustado

S_{yx} – Erro padrão da estimativa

FV – Fonte de variação

GL – Graus de liberdade

SQ – Soma de quadrados

QM – Quadrado médio

F – Valor de F calculado

prob F – probabilidade de significância para F

dap – Diâmetro a altura do peito

cap – Circunferência a altura do peito

ICC – Índice de competição de copa

u.a. – Unidade amostral

°C – Graus celcius

VV – Velocidade do vento

UR – Umidade relativa do ar

Ppt – Precipitação

Dc – Diâmetro de copa

Lc – Comprimento de copa

h/d – Relação entre altura e diâmetro

SAS – Sistema de Análise Estatística

Ge – Geadas

SBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

I_a – Índice de Abrangência

BAL – Basal area larger

I_r – Índice de área disponível

I_{GH} – Índice de Glover e Hool

i_g – Incremento em área basal

L_{ij} – Distância entre a árvore considerada e a competidora

I_H – Índice de Hegyi

G – Área basal

t – Idade

T – Temperatura em °C

I_s – índice de saliência

DISME – Distrito de Meteorologia

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos.....	21
1.2 Justificativa.....	22
1.3 Hipótese de trabalho	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Distribuição geográfica e caracterização da espécie	23
2.2 Caracterização fenológica.....	25
2.3 O crescimento e incremento das árvores	28
2.4 O uso de cintas dendrométricas na avaliação do crescimento das árvores.....	32
2.5 Modelagem do crescimento das árvores e competição entre elas	35
2.6 Modelagem e as variáveis meteorológicas	38
3 MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1 Caracterização e descrição da área de estudo	42
3.2 Dados meteorológicos	45
3.3 Caracterização da área de amostragem e seleção de árvores amostras	48
3.4 Coleta dos dados	50
3.4.1 Variáveis mensuradas	50
3.4.2 Variáveis morfométricas.....	52
3.4.3 Variáveis de concorrência	53
3.4.4 Análise de correlação de Pearson	55
3.4.5 Análise de Agrupamento (Cluster)	55

3.4.6	Incremento em área basal (<i>ig</i>)	56
3.4.7	Seleção de variáveis para modelagem do incremento em área basal (<i>ig</i>)	56
3.4.8	Análise de covariância do incremento em área basal (ig)	57
3.4.9	Modelagem do incremento em área basal (<i>ig</i>).....	57
3.4.10	Seleção dos modelos.....	58
3.4.11	Distribuição gráfica dos resíduos	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	Porcentagem de indivíduos masculinos e femininos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.....	59
4.2	Incremento de indivíduos masculinos e femininos em duas classes de idade.....	64
4.3	Variáveis morfométricas e índices de competição	68
4.4	Seleção de variáveis para a modelagem do incremento em área basal – <i>ig</i>	74
4.5	Modelagem do incremento em área basal em função das variáveis meteorológicas, morfométricas e ambientais.....	75
4.6	Comparação das curvas de incremento em área basal (<i>ig</i>).....	82
4.7	Análise de Agrupamento (<i>Cluster</i>).....	83
4.7.1	Características das árvores pertencentes ao G1.....	84
4.7.2	Características das árvores pertencentes ao G2.....	85
4.8	Modelagem do incremento em área basal (<i>ig</i>) para as árvores pertencentes ao G1.....	85
4.9	Modelagem do incremento em área basal (<i>ig</i>) para as árvores pertencentes ao G2.....	88
4.10	Relação das variáveis meteorológicas com a atividade cambial das árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	90
5	CONCLUSÕES.....	99
	REFERÊNCIAS	101
	ANEXO.....	109

1 INTRODUÇÃO

No ecossistema florestal, o homem encontrou a matéria-prima que não dispensou ao longo do seu processo evolutivo: a madeira. “*Foi ela a heroína não-reconhecida de uma evolução tecnológica que impulsionou a humanidade da Idade da Pedra até o progresso dos dias de hoje*” (PERLIN, 1992).

No decorrer dessa evolução, as matas foram amplamente exploradas e destruídas em nome do progresso, mas nunca em ritmo tão avassalador como nos últimos tempos, o que representa uma pequena fração da história humana comparando-se às eras anteriores.

Na pré-história, mais de 80% do continente europeu era coberto por florestas. O avanço da agricultura e das rápidas mudanças provocadas pela Revolução Industrial deixou muitos países com a cobertura vegetal natural reduzida a uma pequena parcela da sua superfície territorial. Somente em meados do século XIX, os povos europeus conscientizaram-se da importância das florestas e da necessidade de sua preservação, expansão e gestão de forma sustentada. Mas a exploração desordenada continuou em outros continentes. Foi somente no século XX que se aceitou a inter-relação entre sociedade/recursos florestais, e passou-se a reconhecer que o ecossistema florestal é um bem renovável (IPEF, 2000).

No Brasil a criatividade no emprego da madeira e a abundância dessa matéria-prima, fizeram com que fosse amplamente utilizada para todas as finalidades. Porém, a indústria extrativa da madeira desenvolveu-se empiricamente no País atravessando fases de grande progresso alternadas com épocas de escassez. Não era somente a *Caesalpineia echinata* Lamb. (Pau-Brasil), espécie amplamente valorizada e explorada que atraía os estrangeiros: madeiras como jacarandás, cedros, imbuías, entre outras também foram largamente exploradas e comercializadas (IPEF, 2000).

Em 1883, iniciou-se no sul do Brasil, a extração das reservas naturais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Durante o período de ocupação das terras do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e posteriormente do Paraná, o pinheiro tornou-se a base da colonização dos imigrantes europeus, que chegaram ao País no final do século XIX para se dedicarem, sobretudo à agricultura. A exploração da araucária forneceu o capital inicial para o estabelecimento de diversas atividades econômicas, especialmente com a instalação de indústrias madeireiras, em toda a área de dispersão natural da espécie, interessadas no aproveitamento de sua madeira de altíssima qualidade.

A exploração dos pinheirais tornou-se mais intensa a partir da primeira grande guerra, com exportações de pinheiros para a Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos da América atingindo seu apogeu na década de 30, quando esses países se preocuparam em recompor seus estoques do produto (IPEF, 2000).

A exploração se intensificou a partir de 1934 (MATTOS, 1994), em que as reservas do estado de São Paulo foram exauridas entre os anos 30 e 40 e as do Paraná nos anos 70 (SHIMIZU e OLIVEIRA, 1981). Em 1964, a *Araucaria angustifolia* ocupou o 4º lugar entre os produtos brasileiros de exportação (REITZ e KLEIN, 1966).

O Brasil, na década de 60, viveu sua grande expansão industrial, o que exigiu o desenvolvimento de diversos setores, entre eles, o setor florestal, de forma a reduzir a dependência de produtos importados. O estoque de florestas naturais de araucária, que em anos anteriores já havia sido amplamente explorada, apresentava sinais de esgotamento.

Atualmente, a espécie é encontrada em áreas reduzidas, tanto em sua formação primária como em florestas secundárias, provenientes da regeneração natural ocorrida após a exploração desenfreada. Estimativas apontam entre 1 a 2% de áreas originais cobertas pela floresta com araucária nos três estados do sul (KOCH e CORRÊA, 2002).

Os reflorestamentos realizados com incentivos fiscais entre os anos 1966 a 1986 empregaram maciçamente espécies arbóreas introduzidas, em especial os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, tendo sido a *Araucaria angustifolia* praticamente ignorada, colocando seus remanescentes sob conservação.

Um dos aspectos mais agravantes diz respeito à escassez de informações acerca da biologia reprodutiva. Algumas teorias preconizam que a produção dos órgãos reprodutivos compete com o crescimento vegetativo, pois estes são grandes consumidores de carboidratos e

nitrogênio a expensas das estruturas vegetativas, e porque as gemas florais se diferenciam em lugar da gema vegetativa.

Existem também antecedentes acerca da participação de árvores femininas e masculinas na composição dos povoamentos. Bandel e Gurgel (1967), estudando a proporção do sexo em povoamentos naturais de *Araucaria angustifolia*, observaram a presença ligeiramente superior de plantas do sexo masculino (52,4%) do que plantas do sexo feminino (47,6%). Essa diferença de proporcionalidade seria uma consequência de desbastes realizados nos povoamentos, que selecionariam alguns indivíduos com melhor desenvolvimento em detrimento de outro com desenvolvimento inferior.

Pelo exposto, a determinação da taxa de crescimento, dinâmica e periodicidade da atividade cambial é uma ferramenta útil que pode ser aplicada em áreas como silvicultura e manejo florestal.

Sendo assim, é de grande importância obter informações sobre o desenvolvimento dessa espécie, a época de maior incremento, e se este se dá de forma diferenciada por dioícia, bem como quais elementos meteorológicos, ambientais e morfométricos interferem nesse incremento.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo estudar e descrever o crescimento por sexo da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na região de São Francisco de Paula-RS, visando a determinar:

- a) a porcentagem de indivíduos masculinos e femininos de *Araucaria*;
- b) o diâmetro médio e a distribuição diamétrica dos indivíduos em floresta implantada;
- c) o incremento em área basal individual segundo a estratificação por sexo e classe de idade das árvores;
- d) o início, o final do período de crescimento e a distribuição anual do incremento diamétrico;

- e) identificar a influência dos elementos meteorológicos no crescimento das árvores;
- f) modelar o incremento em área basal individual das árvores.

1.2 Justificativa

Apesar de existirem algumas pesquisas dando enfoque ao crescimento de árvores de araucária, não há trabalhos que avaliem a influência das variáveis ambientais no crescimento, se influem de maneira diferenciada por sexo e idade, bem como o comportamento da distribuição do incremento durante a fase anual de crescimento. O conhecimento a respeito do tema é ainda incipiente, aliado à necessidade de preservação desse genótipo florestal, requerendo informações básicas passíveis de serem utilizadas em planos de manejo para a recuperação desse ecossistema.

1.3 Hipótese de trabalho

Tem-se como hipótese de trabalho a seguinte prerrogativa:

Existem diferenças de crescimento anual entre as árvores masculinas e femininas associadas aos diferentes sítios, idades e às variáveis meteorológicas que atuam sobre a floresta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Distribuição geográfica e caracterização da espécie

A família Araucariaceae é o grupo de coníferas mais primitivo ainda existente, com início de desenvolvimento marcado entre as eras paleozóica e mesozóica (DUTRA e STRANZ, 2003), representado na Figura 1.

As espécies do gênero *Araucaria* evoluíram na Era Mesozóica, durante o período Jurássico e Cretáceo a, aproximadamente, 250 milhões de anos (KOCH e CORRÊA, 2002).

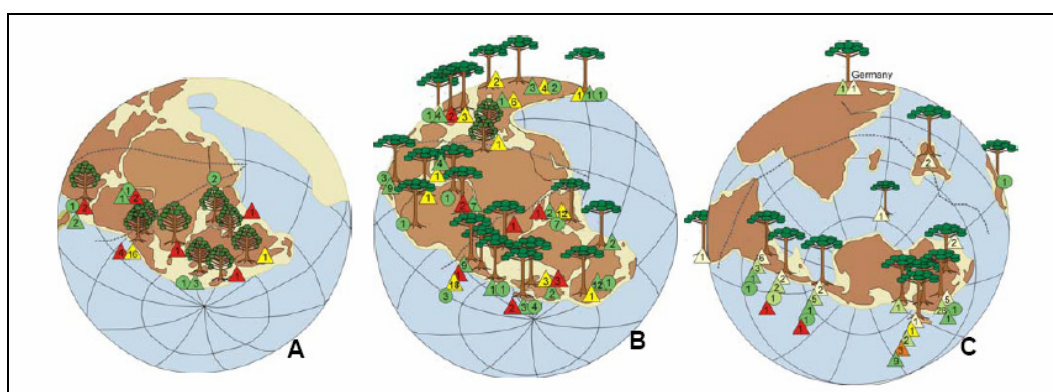


Figura 1 – Paleogeografia das Araucariaceae. Ramos distribuídos desde a base representam os tipos mais primitivos. **A** – Triássico; **B** – Jurássico-cretáceo; **C** – Cretáceo superior.

FONTE – Dutra e Stranz (2003)

O gênero *Araucaria* se encontra distribuído em parte da Oceânia, sudeste Asiático e, na América do Sul, onde é representado por duas espécies, a *Araucaria araucana* (Molina) K.

Koch localizada em zonas restritas de Chile e Argentina e, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze com uma área de dispersão maior no Brasil e restrita na Argentina (NTIMA, 1968),

No Brasil, a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze se constituiu no único representante nativo do gênero, sendo árvore de grande porte, com importância ecológica e econômica nas regiões de ocorrência, sobretudo no sul do País.

Segundo Carvalho (1994), sua área de distribuição ocupava originalmente uma superfície de cerca de 200.000 km², ocorrendo no Paraná (40% da superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%).

De acordo com Maack (1948) e Hueck (1953), a distribuição nos estados do Paraná e Santa Catarina, ocorria em altitudes compreendidas entre 500 e 1100m, entrando pelo planalto no Rio Grande do Sul, tendo sido encontrado representante da espécie em São Martinho e Tenente Portela a 300m do nível do mar (MATTOS, 1972). Hess (2006) encontrou e descreveu o crescimento da araucária na Serra do Sudeste em altitudes de 328m, no município de Caçapava do Sul, RS.

Para Hueck (1972), a espécie tem sua ocorrência limitada entre as latitudes de 15° e 30°S e longitudes de 43° 30' e 57° 30'W. Segundo Golfari (1971), a área de ocorrência natural situa-se em clima temperado, em que a temperatura média anual varia de 13 a 18°C, caracterizando-se por verões frescos e invernos relativamente frios até 8°C.

Em relação à precipitação, em sua zona de ocorrência espontânea, há um alto índice de pluviosidade, variando entre 1250mm, média inferior e 2500mm, média superior (ROGERS, 1953).

Van Goor (1965) relatou que os tipos climáticos de Köppen, Cfb e Cfa, caracterizados por apresentarem chuvas bem distribuídas durante o ano, não são limitantes, porém altitudes abaixo de 600 metros são consideradas críticas para a espécie.

Martino (1969) observou que as araucárias apresentavam melhor aspecto e abundância, em locais com maior pluviosidade. Para De Hoogh et al. (1978), a precipitação mostrou ter uma relação positiva com o índice de sítio. O mesmo fato foi relatado por Aubreville (1954), afirmando que a ocorrência natural da espécie se dá em regiões onde não há déficit hídrico.

A árvore cresce melhor em solo fértil e atinge bom crescimento em 50 anos. As raízes podem alcançar 1,8m de profundidade (REITZ e KLEIN, 1966). A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze necessita de grande demanda de nutrientes durante o seu desenvolvimento, precisando de solos muito mais férteis que as demais coníferas (HANDRO e FERREIRA, 1986).

Segundo De Hoogh (1981), os povoamentos com bom crescimento geralmente encontram-se em latossolos, essencialmente determinados pela boa estrutura do solo, enquanto litossolos e solos hidromórficos, em consequência das restrições físicas e fisiológicas para o desenvolvimento radicial, produzem condições de crescimento extremamente pobres.

Em vários solos de campo, o crescimento lento pode ser atribuído à deficiência de nutrientes, à toxidez do alumínio e à pequena profundidade; essa última condição torna a espécie mais sensível aos efeitos da seca no inverno. Solos rasos, com profundidade inferior a 100 cm, influenciam negativamente o crescimento, mas não impedem a regeneração natural. Profundidades do lençol freático inferiores a 90 cm mostram-se restritivas quanto ao crescimento em diâmetro a altura do peito e altura do pinheiro-do-paraná (BOLFONI et al., 1980).

Golfari (1971) observou em solos ocupados anteriormente por florestas naturais heterogêneas que a rentabilidade da araucária é maior do que a apresentada em solos de campo ou áreas anteriormente agricultáveis.

2.2 Caracterização fenológica

A araucária é uma espécie dióica, apresenta árvores de sexo masculino e feminino em árvores distintas (Figura 2). Os estróbilos masculinos são cilíndricos, medindo de 10 a 22 cm de comprimento por dois a quatro cm de diâmetro, quando maduros. De acordo com Reitz et. al. (1988), os estróbilos femininos apresentam forma arredondada, e são formados no ápice de um ramo e possuem cerca de mil brácteas escamiformes, coriáceas, sem asas, com um espinho recurvo no ápice, inseridas sobre o eixo central cônico, cada uma delas sustentando o óvulo, e quando maduro, possuem cerca de 10 a 25 cm de diâmetro. O cone apresenta um número variável de sementes (5 a 150) e seu peso pode atingir mais de 4,7 kg.

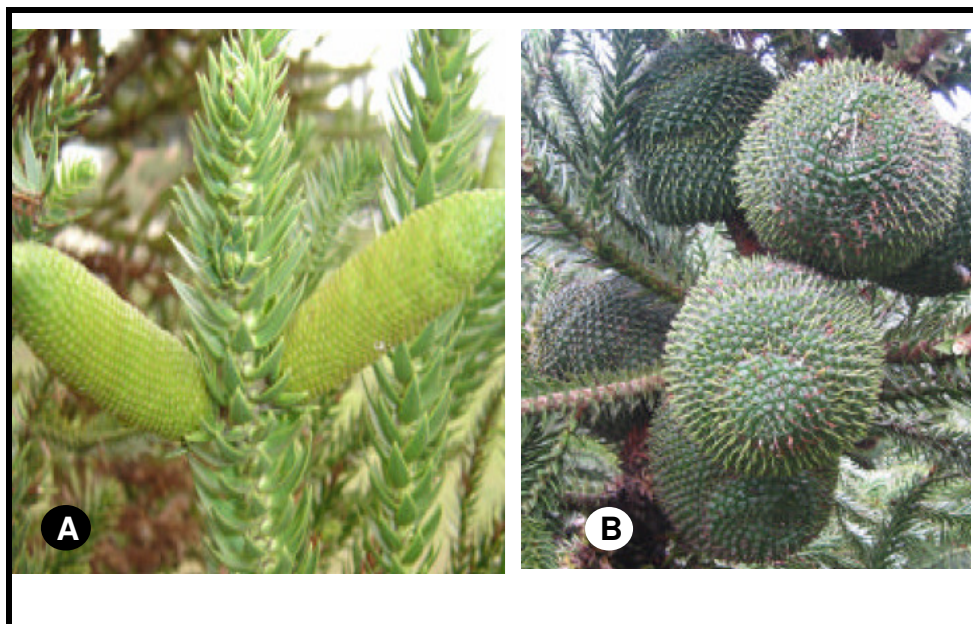


Figura 2 – Estróbilos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, indivíduo masculino (A) e indivíduo feminino (B).

FONTE: Anselmini (2005)

A araucária é uma espécie perenifólia, heliófita pioneira, típica de regiões de altitude, possui fuste retilíneo, cilíndrico, às vezes, bifurcado, com quatro a oito verticilos de inserção dos galhos, que se destaca com a idade. Sua altura varia de 10 a 35 m e o diâmetro do tronco, à altura do peito da planta adulta, pode alcançar desde pouco mais de um metro até dois metros e meio. É uma espécie dióica, raramente monóica, por traumas ou doenças. Apresenta suas estruturas reprodutoras organizadas em estróbilos masculinos e femininos (CARVALHO, 2003).

Em razão da espécie ocorrer em uma ampla região geográfica no sul e sudeste do Brasil, diferenças na fenologia reprodutiva entre as populações são esperadas. Carvalho (1994) e Solórzano Filho (2001) relataram observações sobre a fenologia reprodutiva dessa espécie sem, contudo, comparar diferentes populações. Florescimento é um processo que depende de fatores genéticos e ambientais, e o padrão de florescimento pode ser atribuído à diferenciação genética das populações, bem como às diferenças individuais.

A idade das árvores é um importante fator que define o período e a intensidade do florescimento e da frutificação. De acordo com Carvalho (1994), a produção de sementes em árvores isoladas de araucária começa entre os 10 e 15 anos de idade, já nos plantios, a

reprodução se inicia aos 20 anos de idade, destacando grandes diferenças de acordo com o habitat da espécie entre populações.

Ntima (1968) relatou que árvores de araucária observadas num arboreto, no Kenya, notoriamente fora da região de ocorrência natural da espécie, começaram a produzir sementes dos 13 aos 15 anos de idade. A espécie *Araucaria angustifolia* assim, iniciada a sua produção de sementes, produz em média 40 pinhas por ano ao longo de toda sua vida, que pode atingir mais de 200 anos, conforme Carvalho, (1994).

A fase mais crítica no ciclo reprodutivo da araucária é a fase de produção de sementes, incluindo a fase da polinização, que inicia em setembro, estendendo-se até dezembro. A polinização é predominantemente anemocórica (pelo vento) e, se dá entre os meses de setembro e outubro e a maturação pode ser de até quatro anos após a fecundação (SOLÓRZANO FILHO, 2001). A época do amadurecimento, em geral, verifica-se durante os meses de abril, maio e junho, mas pode ser bastante variável, dependendo da variedade da espécie (REITZ et al., 1988).

Diversos fatores podem limitar o sucesso reprodutivo da árvore feminina. Geralmente, esse sucesso depende da proporção de sexos na população. Uma proporção desbalanceada de sexos implica na contribuição desigual do número de gametas favorecendo o sexo mais abundante. Bandel e Gurgel (1967) relatam haver predominância de pinheiros masculinos tanto em áreas de ocorrência natural, como em plantios.

Na descrição do ciclo reprodutivo, Burlingame (1914 apud MANTOVANI et al., 2004) mencionou que a vida de um cone feminino não é maior que dois anos; Shimoya (1962) relatou que o desenvolvimento partindo do carpelo primordial até a semente demora, aproximadamente, quatro anos e, Mattos (1994) registrou que o tempo de formação de uma pinha desde a diferenciação celular é de mais de três anos. Em estudo recente, Guerra et al. (2000) relatam ser de aproximadamente 4 anos, e que o desenvolvimento do cone feminino começa na primavera, entre os meses de agosto a outubro, estando prontos para a polinização no mês de setembro do ano seguinte. A fertilização ocorre somente a partir do terceiro ano, entre outubro e dezembro e os cones iniciam a maturação no quarto ano.

O detalhamento da fenologia reprodutiva de araucária é de grande importância tanto econômica como ecológica, com aplicação direta na coleta de sementes destinadas à conservação de germoplasma, na obtenção de sementes para fins comerciais e no entendimento da dinâmica e regeneração de populações naturais.

A competição tem influencia na produção de sementes. O maior espaçamento permite que as árvores tenham uma maior proporção de sua copa livre de contato, mais exposta à luz e, portanto, numa situação mais favorável para a produção das estruturas reprodutivas, ou seja, as arvores dominantes que têm copas mais vigorosas e desenvolvidas são notáveis produtoras de sementes (DANIEL, et al., 1980).

Fassola et al. (1999) comprovaram que as variáveis que definem o tamanho da árvore como o diâmetro a altura do peito e o diâmetro de copa se correlacionam com a produção de cones, sendo esperado que essa tendência se acentue à medida que o indivíduo cresce, tal como evidenciam os dados de produção de sementes por árvore e por cone entre os indivíduos maduros de araucária.

Speer et al., (2000, apud FASSOLA, et al., 2002) relatam que os crescimentos reprodutivos e vegetativos compartilham os mesmos recursos, e há evidencias que indicam que um ocorre à custa do outro. As grandes frutificações podem diminuir os recursos das espécies florestais provocando uma redução do crescimento vegetativo evidenciada nos anéis de crescimento.

2.3 O crescimento e incremento das árvores

Segundo Husch et al. (1982), o crescimento de uma árvore é definido como o aumento periódico de tamanho de raízes, copa e tronco, em resposta aos processos naturais de vida e aos estímulos ambientais. Esses processos são controlados pelo potencial genético da planta (mecanismos auto-regulatórios e envelhecimento) e pelo meio físico que ela ocupa (competição).

O crescimento de árvores depende de fatores como a disponibilidade dos recursos ambientais (temperatura, precipitação, vento, insolação e nutrientes) e espaços físicos, edáficos (características físicas, químicas e biológicas), topográficos (inclinação, altitude e exposição) e fatores de competição pela influência de outras espécies, tamanho e constituição genética da árvore bem como sua história de desenvolvimento. Cada um destes pode afetar de forma isolada ou em conjunto o crescimento das árvores (POORTER e BONGERS, 1993).

A observação desse fenômeno ao longo do tempo tem o intuito de determinar o crescimento das árvores, ou seja, acompanhar o resultado da atividade meristemática.

As taxas de crescimento apresentam variações entre as diferentes espécies bem como entre árvores da mesma espécie, porém de diferentes tamanhos ou constituição genética, ou ainda estabelecida em diferentes habitats. Em contraste, o crescimento de uma árvore individual durante períodos sucessivos é muito menos variável.

Indivíduos arbóreos de um dado tamanho podem representar uma grande diferença de idades. Concomitantemente, árvores de uma mesma idade podem alcançar diferentes tamanhos, portanto, indivíduos de um dado tamanho ou idade podem estar crescendo em diferentes taxas refletindo negativamente na estimativa da trajetória de crescimento e do tempo de vida (TERBORGH et al., 1997).

Segundo Husch et al. (1982), a interação de todos esses fatores sobre a planta expressa a qualidade do sítio, ou seja, se o crescimento é bom, significa que o sítio é considerado bom e vice-versa.

Entende-se por crescimento de uma floresta, ou das árvores componentes desta, as mudanças ocorridas em tamanho durante um determinado período de tempo (GAUTO, 1997).

O desenvolvimento radial ou diamétrico varia significativamente entre e dentro das espécies arbóreas e de acordo com a idade, estações do ano e condições microclimáticas (HIGUCHI et al., 2003).

De acordo com Tomazello Filho et al. (2001) as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais que afetam seus inúmeros processos fisiológicos, tais como respiração, fluxo de seiva, transpiração, taxa de divisões celulares etc., refletindo na atividade cambial e, conseqüentemente, na anatomia do lenho. Portanto, as variáveis ambientais são registradas nos anéis de crescimento, os quais expressam os eventos ocorridos no passado e no ano corrente.

Dentre essas variáveis ambientais, citam-se a luz, água, temperatura, fertilidade do solo, a composição da atmosfera, as características físicas e químicas do solo, os insetos e outros organismos que afetam a atividade cambial (KRAMER e KOZLOWSKI, 1960). A alteração das variáveis ambientais se reflete no crescimento das árvores e na largura dos anéis de crescimento, que podem ser mais largos ou estreitos dependendo das influências destas no crescimento.

A variação dos fatores climáticos e as alterações induzidas na estrutura anatômica do lenho, incluindo a formação dos anéis de crescimento, foram também verificadas em árvores de *Quercus sp.* por Villar-Salvador et al. (1997).

Rao e Rajput (1999) relacionaram a atividade cambial das árvores de *Tectona grandis* com os fatores climáticos, temperatura do ar e a precipitação, com o câmbio apresentando a maior taxa de divisão celular em elevados níveis de precipitação e de temperaturas de 35°C, com dormência na estação seca.

No xilema das espécies de árvores tropicais, podem ocorrer falsos anéis de crescimento ou anéis de crescimento incompletos, formados pela ocorrência de inundação, seca, geada, fogo, desfolha, brotamento esporádico que interferem na atividade de crescimento. Em regiões temperadas, as espécies arbóreas apresentam oscilações periódicas de crescimento no seu tronco enquanto que as de climas tropicais normalmente apresentam crescimento contínuo, ou seja, sem sazonalidade (BOTOSSO, VETTER e TOMAZELLO FILHO, 2000).

Para Alvim (1964), há espécies tropicais e subtropicais que apresentam crescimento rítmico, sendo necessários estudos para determinar os fatores internos ou as variações climáticas que controlam essa periodicidade de crescimento.

Com relação à anatomia da madeira, a maior parte das espécies de coníferas (gimnospermas) apresenta distintos anéis de crescimento anuais demarcados pelos lenhos inicial e tardio, resultantes da sazonalidade da atividade cambial. Nas folhosas (angiospermas), observa-se uma complexidade maior e variação na formação das camadas de crescimento, em razão da constituição genética, das fases fenológicas das espécies e das condições ambientais (TOMAZELLO FILHO, BOTOSSO e LISI, 2002).

Em regiões caracterizadas por clima temperado, os anéis de crescimento representam habitualmente o incremento anual da árvore. A cada ano, em consequência do crescimento cambial, é acrescentado um novo anel ao tronco, razão por que são também denominados anéis anuais cuja contagem permite conhecer a idade do indivíduo (BURGER e RICHTER, 1991).

Kramer e Kozlowski (1960) admitem que nas zonas temperadas o crescimento é influenciado pelo tempo frio, porém nem sempre esta hipótese é verdadeira, pois muitas vezes o crescimento cessa muito antes de uma temperatura ser suficientemente baixa para deter esse crescimento, ou seja, fatores internos estão influenciando esse cessar do crescimento.

Os anéis de crescimento são geralmente interpretados como sendo valores duvidosos nas estimativas das taxas de crescimento e idades em árvores tropicais em ambientes não sazonais, pois, teoricamente, nesses ambientes, as árvores não formariam os anéis (LANG e KNIGHT, 1983; LIEBERMAN e LIEBERMAN, 1985; MOZETO et al., 1988; TERBORGH et al., 1997).

As taxas de crescimento e idades de árvores analisadas mediante os anéis de crescimento, por ocasião, geraram uma discussão controversa que assumia a ausência de anéis de crescimento em árvores tropicais. Isso é um dos muitos mitos sobre esses ambientes, porque de fato a existência de anéis anuais em árvores tropicais está baseada em um clima sazonal com uma estação seca distinta, porém, amplamente encontrada também nos trópicos úmidos (WORBES e JUNK, 1999).

A técnica para determinação da idade e taxa de crescimento pelos anéis anuais esbarra em problemas como a falta de estações climáticas distintas, que permitam uma clara visualização dos anéis e, conseqüentemente, uma estimativa mais precisa da idade. O aparecimento de falsos anéis em razão dos vários tipos de interferências (bióticas e abióticas) no crescimento da árvore induz a resultado errôneo na determinação da idade e do ritmo de crescimento. As estimativas da idade para árvores individuais são insuficientes e não representam a taxa de crescimento e a idade para populações de árvores.

Uma exata determinação das taxas de crescimento e idade em árvores tropicais é absolutamente essencial para discussões sobre longos períodos de exploração. A análise de crescimento proporciona o conhecimento sobre informações utilizadas em modelos silviculturais usados para desenvolver conceitos de exploração e períodos de rotação, podendo ser relativamente simples e rapidamente criados (WORBES, 1997).

Fritts (1955 apud KRAMER e KOZLOWSKI, 1960) estudou o crescimento radial da faia com uso de dendrômetros, tendo sido registradas, durante dois períodos vegetativos, a temperatura, a queda pluviométrica, a umidade do solo, a percentagem de luz, a evaporação, a umidade relativa do ar, e a velocidade média do vento. O autor concluiu que 50% da variação verificada no crescimento foi provocada por variações de temperatura máxima e umidade do solo, sendo a temperatura mais importante na primavera e a umidade mais importante no verão quando o teor de umidade do solo tendia a ser mais baixo.

2.4 O uso de cintas dendrométricas na avaliação do crescimento das árvores

A avaliação contínua dos incrementos em circunferência do tronco das espécies arbóreas possibilita, a médio e longo prazo, uma determinação indireta do ritmo, da taxa de crescimento, da periodicidade da atividade cambial e da influência dos fatores climáticos sobre essa periodicidade, surgindo então a necessidade de se realizar micro-medições.

Segundo Andrae (2004), a micro-medição é a técnica utilizada para medir pequenos incrementos, sendo mais comumente utilizado para registros de crescimento em diâmetro e, raramente, também o crescimento em altura (somente em árvores jovens).

De acordo com Böhmerle (1883); Friedrich (1880, 1885, e 1887) (apud ANDRAE, 2000), já na metade do século XIX, a ciência florestal passou a se interessar pelos incrementos em pequenas escalas, com a finalidade, sobretudo, de se conhecer o comportamento e o ritmo de crescimento das espécies durante a época vegetativa. Para tanto, houve a necessidade, de desenvolverem aparelhos sofisticados e auto-registrantes (dendrômetros e dendrógrafos), capazes de avaliar esse incremento em escala muito reduzida.

Hall (1944) relatou sobre a necessidade de utilizar instrumentos que permitam medições precisas do incremento diamétrico sazonal, incluindo não somente o incremento total, mas também a data do início do crescimento, a proporção desses no decorrer da estação e no final do crescimento. Para isso, o autor desenvolveu uma cinta dendrométrica para avaliar esses crescimentos. O instrumento consiste de uma faixa de alumínio graduada, que circula a árvore, permanecendo fixada firmemente no tronco por meio de uma mola espiral. À medida que a árvore cresce a mola se distende e permite o deslocamento da cinta marcando o crescimento diretamente num “vernier” que permite a leitura do seu crescimento

Os dendrômetros têm sido aplicados desde 1965, na França, no Centre Technique Forestier Tropical – CTFT, em estudos de periodicidade de crescimento de árvores. A partir de então, são utilizados em várias partes do mundo, além de análises de identificação dos anéis de crescimento tomando-se por base as características anatômicas da madeira e marcações cambiais (DÉTIENNE, 1989).

Segundo Botosso e Tomazello Filho (2001), o dendrômetro é um aparelho que se constitui de uma cinta metálica graduada (faixa diamétrica ou fita métrica), com uma abertura regulável para diversos diâmetros das árvores. Esse aparelho fixado no tronco da árvore viabiliza o diagnóstico do crescimento contínuo em diâmetro (permite verificar seguidamente

as variações da circunferência com precisão e vislumbra a atividade cambial da mesma ao longo dos anos. A comparação dos resultados com a mensuração dos dados climáticos da região resulta em informações que possibilitam traçar o ritmo de crescimento de uma determinada árvore. Os autores ainda citam que, os dendrômetros monitoram e registram o crescimento de árvores praticamente em todas as escalas de tempo, de hora em hora, dia a dia, mês a mês e anualmente. O objetivo principal de sua utilização é conhecer as interações entre os mecanismos ambientais e fisiológicos, como por exemplo, se o crescimento, durante um período com temperaturas muito baixas, está sendo grande, pequeno ou nulo

Novos estudos sobre as micro-medições foram surgindo e se intensificando ao longo do tempo, e tendo ampla aplicação, tais como: reações das árvores a tratamentos culturais como cortes de liberação; reações das árvores a diferentes doses de adubação; incremento das árvores em diferentes posições sociológicas; relação da árvore com condições de sítio e disponibilidade de água no solo dentre outros (ANDRAE, 2004).

Segundo Worbes (1995), a mensuração dendrométrica de diferentes árvores na floresta do Caparaó (situado ao oeste do pantanal, na Venezuela), mostrou que as espécies decíduas, tal como *Cedrela odorata*, teve um longo período de dormência cambial durante o período seco, embora espécies não-caducifólias, tal como *Cordia alliodora*, apresentou um crescimento mais constante, com apenas uma pequena interrupção no processo de crescimento.

Na Costa Rica, as fitas dendrométricas foram utilizadas para verificar a relação existente entre os fatores climáticos e a periodicidade do crescimento de espécies florestais de clima tropical (LOJAN, 1967).

Segundo Keeland e Sharitz (1993), o uso de dendrômetros de metal tem-se mostrado vantajoso em comparação com outros métodos, porém de acordo com Bower e Blocker (1966) e Cameron e Lea (1980), a desvantagem é a tendência de subestimar a primeira medição anual de crescimento em diâmetro, sobretudo em regiões onde as mudanças sazonais são bem definidas.

Em florestas temperadas, dendrômetros de metal têm sido usados desde 1944 (KEELAND e SHARITZ, 1993) e, de acordo com Silva et al. (2002), publicações sobre o uso desses aparelhos em florestas tropicais são relativamente raras.

Os dendrômetros podem apresentar medidas erradas em árvores que possuem um decréscimo no diâmetro em épocas mais secas do ano, necessitando um acompanhamento e

manutenção periódica das fitas. Os dendrômetros não fornecem informações diretas sobre a idade das árvores, sendo necessárias estimativas por meio de outros métodos convencionais como a análise dos anéis de crescimento, injúrias nas células da camada cambial e/ou estimativas de crescimento e idade por cálculos matemáticos.

Andrae (2004) relata que fitas dendrométricas têm elevada precisão na medição, no entanto é necessário considerar as influências de alguns fatores sobre estas, como a pressão da cinta sobre a casca; a umidade e temperatura que causam inchamento e contração da casca; o intervalo entre a instalação da faixa e as primeiras leituras; a falta de simultaneidade entre o incremento da árvore e o lido no dendrômetro; e as leituras a olho nu que estão sujeitas à erros quando realizadas por diferentes pessoas.

Em estudo sobre fatores que influenciam na precisão das estimativas de incremento Andrae (2000) desenvolveu o dial-dendro; aparelho compacto e de uso prático que é fixado a árvore permitindo o deslocamento da cinta dendrométrica de forma constante e com igual pressão, possibilitando grande aumento de precisão na determinação dos incrementos com qualquer período de observação.

Silva et al. (2002) utilizaram uma cinta dendrométrica de metal para avaliar o incremento mensal em 272 árvores da Amazônia Central. Foram medidos os incrementos em 19 meses, mas os autores utilizaram apenas os dados dos últimos 12 meses e consideraram os sete meses iniciais como um período de adaptação das cintas. Concluíram que a cinta dendrométrica de metal utilizada foi útil e precisa para monitorar o crescimento mensal do diâmetro. Uma limitação encontrada pelos autores foi à impossibilidade de medir crescimentos anuais acima de 20 mm de diâmetro sendo necessário, nesses casos, calibrar os dendrômetros nos fustes das árvores por períodos de três meses.

Estudos realizados por Poole (1986), utilizando fita dendrométrica para determinação do crescimento diamétrico sazonal de um povoamento de *Eucalyptus regnans* localizado em Kinleith, Nova Zelândia, mostraram que o crescimento diamétrico máximo ocorreu na primavera e o crescimento mínimo ocorreu no inverno.

Bower e Blocker (1966) realizaram estudos sobre a precisão das medições do incremento diamétrico utilizando cintas dendrométricas e relatam que estas são confiáveis para medições em curtos períodos de tempo, mas é necessário instalá-las um ano antes do período em que serão realizadas as medições, uma vez que as fitas tendem a subestimar o crescimento diamétrico no primeiro ano de avaliação. Esse fato também observado por

Keeland e Sharitz, 1993, poderia ser em razão de um reduzido incremento, especialmente em regiões com estações anuais bem definidas.

Andrae (2004) utilizou dendromêtros para avaliar o incremento de *Fraxinus excelsior* L., espécie de ocorrência em toda a Europa temperada em baixas e médias altitudes, ocupando lugares com grande amplitude no que se refere a disponibilidade de água. As árvores foram estratificadas por sexo, sitio e posição sociológica, em três locais: várzea; encosta: floresta mista e fechada; e encosta: floresta 10 anos após o corte de liberação dos freixos. O autor obteve resultados preliminares, em 2 anos de avaliação, nos quais concluiu que a pluviosidade influenciou positivamente no incremento em diâmetro. A diminuição dos troncos se deu, sobretudo pela época de seca e no período extremamente frio. Concluiu ainda que a árvore com menor concorrência produza o dobro do incremento em diâmetro, mas também apresentam uma copa bem maior. Com relação à variável sexo, as árvores não apresentaram resultados diferenciados na época de seca, mas no período chuvoso, o indivíduo masculino apresentou um crescimento superior ao feminino.

2.5 Modelagem do crescimento das árvores e competição entre elas

Segundo Spathelf e Nutto (2000), a utilização da modelagem na área da ciência florestal vem de longa data e tem uma grande tradição, sobretudo, quando se trabalha com os métodos quantitativos de modelagem.

Desde o surgimento das florestas manejadas, houve à necessidade de influenciar e prognosticar o seu crescimento com o fim de planejar e controlar a produção da matéria-prima. Obter informações sobre o crescimento, a produção e a qualidade dos produtos madeiráveis são imprescindíveis para um planejamento, economicamente sustentável e ecologicamente correto e, nesse momento, tornam-se importantes as técnicas de modelagens, pois estas permitem avaliar e analisar o crescimento de uma árvore e povoamento.

Buscando um melhor esclarecimento sobre a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento das espécies e melhorar a condução de povoamentos mistos e de múltiplas idades, foram desenvolvidos os primeiros modelos de crescimento de árvores singulares, na década de 60, na América do Norte. Conforme Hasenauer (1997), o primeiro modelo de

crescimento de árvore singular foi desenvolvido por Newhan, no ano de 1964, para povoamentos puros.

Os modelos geralmente não são perfeitos, sobretudo aqueles em que se utilizam fenômenos biológicos, sendo considerados como uma representação simplificada da realidade, auxiliando no entendimento dessa realidade e dos processos que a envolvem (SPATHELF e NUTTO, 2000),.

A utilização dos modelos matemáticos vem sendo, cada vez mais, aplicada em estudos ambientais, pois ajudam a compreender o impacto das mudanças, no uso e cobertura da terra e prever alterações futuras nos ecossistemas, sobretudo no que tange a produtividade e a proteção das florestas. Nesses casos os modelos tornam-se imprescindíveis para prognoses dos futuros recursos florestais; escolha de alternativas silviculturais; apoio à tomada de decisões no manejo e na política florestal.

Além dos povoamentos homogêneos e equiâneos cujo objetivo principal é a produção de volume máximo, as florestas mistas e estruturadas ganham em importância, mas para estas as tabelas de produção estatísticas não são as mais apropriadas. Pelo contrário, são necessários modelos dinâmicos capazes de estimar o crescimento, a produção e a qualidade de árvores individuais, sendo baseados em fatores biológico-explicativos (SPATHELF e NUTTO, 2000).

Segundo Davis e Johnson (1986), os modelos de crescimento e produção se classificam em modelos de povoamentos globais, modelos por classes de diâmetro e modelos para árvores individuais. Nos modelos de árvores, a simulação do crescimento de um povoamento é feita com base na simulação conjunta das árvores que o constituem. Nesse modelo, prevê-se o crescimento médio de cada árvore, considerando a influência das características do povoamento onde ela está inserida. Um dos aspectos fundamentais dessa simulação é a avaliação dos efeitos da competição intra-específica no crescimento das árvores e sua condensação numa fórmula matemática, o chamado índice de competição (IC).

Os autores ainda citam que os modelos de árvores individuais são modelos mais complexos e individualizados em relação aos demais, considerando cada árvore como uma amostra na população. A maioria desses modelos calcula um índice de competição de copa (ICC) para cada árvore, usado para determinar se a árvore vive ou morre. Se vive ela cresce em termos de diâmetro, altura e tamanho de copa.

A distinção entre os diversos tipos de modelos de árvores individuais está no índice de competição de copa (ICC) que é calculado. Se o ICC é baseado na medição da distância entre

a árvore considerada em relação às demais árvores adjacentes dentro de uma zona determinada, que estão competindo por luz, água e nutrientes, então este é chamado dependente da distância (Davis e Johnson, 1986). O crescimento individual da árvore é simulado em razão do seu tamanho, da qualidade do local e de uma medida de competição entre as árvores (condição espacial).

Campos (1997) relata que o índice de competição varia de modelo para modelo, mas de modo geral é função do tamanho da árvore em relação ao tamanho e à distância das competidoras.

Esses modelos podem levar ou não em conta a evolução da copa das árvores. Nos modelos que se analisa a evolução da copa das árvores, é necessário primeiramente, estudar a copa viva quando não existe competição com os vizinhos para, posteriormente, analisar as interações com o restante do povoamento (PRODAN et al., 1997).

No entanto, se o ICC considerar somente as características da árvore selecionada, agregando características do povoamento, então o modelo é dito independente da distância. Os modelos independentes da distância caracterizam o povoamento pelo número e dimensão de cada uma das árvores, porém sem ter em conta a sua localização no terreno. Para sua elaboração, necessitam-se de um modelo de crescimento em altura dominante, de um modelo de crescimento em diâmetro ou em área basal e de um modelo que expresse a mortalidade natural (DAVIS e JOHNSON, 1986).

Nos modelos para árvores individuais independente da distancia, o IC é baseado na comparação das características de uma árvore (proporção da copa, diâmetro a altura do peito e altura total) em relação a todas as outras árvores em uma amostra como, por exemplo, a razão entre o diâmetro da árvore e o diâmetro médio (GUIMARÃES, 1994). Esse tipo de modelo assume que todas as espécies e tamanhos de árvores estão uniformemente distribuídos no povoamento.

Segundo Bella apud ABREU (2000), nos modelos para árvores individuais, o crescimento de cada árvore é projetado individualmente, a partir de equações apropriadas, e os resultados em relação ao povoamento são obtidos pela soma dos valores individuais.

Conforme Schneider (1993), a competição é um dos fatores ecológicos mais importantes no manejo florestal, já que quase-todas as intervenções estão relacionadas com a manipulação desse fator ou das condições que o afetam. Dessa forma, regular a competição existente num povoamento florestal é de suma importância para o seu crescimento.

O fator de competição e/ou concorrência está diretamente relacionado com o espaço vital que cada uma tem disponível para o seu desenvolvimento. As árvores que competem se encontram envolvidas numa luta dinâmica pela existência em que muitas acabam finalmente por ser eliminadas por intermédio da seleção natural (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960).

Existem diferentes formas de descrever e modelar a competição entre as árvores. Vários estudos a esse respeito podem ser encontrados em Daniels et al. (1986), Durlo (1996), Hasenauer (1997), entre outros, que usaram as próprias características dimensionais das árvores, como diâmetro, porcentagem de copa, altura de copa, etc.

O desenvolvimento da copa em relação à concorrência, sobretudo no comprimento, diâmetro e, conseqüentemente, em sua superfície, é modificado por dois fatores: a luz, pois quanto mais denso o povoamento, menos luz entra nas camadas mais baixas; e o vento, o qual, ao atingir as árvores a certa altura, faz com que as copas se movam e os galhos compridos se toquem, podendo se quebrar no contato com árvores vizinhas. No primeiro fator, tem-se ainda que a incidência lumínica abaixo de certo limite mínimo sobre as espécies pode, dependendo da espécie, provocar a morte dos galhos ou o aparecimento de galhos novos com menores diâmetros e comprimentos na estrutura da copa.

Segundo Kramer e Koslowski (1960), é bem possível que as árvores em povoamentos, com grande competição, possuam suas reservas insuficientes para se desenvolver de forma rápida e satisfatória. Além disso, pode ser que tais árvores contenham uma grande proporção de folhas de sombra comparativamente àquelas que recebam a exposição solar direta, sendo, portanto, as árvores sombreadas danificadas.

2.6 Modelagem e as variáveis meteorológicas

Korol et al. (1997) destacam que, com a possibilidade de mudanças significativas no clima em escala global, é necessário desenvolver modelos de crescimento e produção, incluindo uma variável climática, que podem responder potencialmente a essas mudanças. Esses mesmos autores desenvolveram uma pesquisa na qual estudaram o modelo TREE-BGC, uma derivada do modelo ecofisiológico FOREST-BGC para testar se estimativas de área basal e volume coincidem com os observados, se podem ser distribuídas para árvores individuais no povoamento e para analisar e comparar a dinâmica do povoamento, incluindo

estrutura, densidade e crescimento, simulando esse comportamento ao final de um período de 100 anos.

O modelo biogeoquímico FOREST-BGC, calcula a interceptação e evaporação no dossel, transpiração, fluxo de água no solo, fotossíntese, crescimento e manutenção da respiração, distribuição de carboidratos, queda de detritos e decomposição e a mineralização do nitrogênio, com o objetivo de avaliar os diferentes impactos da radiação solar na estimativa da produção de fotossíntese.

Os modelos biogeoquímicos foram desenvolvidos para estudar o ciclo do carbono, água e nitrogênio em ecossistemas florestais. Estes são conduzidos pelos elementos meteorológicos, como a temperatura, precipitação, umidade e radiação solar. Enquanto a temperatura e a precipitação são geralmente disponíveis nas estações meteorológicas, a umidade do solo e a radiação solar são restritas a um pequeno número de estações e na falta dessas informações, elas têm sido estimadas (HASENAUER e LEXER, 1999).

A adição ou não de fatores climáticos, nos modelos de crescimento de árvores individuais, não é diretamente considerada, mas, sim, tida como constantes para a área de validade do modelo, na medida em que, por exemplo, o modelo considere a região fisiográfica, a altitude do local, ou mesmo determinadas variáveis de microsítio, inclinação e exposição solar (SOUZA, 2005).

Para Durlo (1996), as variáveis edáficas são convenientemente incluídas nos modelos de forma integrada em parâmetros como inclinação do terreno, exposição solar e degradação do solo.

Na formulação de modelos, não se deve desconsiderar que o comportamento e o desenvolvimento das espécies arbóreas dependem de diversos fatores ambientais e/ou antrópicos, como a intensidade e qualidade de luz, a disponibilidade de água e nutrientes, a presença ou não de fatores perturbadores, como fogo, limpeza do sub-bosque, pastoreio, erosão além dos fatores do entorno e vizinhança que podem regular o comportamento desses indivíduos (RODRIGUES e GANDOLFI, 2001).

Quando se avalia o crescimento e umidade presente no solo, considera-se que o crescimento não é um fator controlado pela umidade, mas pelo equilíbrio hídrico da planta, que, por sua vez, é regulado pelas intensidades relativas de absorção e de transpiração, sendo, por essa razão, afetado tanto pelas condições de umidade do solo como pelas atmosféricas (FERRI, 1979).

O crescimento das árvores está intimamente relacionado com o consumo e a disponibilidade de água. Quanto mais força a planta necessitar exercer para retirar água do solo, mais energia gasta, e durante mais tempo os estômatos permanecem fechados. Falta de água se manifesta geralmente de forma mais imediata no incremento em diâmetro, pois este ocorre normalmente durante um período mais longo, enquanto o incremento em altura tende a ocorrer em períodos relativamente menores (ANDRAE, 1978).

O excesso ou insuficiência de água disponível no solo causa um decréscimo na taxa fotossintética refletindo na diminuição do crescimento das plantas.

Jacoby (1989) relata que as variações de temperatura, precipitação, radiação solar, entre outros elementos meteorológicos, são mais significativos em áreas de clima temperado do que em climas tropicais, quando discutido o ritmo de crescimento das árvores. Contudo, estudos de fenologia têm demonstrado uma nítida periodicidade desses eventos na produção e queda das folhas, frutificação e floração, induzidos por elementos meteorológicos refletindo na atividade cambial e na formação de anéis de crescimento.

A influência da temperatura e precipitação sobre a distribuição e o crescimento das florestas é demonstrada pela alta correlação existente entre esses aspectos e as classificações climáticas, como as feitas por Merriam, Köppen e Thornthwaite (SPURR e BARNES, 1973).

Para Oliver e Larson (1996), o vigor e a competitividade para cada árvore ou espécie variam com a temperatura, umidade e condições do solo. Conseqüentemente, o nicho de uma determinada espécie é geralmente encontrado sobre um gradiente climático. O clima se torna progressivamente mais frio e úmido no sentido dos pólos e das maiores altitudes, e, portanto, as mesmas espécies podem ser encontradas em grandes altitudes e baixas latitudes e vice-versa. Uma mudança de altitude de 300 metros se equivale a aproximadamente 160 quilômetros de latitude em zonas climáticas similares.

Em estudo realizado nas montanhas do Colorado nos Estados Unidos, objetivando avaliar a taxa de crescimento do tronco de árvores Villalba e Webblen (1994), verificaram que indivíduos localizados em áreas mais secas tinham maior correlação entre a atividade cambial e as variações meteorológicas do que aqueles indivíduos localizados em lugares com maior umidade, comprovando as relações existentes entre vigor e desenvolvimento de uma árvore ou espécie, e condições meteorológicas, como temperatura e umidade, e condições edáficas.

Worbes (1999) também estudou a influência das flutuações climáticas sobre o crescimento de 37 espécies florestais localizadas na Reserva Florestal de Caparaó, na

Venezuela. Observou que a atividade cambial foi mais alta no período das chuvas decrescendo no período seco até a dormência cambial.

A variabilidade no regime hídrico pode acarretar alterações nas taxas de crescimento arbóreo (CLARK e CLARK, 1994; VETTER e BOTOSSO, 1989), uma vez que a precipitação é a maior fonte de umidade do solo e, conseqüentemente, a principal fonte de água para a vegetação.

A deficiência de água no solo leva à diminuição gradual da fotossíntese pela maior resistência à fixação do CO₂ em conseqüência do fechamento dos estômatos (NEPSTAD et al., 2002).

Ishii (2000) avaliou ritmos de crescimentos de *Genipa americana*, *Inga vera ssp affinis*, *Tabebuia aurea*, *Tabebuia heptaphylla* e *Vochysia divergens*, espécies do pantanal, durante dois anos e observou que o ritmo de crescimento era relacionado com a sazonalidade das chuvas não havendo crescimento no período de seca e crescimento limitado nas estações de inundações, quando as espécies ficavam por um longo tempo com solos cobertos por água, o que causou estresse hídrico nas plantas.

O mesmo fato foi observado por Teixeira (2000) quando estudou três árvores de *Crataeva tapia*, espécie freqüente na mata ciliar do rio Paraguai, sendo uma espécie adaptada às áreas inundáveis, passando grande parte do tempo em solo alagado. Verificou que o crescimento em diâmetro, dos indivíduos estudados foi pequeno, não havendo grandes diferenças entre o início e final do experimento. O crescimento ocorreu em especial, no período em que não houve precipitações elevadas, sugerindo que, para espécie *Crataeva tapia*, a dormência cambial pode ser causada pela inundação como ocorre em algumas espécies das áreas inundadas da Amazônia Central.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização e descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (Figura 3). Localizada no Rincão dos Kröeff, no município de São Francisco de Paula, a 27 km da sede do município, entre as coordenadas 29°23' e 29°27' de latitude Sul e 50°23' e 50°25' de longitude Oeste, na Serra Gaúcha, região nordeste, microrregião dos Campos de Cima da Serra, na borda do Planalto, zona de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista.

A Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP) apresenta uma área total de 1.606,69 hectares, sendo 901,9 ha de florestas nativas (56,1%), 476,9 ha de florestas plantadas (29,7%) e 227,9 ha de áreas não-estocadas e situa-se a 930m acima do nível do mar (IBAMA, 2000).

A área plantada se divide em 321,3 ha de *Araucaria angustifolia* (20,0%), 141,5 ha de *Pinus* sp. (8,8%), 9,9 ha de floresta mista *Araucaria angustifolia* e *Pinus elliottii* Engelm. (0,6%) e 4,1 ha de *Eucalyptus* sp. (0,255%).

A temperatura média anual é de 14,5°C, a média das máximas do mês mais quente é de 20°C e a do mês mais frio é de 5,7°C; a máxima absoluta é de 34°C e a mínima absoluta é de -6,5°C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante os meses de abril a novembro (BACKES e IRGANG, 2002).

Os solos, de acordo com a antiga classificação taxonômica (BRASIL, 1973), pertencem à unidade de mapeamento Bom Jesus, classificado (IBAMA, 2000) como Cambisol Húmico Álico, de textura argilosa, substrato basáltico, de teor ácido.

Oliveira (1992) descreve-os como solos minerais não-hidromórficos, com drenagem variando de acentuada até imperfeita, horizonte A seguido de B incipiente, não-plúntico, de textura franco-arenosa ou mais fina.

Ainda, segundo o mesmo autor, o Cambissolo em questão é do tipo álico, por causa dos elevados teores de alumínio trocável, com o horizonte A húmico ou proeminente e argiloso ou muito argiloso, com agravação de ocorrer em regiões de clima frio e úmido, sendo ideal para fruticultura de clima temperado, pastagens e reflorestamento.

O solo da região se enquadra na unidade de mapeamento Bom Jesus, sendo pouco desenvolvido e classificado como Cambisol Húmico (BRASIL, 1973). Suas principais características são: álico, textura argilosa, relevo ondulado a fortemente ondulado e substrato basáltico. Predominam solos moderadamente drenados, de coloração escura e bruno avermelhada, friáveis, ácidos e com baixa saturação de bases, apresentando teores elevados de alumínio trocável e de matéria orgânica, chegando a 5% no horizonte A.

A variação mais freqüente, nesses solos, é a ocorrência de perfis mais rasos, com horizonte B menos profundo, perfis litólicos, perfis hidromórficos de altitude e afloramentos de rochas. O solo, em razão do relevo, aliado a uma precipitação média elevada, é susceptível a erosão.

A partir de 1999, a identificação dos solos foi atualizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SBCS (EMBRAPA, 1999), facilitando a comunicação e a extrapolação de informações entre usuários dos solos (STRECK et al., 2002). Nela, de maneira geral, os Cambissolos são considerados solos em processo de transformação, razão pela qual têm características insuficientes para serem enquadrados em outras classes de solos mais desenvolvidos, apresentando como uma de suas características principais a presença de fragmentos de rocha no seu perfil, atestando um baixo grau de alteração do material (EMBRAPA, 1999).

Em se tratando dos solos componentes da região, segundo Streck et al. (2002), os Cambissolos Húmicos ocorrem em ambientes nos quais a alta pluviosidade e as baixas temperaturas favorecem a acumulação da matéria orgânica, sendo, portanto, encontrados na região dos Campos de Cima da Serra, em relevo ondulado a forte ondulado, em associação

com Neossolos Litólicos.

O clima da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Cfb”, mesotérmico médio (MORENO, 1961). Esse clima domina as cotas altimétricas entre 1.000 e 1.100 m no nordeste do Rio Grande do Sul.

Segundo Nimer (1990), na região, há pelo menos um mês com temperatura média inferior a 10°C, possuindo inverno acentuado cujo frio é uma constante dia e noite, e verão cujo calor é praticamente ausente, pelo efeito da altitude, que determina uma temperatura média anual muito baixa, situando-se entre 12 e 14°C na superfície de Vacaria-Lages-São Joaquim. Mesmo assim, enquanto o verão se caracteriza por temperaturas muito amenas, o inverno é caracterizado por constante e acentuado frio.

No inverno a temperatura cai diariamente a níveis próximos de 0°C. Por esse motivo, a média das mínimas diárias mantém-se abaixo de 6°C durante todo o inverno. A nevada, embora não seja um fenômeno muito comum, não constitui uma raridade, como ocorre nas áreas de Clima Mesotérmico Brando. Decorre daí que o inverno, nessas áreas de Clima Mesotérmico Médio “Cfb”, possui média térmica inferior a 10°C, pelo menos em julho, seu mês mais frio (NIMER, 1990).

Os ventos dominantes são NE e N, na região ocorrem 92 dias de nevoeiro por ano, influenciado, sobretudo pela Serra do Mar. O relevo é ondulado na parte norte com altitude de 930m, e na parte Sul é acidentado formando Cânions com mais de 100 m de profundidade, característico da área onde foi realizado o estudo (IBAMA, 2000).

3.2 Dados meteorológicos

No estudo, foram utilizados dados meteorológicos, os quais foram coletados no 8º Distrito de Meteorologia, DISME/INMET com sede em Porto Alegre, RS. Os dados utilizados se encontram na Tabela 1, e correspondem aos dados da estação meteorológica de Cambará do Sul, distante 48 km da área de estudo. A estação de Cambará do Sul se encontra a 905 m de altitude, sendo as condições da estação com disponibilidade de dados que mais se aproximam das condições da área em estudo em um raio de 50 km.

Tabela 1 – Variáveis meteorológicas utilizadas para análise do crescimento obtidos na Estação Meteorológica de Cambará do Sul, RS.

Ano/Mês	$T\bar{x}$	$T\bar{x}_{\max}$	$T\bar{x}_{\min}$	Extr. _{max}	Extr. _{min}	Ppt mm	Dias Ppt	UR%	V.V	Nº. G	Evap _m	ETP
2003 Ago	10,1	17,9	4,0	26,3	-3,0	47,7	8	71	2,2	12	128	2,76
2003 Set	12,5	20,1	6,7	29,4	-2,9	64,3	8	75	1,9	4	110	0,00
2003 Out	15,3	21,5	10,1	28,0	3,7	211,3	12	80	1,8	2	53,3	112,94
2003 Nov	16,9	22,3	11,9	29,0	3,0	93,4	13	80	1,9	0	75,2	-21,94
2003 Dez	16,8	22,9	11,6	26,4	3,9	218,9	10	82	2,2	1	58,5	97,48
2004 Jan	18,3	24,3	13,0	28,1	4,1	106,1	16	84	1,5	0	63,5	-30,97
2004 Fev	17,0	23,1	11,9	27,5	7,5	153,2	12	83	1,7	0	62,9	47,09
2004 Mar	16,8	22,5	12,3	27,8	7,3	235,8	18	85	2,1	0	66,9	128,54
2004 Abr	16,8	22,6	11,9	27,7	4,4	69,9	15	83	1,7	0	66,4	-26,23
2004 Mai	10,9	15,6	6,9	21,4	-2,1	175,8	21	89	2,0	5	34,7	125,88
2004 Jun	12,4	18,1	7,6	23,8	-4,0	63,6	11	82	1,7	5	57,5	8,67
2004 Jul	9,6	15,8	4,3	23,6	-6,4	144,4	11	84	2,0	11	65,5	105,39
2004 Ago	12,3	19,9	6,3	25,4	-1,7	40,2	7	77	1,8	3	87,0	-20,37
2004 Set	14,9	20,0	7,2	26,3	1,0	248,0	13	81	2,2	0	84,8	163,63
2004 Out	13,7	20,5	8,0	27,4	1,3	138,2	7	79	2,3	5	82,8	54,99
2004 Nov	15,8	21,4	10,7	26,6	2,7	166,7	13	82	1,7	0	25,3	62,51
2004 Dez	17,0	22,3	11,9	27,6	7,0	95,1	13	82	2,2	0	69,9	-28,52
2005 Jan	19,3	25,6	13,7	30,2	4,9	69,8	10	82	1,9	1	79,6	-78,77
2005 Fev	18,1	23,7	13,3	27,0	8,5	69,5	14	84	1,9	0	58,9	-47,18
2005 Mar	18,0	23,9	13,2	30,0	9,4	145,6	9	84	1,8	0	69,0	26,53
2005 Abr	15,4	21,0	10,9	28,1	4,5	131,9	18	86	1,6	0	52,3	47,64
2005 Mai	14,2	19,9	9,0	25,4	-1,1	168,9	18	82	1,6	2	67,2	94,39
2005 Jun	13,6	18,7	9,6	24,6	-1,3	108,0	15	86	1,4	3	47,7	44,82
2005 Jul	10,3	16,3	5,5	25,2	-3,4	138,8	11	83	1,9	3	64,0	95,40
2005 Ago	13,3	19,6	8,3	27,4	0,5	306,7	13	80	2,4	1	102	238,51
2005 Set	10,4	15,8	5,9	26,4	0,3	197,2	17	87	2	0	42,1	148,26
2005 Out	14,8	20,8	10,4	28,6	4,8	278,1	19	86	1,6	0	55,5	184,57
2005 Nov	16,2	22,5	10,5	29,2	2,5	151,2	11	80	1,1	0	54,3	42,99
2005 Dez	16,6	23,0	11,7	28,0	7,1	94,8	13	84	2	0	71,4	-24,44
2006 Jan	19,8	26,0	14,9	31,5	11,2	204,3	17	84	1,5	0	73,5	49,86
2006 Fev	18,4	24,3	14,1	30,8	10	87,5	16	87	2,1	0	55,1	-32,12
2006 Mar	18,0	23,9	13,3	29,6	4,1	189,4	14	85	1,7	0	64,2	70,33
2006 Abr	14,6	20,8	9,7	25,4	3,3	69,4	11	83	1,6	0	60,1	-8,32
2006 Mai	14,0	19,0	9,0	26,0	1,0	198,0	8	76	2,0	2	64,0	125,07
2006 Jun	15,5	20,0	11,0	26,0	1,0	104,0	9	78	2,0	1	62,0	26,97
2006 Jul	16,6	22,0	11,0	26,0	-1,0	72,5	8	81	2,2	2	67,0	-16,93
2006 Ago	14,5	21,0	8,0	28,0	-2,0	89,0	8	82	2,0	2	66,0	11,28

$T\bar{x}$ = temperatura média do mês, em °C; $T\bar{x}_{\max}$ = temperatura média das máximas no mês, em °C; $T\bar{x}_{\min}$ = temperatura média das mínimas no mês em, °C; Extr._{max} = Temperatura extrema máxima encontrada no mês em, °C; Extr._{min} = Temperatura extrema mínima encontrada no mês em, °C; Ppt_{mês} = precipitação total mensal em mm; Ppt_{dias} = dias de precipitação no mês; UR = umidade relativa do ar em, %; V.V = velocidade do vento em, km/h; N.G = número de geadas no mês; Evap_m = Evaporação mensal em mm; ETP = Evapotranspiração Potencial.

FONTE: 8º Distrito de Meteorologia /Instituto Nacional de Meteorologia (Porto Alegre, RS)

Os dados avaliados abrangem o período de agosto de 2003 a julho de 2006 e foram: temperatura mensal, temperatura média das máximas, temperatura média das mínimas, temperatura extrema máxima, temperatura extrema mínima, umidade relativa do ar, precipitação, evaporação mensal, velocidade do vento, número de geadas mensais.

Para o cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP), segundo o método de Thornthwaite, são necessárias, como dados básicos, as temperaturas e as precipitações mensais (Thornthwaite e Mather, 1957).

Para tanto, foram usadas as seguintes equações:

$$ETP = ETP_N \times FC$$

$$ETP_N = 16 \times \left(\frac{10 * T}{I} \right)^a$$

sendo: ETP = evapotranspiração potencial mensal, mm;

ETP_N = evapotranspiração potencial mensal não ajustada, mm;

T = temperatura média mensal, °C;

I = índice de calor anual (soma dos 12 índices mensais de calor 'i');

i = índice mensal de calor dado por:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$$

a = função cúbica do índice I, obtida pelo desenvolvimento em série do 'I':

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,492;$$

FC = fator de correção (função do comprimento do dia médio do mês (N) e do número (n) de dias do mês, dado por:

$$FC = \left(\frac{n}{30} \right) * \left(\frac{N}{12} \right)$$

3.3 Caracterização da área de amostragem e seleção de árvores amostras

Para o estudo do crescimento, foram selecionadas árvores-amostras de *Araucaria angustifolia*, pertencentes a cinco talhões com as características de plantio e intervenções silviculturais conforme relacionado na Tabela 2.

Para o estudo do número de árvores femininas e masculinas, foi necessário identificar os indivíduos. A identificação foi executada em duas etapas. Primeiramente foram identificados os indivíduos do sexo masculino, nos meses de outubro a novembro, período da polinização ou maturação dos estróbilos. Nesse período, os estróbilos masculinos se tornam visíveis apresentando coloração castanha, e as fêmeas eram identificadas simultaneamente, sempre que possível. Não o sendo, as fêmeas eram identificadas posteriormente nos meses de março a julho, pela presença do material reprodutivo (pinhas). Essa identificação foi confirmada em anos posteriores.

Para este estudo e de distribuição de frequência por classe diamétrica, foram levantados dados de uma área de 43,34 ha de floresta plantada com *Araucaria angustifolia*, correspondente aos talhões discriminados na Tabela 2.

No estudo, realizado na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, foram tomados por base o cadastro dos talhões e o mapa de sítios naturais confeccionados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA (1989), em que foram identificados os talhões de *Araucaria angustifolia* pertencentes a duas classes de idade, 40 anos e 60 anos (Figura 3).

Tabela 2 – Talhões de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, selecionados para estudo FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Talhão	Área (ha)	Ano de plantio	Espaçamento inicial (m)	Nº Desbastes
1 C	6,59	1946	2,0 x 1,5	04
1 D	8,40	1946	2,0 x 1,5	04
1 E	6,99	1946	2,0 x 1,5	04
1 F	11,53.	1946	2,0 x 1,5	04
26	8,83	1965	2,0 x 1,5	02

FONTE: Ibama (1989)

Para as duas classes de idade foram considerados sítios naturais classificados como bom e ruim onde foram selecionados 96 indivíduos para o estudo de crescimento. Em cada sítio e idade, foram tomados aleatoriamente três pontos amostrais, e, em cada um dos pontos, foram identificadas e amostradas oito árvores; quatro femininas e quatro masculinas, perfazendo um total de 12 pontos amostram, com 96 árvores no total conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Amostragem realizada na área para a escolha das 96 árvores amostras de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA, São Francisco de Paula, RS. 2006.

Classe idade							
40 anos				60 anos			
Sitio Bom		Sitio Ruim		Sitio Bom		Sitio Ruim	
4F	4 M	4F	4 M	4F	4 M	4F	4 M
4 F	4 M	4 F	4 M	4 F	4 M	4 F	4 M
4 F	4 M	4 F	4 M	4 F	4 M	4 F	4 M
12 Total	12 Total	12 Total	12 Total	12 Total	12 Total	12 Total	12 Total
96 árvores amostras							

Para cada uma das árvores selecionadas, foram avaliadas as condições locais de crescimento pela determinação da posição sociológica, circunferência à altura do peito (**cap** = 1,30m), altura total, altura de inserção da copa, raios de copa, distância da árvore com fitas em relação às árvores concorrentes, dentro de cada um dos 12 pontos amostrados.

O levantamento da circunferência a altura do peito (**cap**) foi importante para a confecção das cintas dendrométricas permanentes que foram instaladas, em cada uma das árvores, para posterior avaliação do crescimento dos indivíduos.

A posição do diâmetro à altura do peito foi materializada, mediante pintura em cada uma das árvores selecionadas. As árvores femininas receberam a coloração vermelha e as do sexo masculino receberam a coloração amarela (Figura 4). Na base da árvore, foi fixada uma etiqueta contendo o número da árvore dentro do ponto amostral.

As cintas dendrométricas foram confeccionadas de forma manual com base na medida da circunferência à altura do peito (**cap**) de cada indivíduo arbóreo.



Figura 4 – Árvores do sexo feminino (A) e masculino (B) de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze com respectivas cintas dendrométricas. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Os levantamentos foram efetuados quinzenalmente partindo da instalação do aparelho, sendo desprezada as primeiras medições efetuadas nos dois primeiros meses por causa do tempo de ajuste e acomodação do aparelho. As medições foram realizadas durante 3 anos ocasionando assim uma análise do crescimento quinzenal, mensal e anual.

O número das árvores foi registrado em ordem seqüencial de medição, dentro de cada um dos pontos amostrais, correspondentes ao da etiqueta fixada no fuste no lado leste das árvores, a uma altura de 30 cm do solo.

3.4 Coleta dos dados

3.4.1 Variáveis mensuradas

Para cada árvore central selecionada dentro do ponto amostral, anotaram-se as seguintes informações dendrométricas:

- a) Código da árvore: iniciando pela árvore-amostra (*Araucaria angustifolia*) atribuindo-lhe o código que variava de 0 a 8 conforme o ponto amostral;
- b) Circunferência à altura do peito (cap): medida com fita métrica, em centímetros, a 1,30m acima da superfície do solo;
- c) Altura do fuste: medida com hipsômetro Vertex, em metros, considerando a distância do solo até o ponto de inserção da copa;
- d) Altura da copa: diferença entre altura total e altura do fuste, medida com hipsômetro Vertex, em metros;
- e) Altura total: medida com hipsômetro Vertex, em metros;
- f) Raios de copa: medidos com auxílio de bússola e Vertex, em metros, em 04 direções fixas: norte, sul, leste, oeste (Figura 5).
- g) Coordenadas: medida em ângulo e distância. Essas coordenadas locavam a posição das seis árvores mais próximas em relação à árvore-amostra (central) dentro de cada ponto amostral. Para medição do ângulo azimutal, utilizou-se instrumento artesanal contendo escala numerada de 0 a 360°, e ainda, quatro posições cardeais para medição dos raios de copa. Inicialmente, fixava-se o instrumento junto à árvore amostra (central), em seguida, este é orientado na direção norte, efetuando-se, dessa forma, a medição do ângulo com auxílio da mira de observação. Para medição da distância, utilizou-se o hipsômetro Vertex.

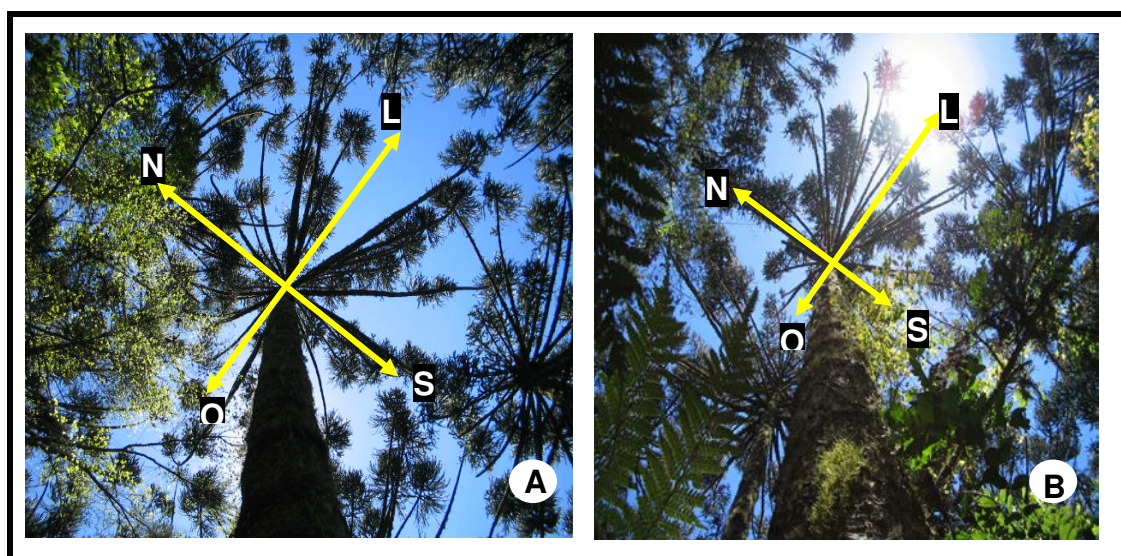


Figura 5 – Medição dos raios das copas das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (A) indivíduo com copa bem distribuída. (B) indivíduo com copa mal distribuída. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

h) Posição sociológica: compreendendo a posição vertical da árvore central em relação às suas vizinhas. O indivíduo foi classificado em: (1) dominante e co-dominante, (2) dominado e/ou suprimido;

Além destas também foram registradas informações, tais como:

a) Número do ponto amostral em que ocorria a árvore central;

b) Pedregosidade: analisou-se a presença de afloramento de rochas no local do ponto amostral, classificando em: (1) com afloramento, (2) afloramento médio e (3) afloramento baixo e/ou nenhum;

c) Posição no terreno: observando a posição da árvore no terreno, atribui-se (1) platô, (2) encosta e (3) baixada;

d) Vitalidade: as copas também foram classificadas de acordo com a vitalidade e distribuição da copa no eixo da árvore. Para avaliar a vitalidade foi observada a quantidade de folhas verdes e distribuição destas na copa das árvores bem como sanidade. Com relação à vitalidade as árvores, foram classificadas em: (1) vitalidade alta; (2) vitalidade média e (3) vitalidade baixa.

e) Disposição dos galhos: em relação à disposição dos galhos no eixo da árvore, avaliou-se se eram bem distribuídos em todos os quatro quadrantes e de forma homogênea, recebendo a classificação (1) copa distribuída nos quatro quadrantes; (2) copa distribuída em três quadrantes; e (3) copa distribuída em dois ou um quadrante.

3.4.2 Variáveis morfométricas

As variáveis morfométricas foram estimadas visando a descrever as relações dimensionais das árvores amostras e fazer inferência sobre o crescimento destas. Sendo mensurados:

a) L_c : comprimento da copa, em metros;

b) d_c : diâmetro da copa, em metros;

d) h/d : relação altura pelo diâmetro, em que:

$$h/d = \frac{h}{d}$$

Sendo: h = altura total, em metros; d = diâmetro à altura do peito, em centímetros;

e) Índice de saliência (is), em $m.cm^{-1}$, em que:

$$is = \frac{dc}{d}$$

Sendo: dc = diâmetro de copa, em metros; d = diâmetro à altura do peito, em centímetros ;

f) Índice de abrangência (ia), em valor absoluto, em que:

$$ia = \frac{h}{dc}$$

Sendo: h = altura total, em metros; dc = diâmetro de copa, em centímetros;

g) fc : formal de copa, em valor absoluto, em que:

$$fc = \frac{dc}{Lc}$$

Sendo: dc = diâmetro de copa, em metros; Lc = comprimento de copa em metros;

O índice expresso pela relação entre diâmetro de copa e comprimento de copa é usualmente conhecido como formal de copa. Em geral, quanto menor esse índice, maior é a influência às árvores vizinhas na expansão lateral da copa da árvore considerada.

3.4.3 Variáveis de concorrência

Para as variáveis de concorrência a estimativa do espaço horizontal ocupado por cada árvore-amostra, em relação a suas vizinhas, ocorreu pela utilização dos seguintes índices de competição:

3.4.3.1 Índice de Glover e Hool (PRODAN et al., 1997)

$$I_{GH} = \frac{d_i^2}{\bar{d}^2}$$

Sendo: d_i = diâmetro da árvore considerada, em centímetros; \bar{d} = diâmetro médio das seis árvores vizinhas da considerada, em centímetros.

Este índice relaciona a dimensão da árvore considerada com a dimensão média das árvores vizinhas, dentro de uma área previamente estabelecida. Então, quanto menor for o índice, maior será a concorrência sofrida pela árvore.

3.4.3.2 Índice de BAL Modificado (Basal area larger)

$$BAL = \sum_{i=1}^n g$$

Sendo: n = número de árvores com circunferência a altura do peito maior que a árvore-amostra no ponto amostral; g = área transversal, em metros quadrados.

O índice de BAL busca quantificar a concorrência por espaço entre as árvores, considerando como competidoras aquelas com área basal maior que a árvore considerada. Logo, quanto maior o índice, maior a competição exercida sobre o indivíduo considerado (DELLA-FLORA, 2001).

3.4.3.3 Índice de Hegyi (Davis e Johnson, 1986)

$$I_H = \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{d_j} \right) \cdot \frac{1}{L_{ij}}$$

Sendo: d_i e d_j = diâmetro da árvore considerada e concorrente, em centímetro, respectivamente; L_{ij} = distância até a concorrente j , em metros;

O Índice de Hegyi é semelhante ao índice de BAL corrigido, com a diferença de desconsiderar a área basal no cálculo da concorrência. Portanto, de acordo com a relação desse índice, quanto maiores os valores de I_H , maior a competição entre as árvores.

3.4.4 Análise de correlação de Pearson

As avaliações do incremento em circunferência do tronco das árvores foram relacionadas com as condições climáticas, idade, circunferência a altura do peito (*cap*), altura total, altura da copa, diâmetro de copa, relação altura e diâmetro (h/d), posição sociológica, vitalidade, posição no relevo, exposição, temperatura, insolação, precipitação, umidade relativa, evaporação. Essa análise permitiu identificar as variáveis com influência em maior ou menor grau sobre o crescimento, servindo de auxílio na elaboração de modelos de crescimento em razão das variáveis ambientais.

3.4.5 Análise de Agrupamento (*Cluster*)

A determinação de grupos de crescimento foi realizada no pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 8.0, para verificar a ocorrência de padrões na distribuição do crescimento entre as árvores, associados às condições ambientais, climáticas e dendrométricas.

A análise é conhecida como análise de grupos, tipologia, método de diferenciação de indivíduos ou observações, ou ainda, método de classificação entre observações, considerando-se o método de *Ward* para auxiliar a classificação de grupos ou tipos. Essa diferenciação permite descrever o grau de semelhança entre pontos observáveis, tomando por base as variáveis que o definem, de tal maneira que os indivíduos de um mesmo tipo sejam semelhantes, e os outros tipos sejam bastante diferentes. Os dados são agrupados de maneira a atingir sempre o menor erro interno entre os vetores que compõe cada grupo e o vetor médio do grupo. Isto equivale a buscar o mínimo desvio padrão entre os dados de cada grupo.

No método de *Ward* os indivíduos são classificados em grupos. Para isso, são realizadas sucessivas fusões das *N* observações em grupos e os resultados são apresentados em um diagrama bidimensional ilustrando as fusões que são feitas nos sucessivos níveis. Esse processo inicia-se com a computação de matriz de distância entre observações ou pontos amostrais, sendo repetido em diferentes níveis até formar uma árvore mostrando as sucessivas fusões, culminando com a fase em que todos estão em um mesmo grupo, ou seja, segundo COUTINHO (1999) o processo termina quando os dados são reduzidos a um grupo único.

Este método permite reunir dados amostrados ou grupos de indivíduos mais semelhantes e separa em grupos distintos detentores de sistemas de produção diferentes.

3.4.6 Incremento em área basal (*ig*)

O incremento anual em área basal (*ig*) foi determinado partindo das áreas basais obtidas em cada um dos períodos de medição, tomando-se a relação:

$$ig = (d_e^2 \cdot \frac{\pi}{4}) - (d_a^2 \cdot \frac{\pi}{4})$$

Sendo: *ig* = incremento em área basal, em (cm²); *d_e* = diâmetro no final do período, em centímetros *d_a* = diâmetro no início do período, em centímetros; *i* = período considerado, em anos.

3.4.7 Seleção de variáveis para modelagem do incremento em área basal (*ig*)

No ajuste da equação de regressão para incremento em área basal, consideraram-se inicialmente como variável dependente o *ig* e como variáveis independentes as demais variáveis mensuradas e calculadas. Para tal, foi usado o programa SAS, Statistical Analysis System versão 8.0, por meio do procedimento GLM (General Linear Models).

As variáveis, incremento em área basal (*ig*) e demais variáveis, foram ainda transformadas, com o propósito de obter melhores ajustes. Além da forma aritmética, foram usadas transformações logarítmicas, quadráticas, cúbicas, inversas.

Selecionou-se a equação que apresentou maior coeficiente de determinação, menor coeficiente de variação e menor erro padrão da estimativa.

3.4.8 Análise de covariância do incremento em área basal (*ig*)

A análise de covariância utiliza conjuntamente dois procedimentos: análise de variância e análise de regressão (STEEL e TORRIE, 1960). Primeiramente, testa se há diferença de inclinação entre as curvas. Se não existir diferença, a hipótese da não-diferença entre níveis é testada.

O teste foi empregado para verificar as hipóteses da não-diferença em nível e inclinação entre as curvas de incremento em área basal das árvores estudadas.

Uma vez não existindo diferenças, tanto em nível como em inclinação, entre as árvores estudadas, torna-se possível a aplicação de uma função comum, ajustada para o conjunto de árvores, e que explique a variação do incremento em área basal percentual ao longo do tempo.

A análise de covariância foi realizada pelo SAS, no modo GLM (General Linear Models), com uso de variável dummy, associada à classe *Sexo e Sítio*. O uso da variável dummy foi necessário para transformar a característica qualitativa atribuída à árvore individual, em característica quantitativa, tornando-se, assim, passível de ser analisada estatisticamente. Nessa análise, foram observadas as significâncias dos valores da estatística *F*, relacionadas com a classe *sexo*, a fim de verificar a hipótese de igualdade de nível, e a significância do valor de *F* relacionada à interação *sexo*sítio*, para verificar a hipótese de igualdade de inclinação entre as árvores amostras.

3.4.9 Modelagem do incremento em área basal (*ig*)

A modelagem consiste no procedimento estatístico com o propósito de ajustar um modelo de regressão composto por variáveis que se relacionam mutuamente (SCHNEIDER, 1998). O autor afirma ainda que, dentre os métodos mais utilizados para

modelagem de uma equação, estão o método de seleção *forward*, o método de eliminação *backward* e o método de regressão *stepwise*.

Os incrementos em áreas basais foram modelados pelo procedimento *forward* de eliminação de variáveis. Nesse processo, a formação do modelo matemático teve início pela variável independente mais correlacionada com a dependente, incluindo, nos passos seguintes, as variáveis independentes com maiores correlações parciais para, posteriormente, serem testadas pelo teste de F.

A modelagem *forward* foi calculada no pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) Versão 8.0, no modo *f*, tendo como variáveis independentes os dados morfométricos, de concorrência, e variáveis meteorológicas, na forma logarítmica, quadrática, cúbica, inversa e raiz quadrada.

3.4.10 Seleção dos modelos

Na verificação da precisão dos modelos, foram observadas as estatísticas do coeficiente de determinação, coeficiente de variação, probabilidade de significância dos coeficientes, valor da estatística *F* e gráfico de resíduos entre os dados observados e estimados pelos modelos.

3.4.11 Distribuição gráfica dos resíduos

Também para escolha do melhor modelo, considerou-se a distribuição gráfica dos resíduos, sendo selecionado o modelo que apresentou menor variação dos resíduos sem apresentar tendências de superestimar ou subestimar os valores calculados em relação aos observados ao longo da distribuição.

Para esse método, os desvios foram distribuídos graficamente em um sistema de eixos ortogonais com o eixo das ordenadas centrados no zero do eixo das abcissas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porcentagem de indivíduos masculinos e femininos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

De um total de 4.888 indivíduos mensurados em três talhões (C; E e F), reflorestados com Araucária, foram identificados, no talhão C, 531 indivíduos (35,15%) do sexo feminino e 980 do sexo masculino (64,85%); no talhão E, 707 indivíduos (44,95%) eram do sexo feminino e 866 (55,05%) do sexo masculino. No F, a mesma relação foi observada com 896 indivíduos, (49,67%) e 908 (50,33%) pertencentes ao sexo feminino e masculino, respectivamente. No conjunto as porcentagens de femininos e masculinos foram respectivamente, 43,65 e 56,35%.

Essa mesma relação observada entre árvores femininas e masculinas foi descrita por Bandel e Gurgel (1967) em povoamentos naturais não-desbastados, localizados nos três estados sulinos; e em alguns plantios no estado de São Paulo, nos quais encontraram uma proporção de 52,4% de indivíduos masculinos e 47,6% de indivíduos do sexo feminino. Resultado semelhante foi observado por Mattos (1972), com 55,2 % de indivíduos do sexo masculino contra 44,8% do sexo feminino.

Soligo et al. (2004), em povoamentos nativos localizados na FLONA-SFP, encontraram menor diferença entre arvores femininas e masculinas quantificando em 49,4 % de indivíduos masculinos e 50,6% de indivíduos do sexo feminino.

Na Tabela 4, encontra-se o número de árvores por sexo e o diâmetro médio nas três áreas analisadas.

Tabela 4 – Diâmetro médio e número de indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, classificados por sexo, em três talhões, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

Sexo	Talhão C (6,59ha.)	Talhão E (6,99ha)	Talhão F (11,53 ha)	Diâmetro Médio (cm)		
				Talhão C	Talhão E	Talhão F
Feminino	531	707	896	42,2	42,1	41,9
Masculino	980	866	908	38,5	38,5	38,5
Total	1511	1573	1804			

A análise da distribuição de frequência, na Figura 6, mostrou que o maior número de indivíduos, independente do sexo, encontra-se nas classes 35, 40 e 45 cm, sendo os indivíduos masculinos mais frequentes em todas as classes diamétricas, mas preponderada nas classes inferiores a 40 cm.

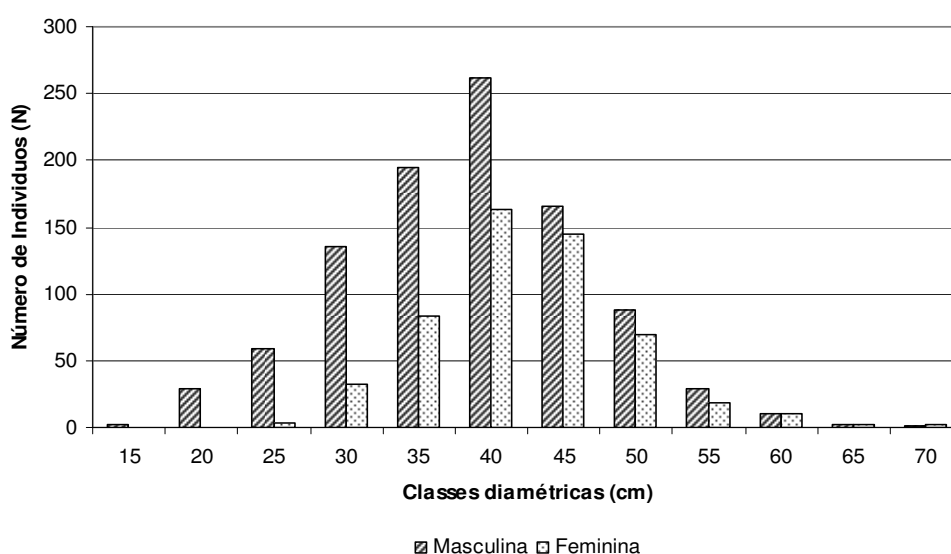


Figura 6 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas no Talhão C (6,59ha). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

O mesmo fato ocorreu no talhão E (Figura 7), em que as maiores concentrações de indivíduos se apresentaram nas classes entre 35 e 45 cm, porém partindo da classe de 45 cm, os indivíduos do sexo feminino ocorreram em maior quantidade. No Talhão F, a mesma

situação foi observada, mas com ocorrência de um maior número de árvores femininas já partindo da classe de 40 cm (Figura 8).

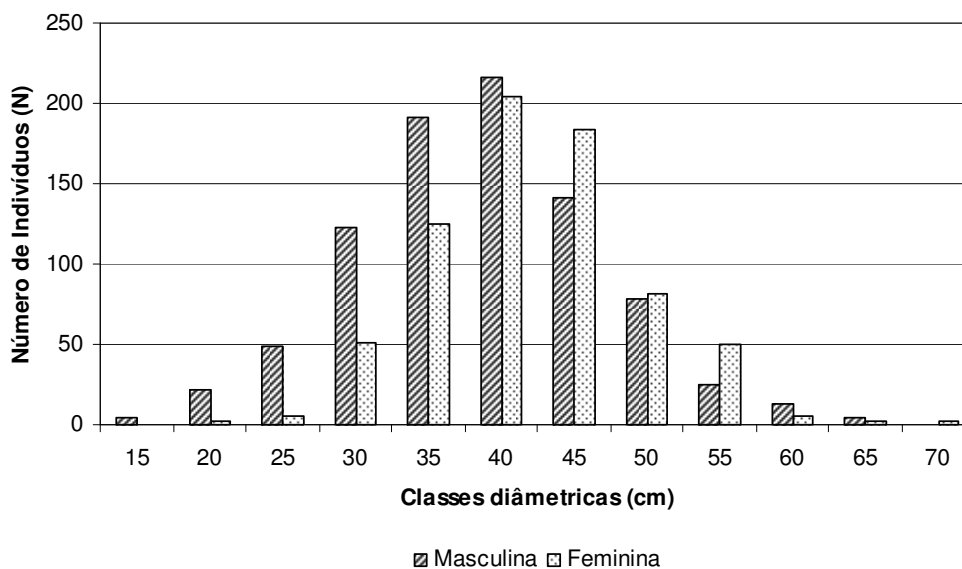


Figura 7 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas no Talhão E (6,99ha). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

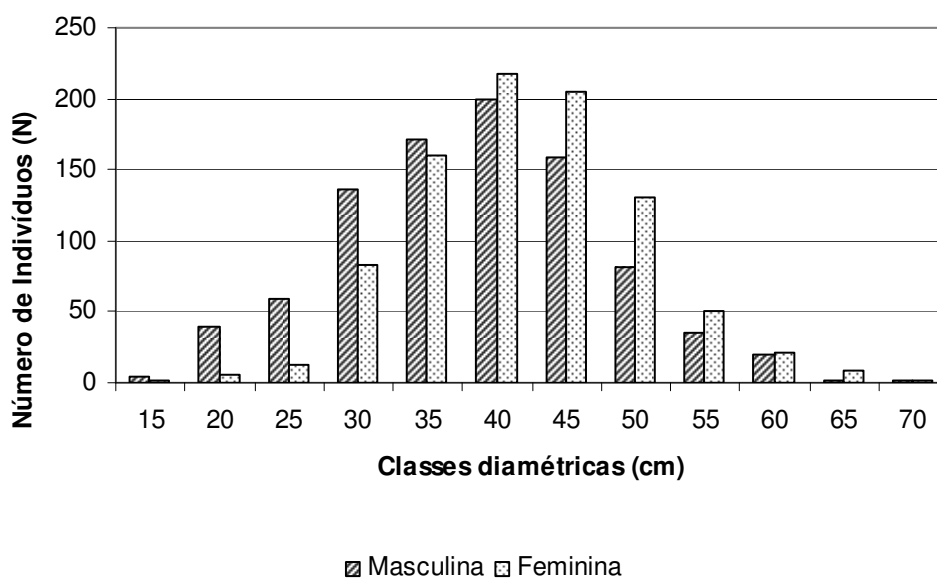


Figura 8 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas no Talhão F (11,53ha). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

O agrupamento dos dados nos três talhões resultou na distribuição apresentada na Figura 9 na qual se verificou clara tendência de que as árvores masculinas apresentavam um maior número de indivíduos de menor diâmetro quando comparadas às árvores femininas, ocorrendo esse fato até a classe da moda da distribuição de frequência. Partindo desta, as árvores femininas ocorreram com pequena diferença em maior número que as masculinas.



Figura 9 – Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas nos três talhões analisados. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Observou-se que 25,8% dos indivíduos estiveram presentes na classe de diâmetro 40 cm; 20,43% nas classes de 45 cm; 18,9% nas classes de 35 cm; 11,5% e 10,8% nas classes de 30 e 50 cm respectivamente. Poucos indivíduos foram encontrados nas menores e maiores classes diamétricas. Resultado similar foi encontrado por Soligo et al. (2004), em povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, nos quais os autores encontraram 71,3% dos indivíduos na classe de diâmetro de 40-80 cm e nenhum indivíduo na menor classe de diâmetro de 0-20cm.

O teste do qui-quadrado (χ^2), para indivíduos do sexo feminino e masculino, feitos na base da proporcionalidade esperada de 50% para machos e 50% para fêmeas, acusou um valor de $\chi^2 = 8,209$ no talhão C, sendo significativo ao nível de 1% de probabilidade, portanto a

proporção do sexo de 1:1 não foi válida. Já nos talhões **E** e **F**, a hipótese de proporcionalidade entre os sexos foi verificada uma vez que os χ^2 não foram significativos ao nível de 1% de probabilidade; $\chi^2 = 1,021$ no talhão **E**; e $\chi^2 = 0,0036$ para o talhão **F**.

A análise dos dados dos talhões **C**, **E**, **F**, em conjunto, resultou no $\chi^2 = 1,6384$ aceitando-se a hipótese de 50% de indivíduos masculinos e femininos na população amostrada.

O mesmo teste χ^2 aplicado para avaliar se as frequências, entre machos e fêmeas diferem significativamente nas classes diamétricas, mostrou, no talhão **C** o valor do $\chi^2 = 80,94$, ou seja, altamente significativo, caracterizando heterogeneidade entre as distribuições de machos e fêmeas nas diferentes classes diamétricas, com uma proporção de machos maior que de fêmeas numa relação aproximada de 2:1.

O mesmo fato foi verificado nos talhões **E** com valor de $\chi^2 = 103,51$, caracterizando que a distribuição diamétrica é heterogênea dos indivíduos masculinos e femininos, porém a proporção entre indivíduos femininos e masculinos obedeceu a uma relação de 1:1,22 e, no talhão **F** cujo valor do $\chi^2 = 91,952$, também com distribuição heterogênea, mas com relação entre sexos de praticamente 1:1.

Como esperado, a análise conjunta dos dados nos três talhões mostrou heterogeneidade nas frequências entre machos e fêmeas, com o valor do $\chi^2 = 266,35$, e a relação média entre os sexos 1:1,29.

No teste de heterogeneidade das amostras, verificou-se um valor de $\chi^2 = 10,068$, sendo o $\chi^2_{\text{tab}} = 31,1068$, permitindo concluir que os desvios ocorreram ao acaso não sendo significativos, portanto a amostragem foi homogênea.

Bandel e Gurgel (1967) também concluíram em estudo com a araucária que o teste χ^2 feito para indivíduos masculinos e femininos, com base numa relação teórica de 50% de fêmeas e 50% de machos, indicou um valor significativo ao nível de 5% de probabilidade, portanto, a proporção do sexo de 1:1 não foi válida na ampla área fitogeográfica analisada.

Resultado diferente foi encontrado por Soligo et al. (2004) em área de floresta nativa com *Araucaria angustifolia* na FLONA-SFP, em que não foi constatada diferença

significativa entre o número de árvores masculinas e femininas em uma amostra de 839 árvores distribuídas em 7,9 ha.

4.2 Incremento de indivíduos masculinos e femininos em duas classes de idade

A amostra para estudo do crescimento da espécie *Araucaria angustifolia* na FLONA de São Francisco de Paula foi constituída conforme a Tabela 5. Nesta tabela, foram relacionadas às 96 árvores amostras classificadas quanto à localização no sítio, idade, sexo, dimensões do *cap*, altura total e do fuste, a classe de vitalidade, distribuição de copa, comprimento da copa, posição sociológica, presença de afloramento de rocha e posição relativa da árvore amostra no relevo.

Na amostragem, foram enumerados 54 indivíduos do sexo feminino e 42 do sexo masculino. De acordo com o plano amostral, seriam amostrados 50% dos indivíduos de cada sexo, o que não ocorreu especialmente, em razão do elevado tempo necessário para a identificação e confirmação dos sexos (de 2 a 3 anos). Assim, durante o período de avaliação, seis árvores inicialmente classificadas como masculinas tiveram de ser enquadradas como femininas. Fato esse que ocorreu somente no talhão com 40 anos (Talhão 26), diferindo, nesse local, a proporção de 1:1, com 30 indivíduos femininos e 18 masculinos.

Das 96 árvores-amostra, 67 se apresentavam na posição sociológica dominante e/ou co-dominante; 29 na classe das dominadas e/ou suprimidas. Em relação à posição no terreno, 46 indivíduos se encontravam no platô, 28 na encosta intermediária e 22 na baixada.

Com relação à variável pedregosidade, 49 indivíduos estavam em local com abundante afloramento de rochas (Ped. 1); 32 em local com médio afloramento de rocha (Ped. 2) e 15 indivíduos em local com baixo ou nenhum afloramento de rocha (Ped. 3).

De acordo com a vitalidade das copas, índice esse avaliado visualmente em relação à percentagem de folhas verdes e distribuição dos galhos na copa, encontravam-se 57 indivíduos com vitalidade alta (Classe 1); 36 com vitalidade média (Classe 2) e cinco indivíduos com vitalidade baixa (Classe 3).

Caracterizando a distribuição dos galhos no eixo central da árvore (disposição), observou-se que 62 árvores apresentavam copa bem distribuída em todos os quadrantes;

27 apresentavam copa distribuída em três quadrantes; e sete indivíduos apresentavam-se com copa distribuída em um ou dois quadrantes.

Quanto à dimensão, as árvores apresentaram circunferência a altura do peito (*cap*) mínimo de 68 cm, pertencente ao sexo feminino e a classe de idade de 40 anos, e máximo de 158,0 cm pertencente a classe de idade de 60 anos, não ultrapassando 24,5 m de altura total (árvore 59).

Nas árvores da classe de 40 anos de idade, circunferência a altura do peito (*cap*) médio foi de 104,5 cm, a altura total média (*h*) foi de 18,7 m, a altura média do fuste (h_{fuste}) foi 12,7 m e o comprimento médio da copa (L_c) foi 6,1 cm. Na classe de 60 anos, o valor de circunferência a altura do peito (*cap*) médio foi de 131,5 cm e alturas médias total, do fuste e comprimento da copa foram, respectivamente, de 19,21 m, 14,4 m e 4,9 m.

Tabela 5 – Caracterização das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, selecionadas para estudo de crescimento. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Arv,	Sítio	t (anos)	Sexo	cap (cm)	h (m)	h_{fuste} (m)	Vit.	Dist	L_c (m)	P.S	Ped.	P_{ter}
1	R	60	F	126,5	18,0	12,3	2	1	5,7	2	1	3
2	R	60	F	155,6	19,1	12,4	1	1	6,7	1	1	2
3	R	60	M	130,6	18,7	14,5	2	1	4,2	2	1	2
4	R	60	F	122,5	20,8	14,7	2	1	6,1	1	1	2
5	R	60	M	156,0	19,9	14,4	1	2	5,5	1	3	1
6	R	60	M	158,0	21,2	14,9	1	1	6,3	1	3	1
7	R	60	F	129,3	19,2	13,8	3	3	5,4	2	3	1
8	R	60	M	133,7	21,2	15,3	1	1	5,9	1	2	2
9	R	60	M	142,0	19,9	16,2	1	1	3,7	1	3	3
10	R	60	F	147,8	21,2	13,8	2	2	7,4	2	3	2
11	R	60	M	147,6	21,4	14,8	2	2	6,6	1	2	1
12	R	60	F	100,6	16,5	13,1	2	1	3,4	1	1	1
13	R	60	F	122,0	18,7	10,1	1	1	8,6	2	2	1
14	R	60	M	139,7	19,9	13,8	1	1	6,1	1	3	1
15	R	60	F	122,4	19,8	12,4	1	1	7,4	2	2	3
16	R	60	M	106,2	19,7	13,3	2	1	6,4	1	2	3
17	R	60	M	122,0	15,5	11,7	2	1	3,8	1	2	2
18	R	60	F	127,5	16,8	16,7	2	3	1,0	1	2	3
19	R	60	F	144,2	18,2	14,6	1	1	3,6	1	3	2
20	R	60	M	125,7	19,4	13,6	2	1	5,8	2	1	3
21	R	60	F	115,5	19,4	13,9	2	2	5,5	1	3	3

Tabela 5 – Caracterização das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, selecionadas para estudo de crescimento. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Arv,	Sítio	t (anos)	Sexo	cap (cm)	h (m)	h _{fuste} (m)	Vit.	Dist	Lc (m)	P.S	Ped.	P _{ter}
22	R	60	M	101,5	17,3	13,9	1	1	3,4	1	1	3
23	R	60	F	116,0	17,8	13,2	1	1	4,6	1	1	3
24	R	60	M	110,5	18,3	20,3	1	1	3,0	1	1	3
25	B	60	F	120,0	20,5	15,0	2	1	5,5	2	1	1
26	B	60	M	138,2	16,9	13,9	2	1	3,0	1	1	1
27	B	60	M	151,0	16,9	14,0	2	1	2,9	1	1	1
28	B	60	F	144,0	18,7	15,3	1	1	3,4	1	1	2
29	B	60	M	157,2	21,2	14,8	1	1	6,4	1	2	1
30	B	60	F	137,2	15,9	12,8	2	2	3,1	1	1	1
31	B	60	F	117,8	18,7	15,5	2	1	3,2	1	1	1
32	B	60	M	134,0	18,1	12,9	1	1	5,2	1	1	1
33	B	60	F	117,2	17,7	14,1	1	1	3,6	1	2	1
34	B	60	F	152,4	21,4	16,7	2	2	4,7	1	1	3
35	B	60	M	108,4	18,6	13,9	1	1	4,7	2	1	2
36	B	60	F	142,5	18,2	12,6	1	1	5,6	1	1	1
37	B	60	M	105,6	18,7	13,0	1	1	5,7	1	2	1
38	B	60	M	146,4	23,2	16,9	1	1	6,3	1	1	1
39	B	60	F	141,2	21,3	17,9	1	1	3,4	1	1	1
40	B	60	M	121,0	20,8	17,0	1	2	3,8	2	2	2
41	B	60	F	142,2	19,3	13,2	1	1	6,1	1	3	1
42	B	60	M	132,0	19,9	15,0	2	2	4,9	2	3	1
43	B	60	F	146,0	22,0	16,1	1	1	5,9	2	2	1
44	B	60	M	145,2	20,0	14,9	1	1	5,1	1	1	1
45	B	60	M	115,0	18,2	13,4	1	1	4,8	1	1	1
46	B	60	M	136,6	18,2	12,5	1	2	5,7	1	1	1
47	B	60	F	129,6	19,5	14,4	1	1	5,1	2	1	2
48	B	60	F	127,2	20,5	14,9	1	1	5,6	1	2	1
49	B	40	F	115,2	18,1	13,0	1	1	5,1	1	2	1
50	B	40	M	95,0	21,4	11,5	2	2	9,9	2	1	1
51	B	40	M	101,7	19,8	11,5	1	2	8,3	1	1	1
52	B	40	F	83,5	20,4	14,6	2	2	5,1	1	1	2
53	B	40	M	86,2	18,0	12,9	2	2	6,2	2	1	2
54	B	40	F	106,0	19,6	13,4	1	2	6,2	1	2	2
55	B	40	M	103,5	19,1	11,8	1	1	7,3	1	2	1
56	B	40	F	96,8	19,6	12,7	1	1	6,9	1	1	1
57	B	40	F	106,8	17,5	11,3	2	1	6,2	2	2	1
58	B	40	F	110,0	22,2	11,0	1	1	11,2	1	2	2

Tabela 5 – Caracterização das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, selecionadas para estudo de crescimento. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Arv,	Sítio	t (anos)	Sexo	cap (cm)	h (m)	h _{fuste} (m)	Vit.	Dist	Lc (m)	P.S	Ped.	P _{ter}
59	B	40	F	107,8	24,5	14,3	1	1	10,2	1	2	2
60	B	40	F	117,1	20,3	11,6	1	1	8,7	1	2	2
61	B	40	M	132,0	20,3	17,3	1	1	3,0	1	2	1
62	B	40	F	76,6	14,8	11,8	3	3	3,0	2	1	1
63	B	40	F	102,0	18,1	17,5	1	1	2,6	1	1	1
64	B	40	M	74,0	19,1	11,2	3	3	7,9	1	1	1
65	B	40	F	127,0	20,9	12,0	2	2	8,9	1	1	3
66	B	40	F	105,3	16,9	11,9	2	2	5,0	2	2	2
67	B	40	F	122,2	21,8	15,1	1	1	6,7	1	1	2
68	B	40	M	95,3	14,9	11,2	1	2	3,7	2	1	2
69	B	40	F	96,4	18,3	12,1	2	2	6,2	1	2	2
70	B	40	F	95,6	19,8	11,1	2	2	8,7	1	1	3
71	B	40	M	90,6	16,5	10,0	1	3	6,5	2	1	3
72	B	40	M	100,0	16,2	9,9	2	1	6,3	1	1	3
73	R	40	F	70,5	15,9	13,1	1	2	2,8	2	1	3
74	R	40	F	98,6	21,2	14,4	1	1	6,8	1	1	3
75	R	40	F	68,0	16,7	13,3	2	2	3,4	2	1	3
76	R	40	F	103,3	22,1	11,5	1	1	10,6	1	1	3
77	R	40	M	103,5	21,1	12,8	1	1	8,3	1	2	3
78	R	40	M	111,5	21,6	11,1	1	1	10,5	1	2	2
79	R	40	M	104,9	19,8	12,3	1	1	7,5	1	2	2
80	R	40	F	98,5	19,1	14,9	3	3	4,2	2	2	2
81	R	40	F	116,5	17,9	14,5	2	2	3,4	1	2	1
82	R	40	F	101,5	17,2	12,0	2	1	5,2	2	1	1
83	R	40	F	108,8	22,4	18,0	2	2	4,4	2	2	2
84	R	40	M	115,2	19,7	14,0	2	1	5,7	2	1	3
85	R	40	M	123,0	20,0	15,8	2	1	4,2	1	1	2
86	R	40	F	120,3	18,8	13,3	3	3	5,5	2	2	1
87	R	40	M	125,2	19,6	12,9	1	1	6,7	1	1	1
88	R	40	M	118,0	18,8	15,2	1	2	3,6	1	2	3
89	R	40	F	114,5	15,4	9,1	1	1	6,3	1	1	2
90	R	40	M	104,5	15,0	10,3	1	1	4,7	2	3	1
91	R	40	F	95,0	16,3	10,6	1	1	5,7	1	3	1
92	R	40	F	136,5	18,4	13,0	1	2	5,4	1	3	2
93	R	40	F	99,4	14,1	10,8	1	2	3,3	1	1	1

Tabela 5 – Caracterização das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, selecionadas para estudo de crescimento. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Arv,	Sítio	t (anos)	Sexo	cap (cm)	h (m)	h _{fuste} (m)	Vit,	Dist	Lc (m)	PS	Ped,	P _{ter}
94	R	40	F	113,7	16,7	12,4	1	1	4,3	1	2	1
95	R	40	M	113,2	16,0	11,8	1	2	4,2	2	3	1
96	R	40	F	107,0	15,8	9,4	2	1	6,4	1	3	1

t = idade em anos; cap - circunferência a altura do peito em cm; h = altura total da árvore em m; h_{fuste} = altura do fuste em m; Vit = vitalidade; $Dist$ = distribuição da copa no eixo central do tronco; Lc = Comprimento de copa em m; $P.S$ = Posição social da árvore em relação as vizinhas; $Ped.$ = presença de afloramento de rochas P_{ter} = Posição da árvore no terreno.

4.3 Variáveis morfométricas e índices de competição

Os índices de competição e variáveis morfométricas que caracterizavam as árvores amostras estão relacionados na Tabela 6. Mostram que a relação h/d variou do valor mais cônico com $0,3495m.cm^{-1}$, até o valor mais cilíndrico $0,7944m.cm^{-1}$.

Tabela 6 – Variáveis morfométricas e estimativas dos índices de competição das árvores amostra de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

N	h/d	I _H	I _{GH}	BAL _{MOD}	Acopa (m ²)	g/Acopa	Lc/Acopa	Lc/h
1	0,4470	0,8805	1,3445	0,2844	65,7555	0,0019	0,0867	0,3167
2	0,3856	0,6349	1,0774	0,5993	76,9769	0,0025	0,0870	0,3508
3	0,4444	0,9637	0,8822	0,6030	29,7057	0,0047	0,1414	0,2246
4	0,5216	0,9982	0,7785	0,9677	43,5913	0,0029	0,1399	0,2933
5	0,3976	0,6777	1,2190	0,2135	74,6619	0,0026	0,0737	0,2764
6	0,4137	0,6731	1,2360	0,2251	118,8229	0,0017	0,0530	0,2972
7	0,4672	0,9673	0,8140	0,7680	23,7583	0,0056	0,2273	0,2813
8	0,4869	0,8118	1,3316	0,1450	70,8822	0,0021	0,0832	0,2783
9	0,4310	0,7680	0,8931	1,0373	67,9291	0,0025	0,0545	0,1859
10	0,4436	0,7905	1,2139	0,8262	82,5159	0,0022	0,0897	0,3491
11	0,4458	0,7843	0,9840	0,2789	86,5902	0,0021	0,0762	0,3084
12	0,5052	0,8836	0,4871	1,0515	44,1787	0,0019	0,0770	0,2061
13	0,4670	0,8298	1,3292	0,1257	47,1730	0,0027	0,1823	0,4599
14	0,4328	0,7695	1,2190	0,1760	46,5663	0,0036	0,1310	0,3065
15	0,4925	1,0226	0,8401	0,9178	49,6391	0,0026	0,1491	0,3737
16	0,5632	1,0644	0,7166	0,7449	41,2825	0,0023	0,1550	0,3249
18	0,4140	1,0898	0,7220	0,8657	29,7057	0,0044	0,0034	0,0060

Tabela 6 – Variáveis morfométricas e estimativas dos índices de competição das árvores amostra de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

N	h/d	I _H	I _{GH}	BAL _{MOD}	Acopa (m ²)	g/Acopa	Lc/Acopa	Lc/h
19	0,3847	0,7891	1,1447	0,4074	79,3272	0,0022	0,0454	0,1978
20	0,4790	0,9050	0,8032	0,7460	56,7450	0,0023	0,1022	0,2990
21	0,5277	1,2812	0,5730	1,1399	45,9665	0,0023	0,1197	0,2835
22	0,5142	0,9756	0,3536	1,5304	53,4562	0,0017	0,0636	0,1965
23	0,4800	0,9424	0,8061	0,6478	46,5663	0,0023	0,0988	0,2584
24	0,5033	1,0622	0,7054	0,8943	40,1515	0,0026	0,0747	0,1639
25	0,5312	1,0822	0,8701	0,5937	27,3397	0,0043	0,2012	0,2683
26	0,3825	0,9465	1,0760	0,1662	33,1831	0,0046	0,0904	0,1775
27	0,3495	0,7463	1,1058	0,3983	43,5916	0,0042	0,0665	0,1716
28	0,4060	0,8402	0,9670	0,7316	46,5663	0,0036	0,0730	0,1818
29	0,4147	0,6750	1,6922	0,2088	89,9202	0,0023	0,0712	0,3019
30	0,3598	0,7359	1,2931	0,1619	49,6391	0,0031	0,0625	0,1950
31	0,4995	1,1432	1,1327	0,3895	35,7847	0,0031	0,0894	0,1711
32	0,4172	0,7201	1,2397	0,3447	40,1515	0,0037	0,1295	0,2873
33	0,4657	0,7821	0,6728	1,0226	52,8102	0,0021	0,0682	0,2034
34	0,4357	0,8515	1,1552	0,6149	64,3261	0,0029	0,0731	0,2196
35	0,5391	0,7915	0,7833	0,5214	33,1831	0,0028	0,1416	0,2527
36	0,3890	1,7470	1,6417	0,0000	52,1681	0,0033	0,1073	0,3077
37	0,5564	1,1352	0,5564	1,0084	56,0794	0,0016	0,1016	0,3048
38	0,4818	0,8644	1,1233	0,4989	55,4177	0,0033	0,1137	0,2716
39	0,4668	0,7615	1,2791	0,1781	81,7128	0,0020	0,0416	0,1596
41	0,4264	0,7536	1,1893	0,1858	63,6173	0,0025	0,0959	0,3161
42	0,4692	0,9628	1,0005	0,5499	47,1730	0,0030	0,1039	0,2462
43	0,4634	0,8077	1,0005	0,7643	51,5300	0,0034	0,1145	0,2682
44	0,4248	0,7736	1,0416	0,5256	43,0084	0,0040	0,1186	0,2550
46	0,4137	0,7208	1,0119	0,5375	83,3229	0,0018	0,0684	0,3132
47	0,4727	0,8747	1,0075	0,5083	49,0167	0,0027	0,1040	0,2615
48	0,4914	1,0039	1,6017	0,5373	55,4177	0,0025	0,1011	0,2732
49	0,4727	1,7737	1,8111	0,0000	37,9367	0,0030	0,1344	0,2818
50	0,6974	1,6021	0,9409	0,3503	16,2597	0,0045	0,6089	0,4626
51	0,5993	1,5910	1,0245	0,3912	23,7583	0,0036	0,3494	0,4192
52	0,7608	1,9641	1,1332	0,1968	12,8825	0,0044	0,3959	0,2500
53	0,6563	0,7900	0,5871	0,6223	16,2597	0,0036	0,3813	0,3444
54	0,5686	1,7129	1,4681	0,1273	39,5919	0,0024	0,1566	0,3163
55	0,5582	1,9798	1,6519	0,0861	19,2442	0,0048	0,3793	0,3822
56	0,5990	2,0597	1,5303	0,1016	19,6350	0,0043	0,3514	0,3520
57	0,5051	1,4733	1,3212	0,1314	31,6922	0,0030	0,1956	0,3543
58	0,6151	0,8769	0,7111	0,8806	30,1907	0,0034	0,3710	0,5045

Tabela 6 – Variáveis morfométricas e estimativas dos índices de competição das árvores amostra de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA. São Francisco de Paula, RS.

N	h/d	I _H	I _{GH}	BAL _{MOD}	Acopa (m ²)	g/Acopa	Lc/Acopa	Lc/h
59	0,6848	1,6640	1,7036	0,0000	28,2743	0,0036	0,3608	0,4163
60	0,5258	1,7519	1,7781	0,0000	32,1699	0,0036	0,2704	0,4286
61	0,4682	1,4209	1,7818	0,0000	49,6391	0,0030	0,0604	0,1478
62	0,5990	1,4136	0,7629	0,3486	15,9043	0,0030	0,1886	0,2027
63	0,5351	1,6158	1,4776	0,1082	26,4208	0,0034	0,0227	0,3094
64	0,7944	1,3235	0,9019	0,2359	15,9043	0,0029	0,4967	0,4136
65	0,5058	2,4868	2,6227	0,0000	31,1725	0,0043	0,2855	0,4258
66	0,5042	1,1409	0,9612	0,4071	24,1922	0,0036	0,2067	0,2959
67	0,5453	1,1124	1,0183	0,5388	65,7555	0,0019	0,1019	0,3073
68	0,4917	0,8673	0,7133	0,6109	15,5528	0,0046	0,2379	0,2483
69	0,5843	1,0756	0,8869	0,1370	20,4282	0,0038	0,3035	0,3388
70	0,6314	1,6914	1,1232	0,3175	39,5919	0,0020	0,2197	0,4394
71	0,5598	1,3210	1,0371	0,2562	31,6692	0,0022	0,2052	0,3939
72	0,4931	1,9176	1,6129	0,1067	51,5300	0,0016	0,1223	0,3889
73	0,7085	0,7364	0,6175	0,3901	9,8979	0,0039	0,2829	0,1761
74	0,6430	2,3786	1,6632	0,0000	21,2372	0,0040	0,3202	0,3208
75	0,7778	0,8981	0,4210	0,5246	12,5664	0,0029	0,2706	0,2036
76	0,6600	1,8672	1,3243	0,0979	28,2743	0,0031	0,3749	0,4796
77	0,6155	1,4446	2,0974	0,0000	37,9367	0,0024	0,2188	0,3934
78	0,5945	3,4713	2,6732	0,0000	23,3283	0,0044	0,4501	0,4861
79	0,5722	1,8272	1,8203	0,0000	28,7475	0,0033	0,2609	0,3788
80	0,6104	1,5414	0,8745	0,3433	30,1907	0,0025	0,1391	0,2199
81	0,4792	2,3759	1,5610	0,1304	32,6745	0,0034	0,1041	0,1899
82	0,5223	1,6478	1,1755	0,2126	42,4292	0,0020	0,1226	0,3023
83	0,6293	1,0442	0,8904	0,5997	28,7475	0,0035	0,1531	0,1964
84	0,5243	0,8635	0,8848	0,6638	42,4292	0,0026	0,1343	0,2893
85	0,5031	0,9819	1,0228	0,3082	52,8102	0,0024	0,0795	0,2100
86	0,4847	1,1547	1,1002	0,3412	26,8783	0,0044	0,2046	0,2926
87	0,4766	1,0058	0,9437	0,4703	65,0388	0,0020	0,1030	0,3418
88	0,4881	3,3356	0,9973	0,6482	32,6745	0,0036	0,1102	0,1915
89	0,4181	1,0672	3,3947	0,0000	45,3646	0,0023	0,1388	0,4090
90	0,4347	1,2897	1,5436	0,1273	26,4208	0,0035	0,1779	0,3133
91	0,5220	1,5775	1,1859	0,3076	46,5663	0,0016	0,1224	0,3497
92	0,4074	2,1993	2,0718	0,0000	38,4845	0,0042	0,1403	0,2935
93	0,4309	1,2725	1,3569	0,2662	32,1699	0,0026	0,1026	0,2340

Tabela 6 – Variáveis morfométricas e estimativas dos índices de competição das árvores amostra de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

N	h/d	I _H	I _{GH}	BAL _{mod}	Acopa (m ²)	g/Acopa	Lc/Acopa	Lc/h
94	0,4412	1,3414	2,1503	0,0000	35,7847	0,0031	0,1202	0,2575
95	0,4309	1,7567	2,1173	0,0000	50,2655	0,0022	0,0836	0,2625
96	0,4525	1,0836	1,0207	0,4515	36,3168	0,0026	0,1762	0,4051

Sendo: h/d = relação altura diâmetro; I_H = índice de Hegyi; I_{GH} = Índice de Glover e Hool; BAL_{mod} = Área basal das árvores maiores que a considerada; Lc = Comprimento de copa; Acopa = Área de copa em m²; g/Acopa = área basal sobre área de copa; Lc/Acopa = Comprimento de copa sobre área de copa; Lc/h = Comprimento de copa sobre altura total da árvore

A relação do diâmetro da copa e altura total (índice de abrangência) variou de 0,19853 até 0,580189. O diâmetro de copa médio variou de 3,55m até 12,3m.

O formal de copa (fc), expresso pela relação do diâmetro de copa sobre o seu comprimento, fornece uma idéia de seu volume e variou entre 0,45 a 3,0. Esse resultado mostra que, entre duas árvores do mesmo diâmetro, a mais produtiva é àquela com menor formal de copa. Assim, quanto mais longa a copa, mais produtiva tende a ser a árvore, para o mesmo diâmetro a altura do peito. A área ocupada pela copa variou entre o mínimo de 9,89m², árvore de número 73, e 118 na árvore 6.

O Índice de Glover e Hool (I_{GH}), calculado pela relação do diâmetro da árvore considerada ao quadrado sobre o diâmetro médio das seis árvores mais próximas também ao quadrado, variou entre 0,3536 e 3,3947, sendo seu valor médio de 0,6769. Quanto maior o I_{GH}, menor a influência das árvores vizinhas sobre a árvore considerada, ou seja, a competição é menor. O I_{GH}, calculado para cada idade, resultou no valor médio de 1,0051 para as árvores da classe de idade de 60 anos, e 1,3595 para as árvores de 40 anos, confirmando que as árvores do povoamento mais velho estão sofrendo mais competição do que os de 40 anos.

O Índice de BAL_{mod} oscilou entre zero, observado em 13 árvores, e 1,5303m², com a média geral das 96 árvores analisadas de 0,4153m². Quanto maior esse índice, maior é a competição exercida sobre a árvore considerada. A análise da variação desse índice em cada classe de idade, o BAL médio, aos 60 anos, foi de 0,5837, demonstrando maior competição nesse povoamento, que aos 40 anos, com BAL inferior, no valor de 0,2473.

O índice Hegyi mostrou resultado médio, aos 40 anos, de 1,5424, enquanto que para o povoamento com 60 anos, esse índice de competição foi menor com valor médio de 0,9003. A diferença de magnitude entre os índices I_H e I_{GH} decorre da forma de cálculo com a inclusão

da distância entre as árvores no índice de Hegyi. Como o povoamento de 60 anos sofreu três desbastes, a distância entre as árvores era maior, reduzindo o índice, ao contrário do povoamento aos 40 anos, que sofreu dois desbastes e que possui as árvores mais próximas entre si.

O incremento médio da variável circunferência à altura do peito medida durante os três anos de avaliação (agosto de 2003 a agosto de 2006), em 96 árvores-amostras, foi de 1,55 cm de circunferência, sendo o valor mínimo observado igual a 0,0 cm de circunferência e o máximo 6,0 cm de circunferência. Nos três anos de avaliação, o incremento periódico médio foi de 0,8cm, sendo os valores máximos e mínimos, respectivamente, de 2,61 e 0,0 cm.

A análise de variância do crescimento em circunferência a altura do peito (cap), em relação às variáveis: sexo, idade e interação sexo e idade é apresentado na Tabela 7, onde se observa que, para o incremento em área basal em relação a variável sexo o valor do F calculado, foi igual a 0,00, com uma probabilidade de significância maior que 0,9903, indicando não haver diferença significativa entre os indivíduos do sexo masculino e feminino.

Tabela 7 – Análise da variância do incremento em área basal de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, nas diferentes idades e entre os sexos e sitio na FLONA de São Francisco de Paula, RS.

Fontes de Variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Sexo	1	0,017094	0,017094	0,00	0,9903
Idade	1	115,764516	115,764516	0,99	0,3194
Sítio	1	433,921724	433,921724	3,73	0,0545
Sexo* Sítio	1	1650,093843	1650,093843	14,18	0,0002
Sexo* Idade	1	65,928290	65,928290	0,57	0,4522
Período	2	2700,343033	1350,171517	11,60	< 0,0001
Resíduo	280	32579,58658	116,35567		
Total	288	37545,65508			

O valor do F calculado, para o incremento em área basal em relação à variável idade, foi igual a 0,99, com probabilidade maior que 0,3194; o que indica não haver diferença significativa de crescimento entre as idades. Ocorrendo a mesma situação em relação à variável interação sexo*idade, pois o valor de F calculado foi igual a 0,57, com uma

probabilidade de significância maior que 0,4522, indicando não haver também diferença para a interação.

No que se refere a variável sítio o F calculado foi de 3,73, com probabilidade de 0,0545, o que também, indica não haver diferença significativa entre os incrementos nos dois sítios analisados.

Por outro lado, o incremento em área basal em relação à fonte de variação período, o valor de F calculado foi de 11,60, com probabilidade menor que 0,0001, o que indica haver diferença significativa entre os incrementos nos três períodos analisados.

Como houve diferença significativa em crescimento em circunferência em relação aos períodos analisados, foi efetuado o teste de Tukey, conforme mostra a Tabela 8 em que se observa que os três períodos são estatisticamente diferentes entre si e que, no segundo ano de avaliação, a média do crescimento em circunferência foi maior que nos outros dois, e ainda que, no primeiro ano de avaliação, ocorreu o menor crescimento entre os três períodos.

Tabela 8 – Teste de Tukey para comparação das médias do incremento em circunferência nos três períodos analisados, e por sítio na FLONA de São Francisco de Paula, RS.

Período	Média de crescimento	Observações	Comparações
Ano 2	1,00465	96	A
Ano 3	0,80086	96	B
Ano 1	0,60844	96	C

*Médias não-seguidas por mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O menor crescimento no primeiro período pode ser uma decorrência do ajuste das fitas dendrométricas no tronco das árvores, pois estas levam algum tempo para ajustarem-se. Esse fato, registrado também por Andrae (2004), relata que os dendrômetros ou fitas levam certo tempo para se acomodarem em consequência do movimento da árvore pelo vento e temperatura, o que ocasiona registros negativos de incremento, ou em épocas de crescimento rápido tendem a ser subestimados. Por outro lado, Keeland e Scharitz (1993) dizem que essa subestimativa também poderia ser relativo à um reduzido incremento, sobretudo em regiões com estações anuais bem definidas.

4.4 Seleção de variáveis para a modelagem do incremento em área basal – *ig*

As variáveis com maior ou menor correlação com o crescimento, que serviram de auxílio na elaboração de modelos de crescimento em razão das variáveis climáticas, ambientais, morfométricas e dendrométricas, foram analisadas pela correlação de Pearson (Anexo 1).

Esse coeficiente foi de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores, mas não indicou exatamente a importância dos efeitos das variáveis independentes sobre a dependente, conforme também relatou Costa Neto (1997), ou seja, existindo uma correlação entre X e Y, não se pode afirmar que Y é determinado ou causado por X, ou vice-versa, pois a correlação é apenas uma medida de associação. Das variáveis estudadas, as mais correlacionadas com o incremento em área basal – *ig* (variável dependente) foram selecionadas para a modelagem.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que o incremento em área basal (*ig*) apresentou correlação positiva com Glover e Hool (0,4802**), vitalidade (0,4620**), vitalidade *versus* distribuição da copa (0,4399**), área de copa (0,32136**), *cap* (0,3197), comprimento de copa (0,2728), Lc/ht (0,2422), pedregosidade (0,2102), e correlação negativa com a variável velocidade do vento (-0,2477); geadas (-0,2199); temperatura média das mínimas (-0,2355), distribuição de copa (-0,4052), posição sociológica (-0,38641) e o BAL_{mod} (-0,2952). Todas essas correlações tiveram valores de $p < 0,0001$, indicando alta significância entre o incremento em área basal com essas variáveis.

A correlação do incremento em área basal (*ig*) com o índice de Glover e Hool foi positiva e comprova que quanto maior esse índice, maior é o incremento em área basal, menor a competição e, conseqüentemente, mais crescem as árvores. O mesmo fato ocorre para a variável vitalidade, em que árvores com boa vitalidade crescem mais que as de vitalidade média e/ou baixa. Isto pode estar relacionado à redução do tamanho da copa em conseqüência da perda de galhos e acículas ocasionando, desta forma, uma diminuição da área fotossintética ativa, variável esta importante para o crescimento.

** significativo a 0,05% de probabilidade

A temperatura média mínima teve uma correlação negativa com o incremento em área basal, ou seja, quanto menor a temperatura, menor o crescimento das árvores. Como algumas variáveis foram altamente correlacionadas com outras, significando que, uma variável era explicada diretamente por outra, então se escolheu aquelas que apresentavam maior correlação com o incremento e eram de mais fácil obtenção. Dessa forma, como a variável vitalidade e distribuição da copa no eixo das árvores eram variáveis diretamente correlacionadas, foi selecionado o índice vitalidade que tinha mais correlação com o incremento e, assim sucessivamente, foi feito com as demais variáveis.

Quando as correlações eram positivas, conclui-se que os dados possuíam o mesmo comportamento variando no mesmo sentido e quanto mais próximo de 1 fosse o valor da correlação, maior era a similaridade das seqüências em relação às variações a curto prazo.

Com esse procedimento, pode-se avaliar, previamente, a influência de cada variável estudada sobre o incremento em área basal, fornecendo as primeiras informações para a modelagem dessa variável.

4.5 Modelagem do incremento em área basal em função das variáveis meteorológicas, morfológicas e ambientais

Na modelagem do incremento em área basal, foi empregado o procedimento de regressão *Forward*, permitindo verificar a precisão estatística da inclusão ou retirada de uma variável independente no modelo.

Na Tabela 9 são apresentados os passos do procedimento forward e os parâmetros estatísticos da escolha das variáveis ambientais que integraram o modelo de regressão.

No passo 1 (step 1) foi tomado a variável $1/vit$ por ter maior correlação simples com a variável dependente, com um F de 1016,38, no passo 2 (step 2) foi adicionado a variável I_{GH} , com um valor de F de 36,53, no passo 3 (step 3) a variável $1/A_{copa}$, com F de 18,19, no passo 4 (step 4) a variável h^2 com valor de F de 10,80, no passo 5 (step 5) a variável $LnTm^2$ foi adicionada.

Tabela 9 – Coeficientes do modelo de regressão e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal – i_g , em razão das variáveis independentes testadas.

Passo	Variável	Coeficiente	S_{yx}	F	$R^2_{aj.}$	F (mod)
1	1/vit	$b_1:$ 21,58619	0,67709	1016,38	0,7975	1016,38
2	I_{GH} 1/Vit	$b_2:$ 6,09519 $b_3:$ 12,98273	1,00848 1,55862	36,53 69,38	0,8227	596,44
3	I_{GH} 1/Vit 1/Acopa	$b_1:$ 7,45335 $b_2:$ 15,07416 $b_3:$ -132,91192	1,00848 1,55862 31,16360	52,67 90,26 18,19	0,8345	430,28
4	I_{GH} h^2 1/Vit 1/Acopa	$b_1:$ 6,62495 $b_2:$ 0,01531 $b_3:$ 11,14135 $b_4:$ -176,64842	1,03893 0,00466 1,96403 33,35522	40,66 10,80 32,18 28,05	0,8412	337,76
5	I_{GH} h^2 1/Vit LnTm^2 1/Acopa	$b_1:$ 7,08529 $b_2:$ 0,02353 $b_3:$ 2,75677 $b_4:$ 1,20183 $b_5:$ -142,53673	1,05325 0,00599 2,08813 0,55562 36,68032	45,25 15,45 37,32 4,68 15,10	0,8441	275,04

No passo 1 (step 1) foi tomado a variável 1/vit por ter maior correlação simples com a variável dependente, com um F de 1016,38, no passo 2 (step 2) foi adicionado a variável I_{GH} , com um valor de F de 36,53, no passo 3 (step 3) a variável 1/A_{copa}, com F de 18,19, no passo 4 (step 4) a variável h^2 com valor de F de 10,80, no passo 5 (step 5) a variável LnTm^2 foi adicionada.

Observa-se que com 5 passos o procedimento *Forward* chegou à resolução do modelo com as variáveis que obtiveram significância até 0,15. São apresentados os valores de F para cada variável e para o modelo. A seleção também conferiu altos valores para o coeficiente de determinação, maior que 0,78 Optou-se por escolher as variáveis para a modelagem no 4 passo, pois no passo 5 foi adicionado a variável logaritmo da temperatura média mensal ao quadrado (LnTm^2), variável essa difícil de ser obtida.

Na Tabela 10, foram apresentados os parâmetros estatísticos das variáveis independentes que integram o modelo geral selecionado, bem como as estatísticas de ajuste com coeficiente de determinação ajustado, de 0,8387, coeficientes de variação 46,5437 %, erro padrão da estimativa de 8,187, e valor de F de 337,76 altamente significativo.

Tabela 10 – Coeficientes do modelo de regressão e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal (*ig*), em razão das variáveis selecionadas na modelagem. FLONA de São Francisco de Paula, RS.

Variável	Coeficiente	S_{yx}	$R^2_{aj.}$	CV %	F (mod)	Pr>F
1/Vit.	$b_1 = 6,62495$	8,187	0,8412	46,5437	337,76	> 0,0001
h2	$b_2 = 0,01531$					0,0012
I_{GH}	$b_3 = 11,14135$					> 0,0001
$1/A_{copa}$	$b_4 = -176,64842$					> 0,0001

Sendo: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b_1, b_2, b_3, b_4 = coeficientes.

O alto valor de coeficiente de variação se deve, especialmente, à grande variação de valores de incremento em área basal observados nas árvores amostradas conforme pode ser observado nas Figuras 10, 11, 12 e 13.

Na Figura 10, foi apresentada a distribuição dos resíduos, e a dispersão dos dados observados, mostrando distribuição de resíduos equilibrada para toda a amplitude da variável dependente observada, incremento em área basal (*ig*).

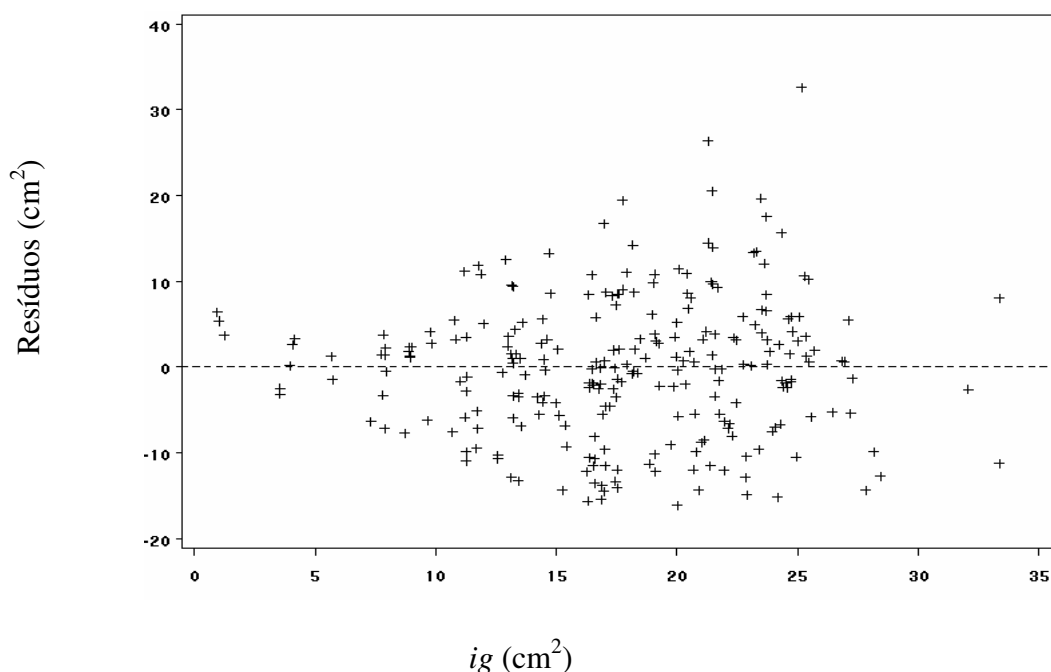


Figura 10 - Distribuição dos resíduos da equação geral selecionada $ig = 6,62495 * I_{GH} + 0,01531 * h^2 + 11,14135 * \frac{1}{vit} - 176,64842 * \frac{1}{A_{copa}}$. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Na Figura 11, foi apresentada a relação decrescente do incremento em área basal (ig) à medida que diminui a área de copa. Nessa figura, observou-se a grande dispersão dos valores observados, em preto e, em vermelho, a grande flexibilidade da função com estimativas cobrindo boa parte da variação do incremento em área basal (ig) observado.

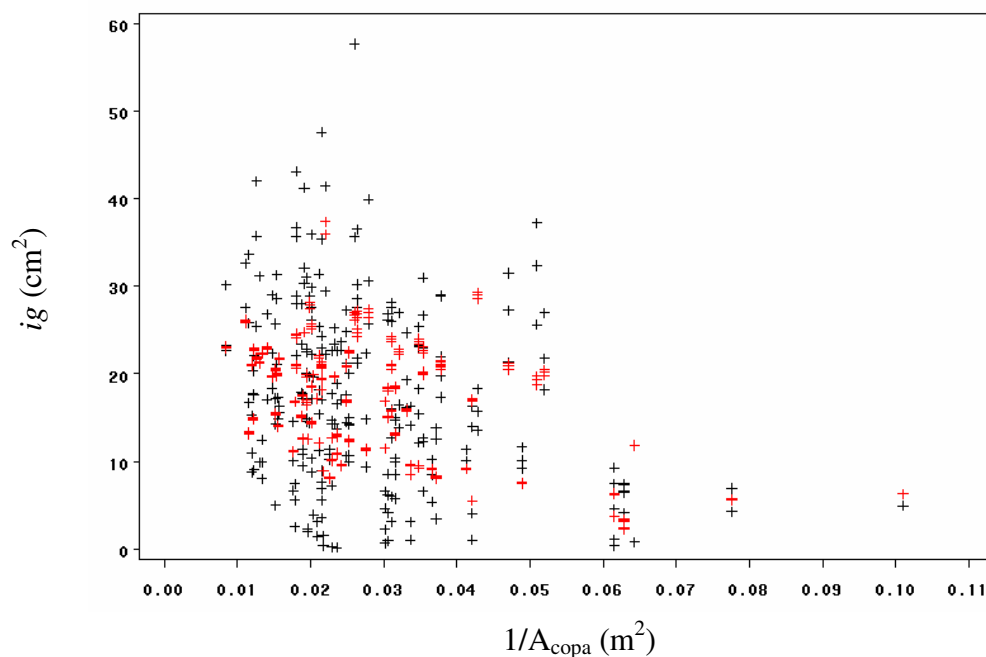


Figura 11 – Valores observados e estimados pela equação geral selecionada em razão do inverso da área de copa ($1/A_{\text{copa}}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Na Figura 12 os valores observados e estimados em razão do índice de competição de Glover e Hool (I_{GH}), mostraram que árvores sofrendo competição tiveram o incremento baixo até relativamente alto, ou seja, indicando que não-somente a competição influenciou no incremento, mas também outros fatores.

Para a variável altura ao quadrado (h^2) representada na Figura 13, ficou demonstrado que o incremento em área basal independe da altura das árvores, ou seja, o crescimento se dá tanto em árvores com menores alturas como em árvores com maiores alturas. Esse fato pode ser em decorrência da pouca amplitude de altura entre as árvores analisadas.

Com relação à variável vitalidade, pode-se observar que árvores que apresentaram maior vitalidade cresceram mais do que aquelas com pouca vitalidade. O fato pode ser também analisado nas Figuras 14, 15 e 16 respectivamente, para os índices de vitalidade, 1, 2

e 3 em que o incremento aumentou à medida que a área de copa aumentou, e a competição entre as árvores diminuiu.

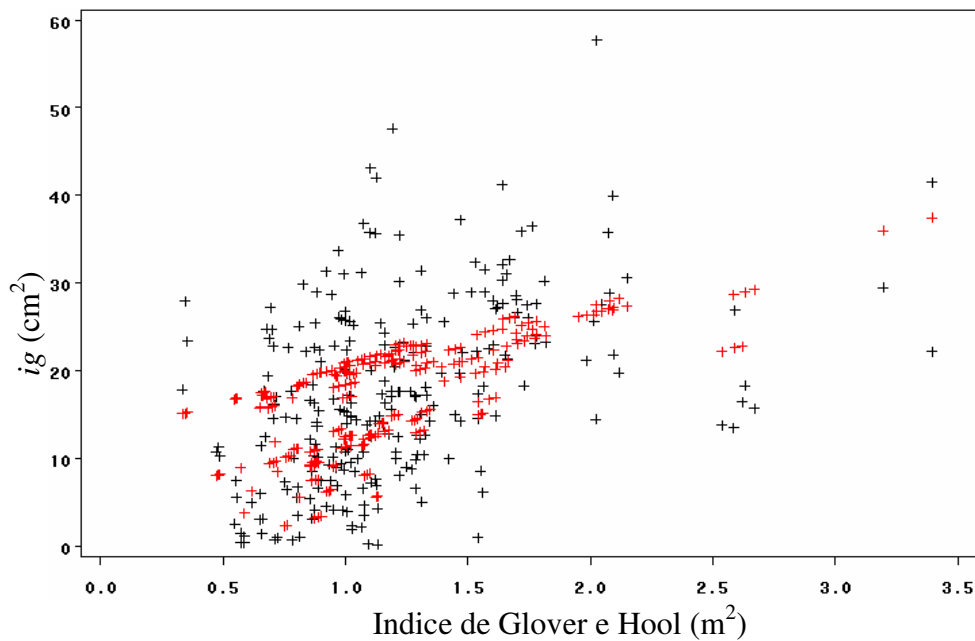


Figura 12 – Valores observados e estimados pela equação geral selecionada em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

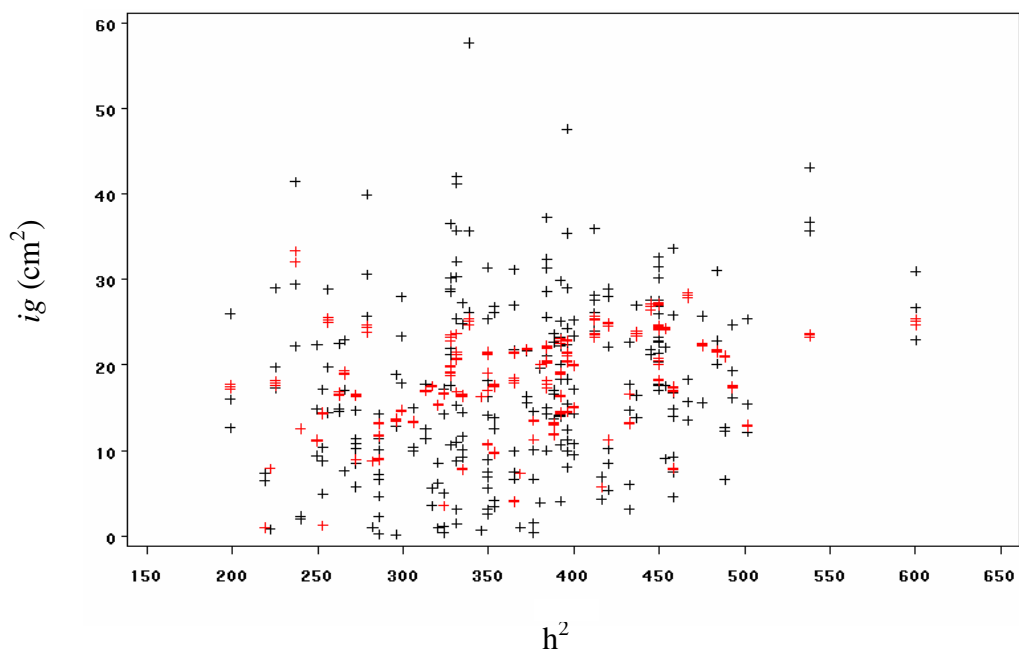


Figura 13 – Valores observados e estimados pela equação geral selecionada em razão da altura ao quadrado (h^2). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Na classe de vitalidade 1 (Figura 15), cujas características são árvores que apresentaram distribuição uniforme da copa em relação ao eixo da árvore (copa em todos os quadrantes), e maior percentual de área foliar (copa verde), estavam as que apresentaram maiores incrementos.

O I_{GH} , variou de 0 a 4, os maiores valores indicaram árvores que não sofriam alta competitividade, enquanto que valores menores indicaram árvores sob competição levando à redução do incremento. Pode-se ainda observar que, para uma mesma área de copa, por exemplo, 9 m², à medida que diminui a competição entre as árvores, o i_g passa de 20 cm² com o $I_{GH} = 0$ (maior competição) para 46 cm² com $I_{GH} = 4$ (menor competição).

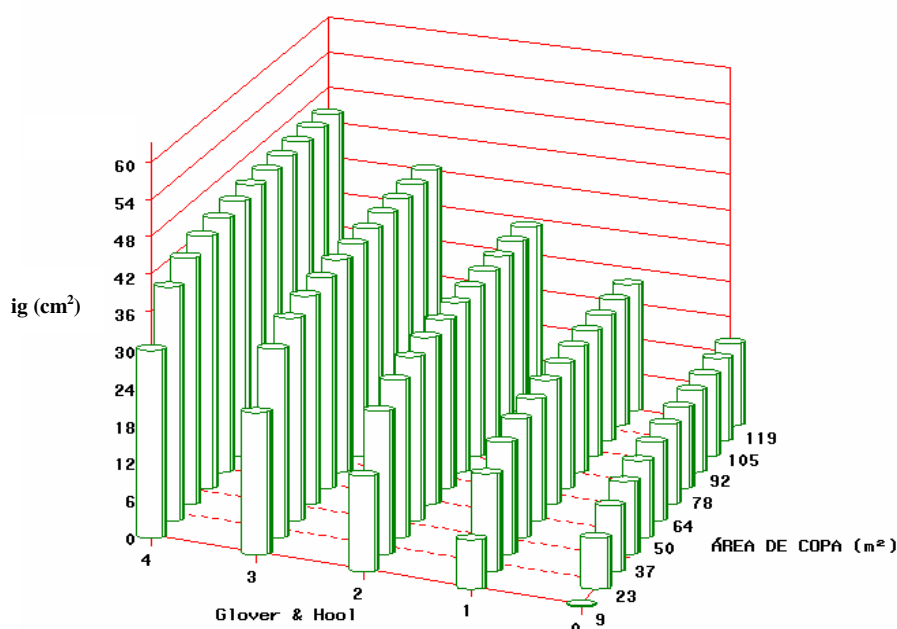


Figura 14 – Incremento em área basal (i_g) em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}), para vitalidade 1. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Situação semelhante foi verificada nas árvores classificadas como de vitalidade 2 e 3 conforme as Figuras 15 e 16 respectivamente, mostrando que o incremento diminuiu à medida que as árvores apresentaram condições adversas para o seu desenvolvimento.

Para os indivíduos classificados como de vitalidade 2, e grande área de copa, de 119m², observou-se que o incremento em área basal (i_g) foi de 6 cm² com o $I_{GH} = 0$; subindo para 20 cm² com $I_{GH} = 1$, e para 34 cm² com $I_{GH} = 2$ alcançando cerca de 30 cm² com o $I_{GH} = 3$, e o valor máximo de i_g de 37 cm², quando o índice de Glover e Hool passou para 4.

As menores taxas de crescimento encontradas ocorreram em árvores como de vitalidade 3, comprovando a importância de uma boa formação da copa para o crescimento das árvores.

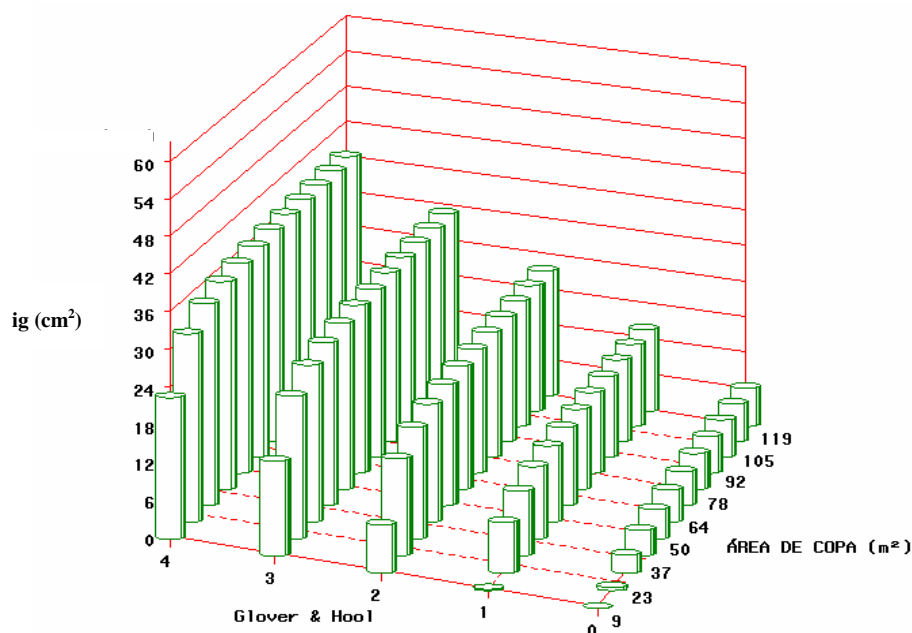


Figura 15 – Incremento em área basal (i_g) em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}), para vitalidade 2. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

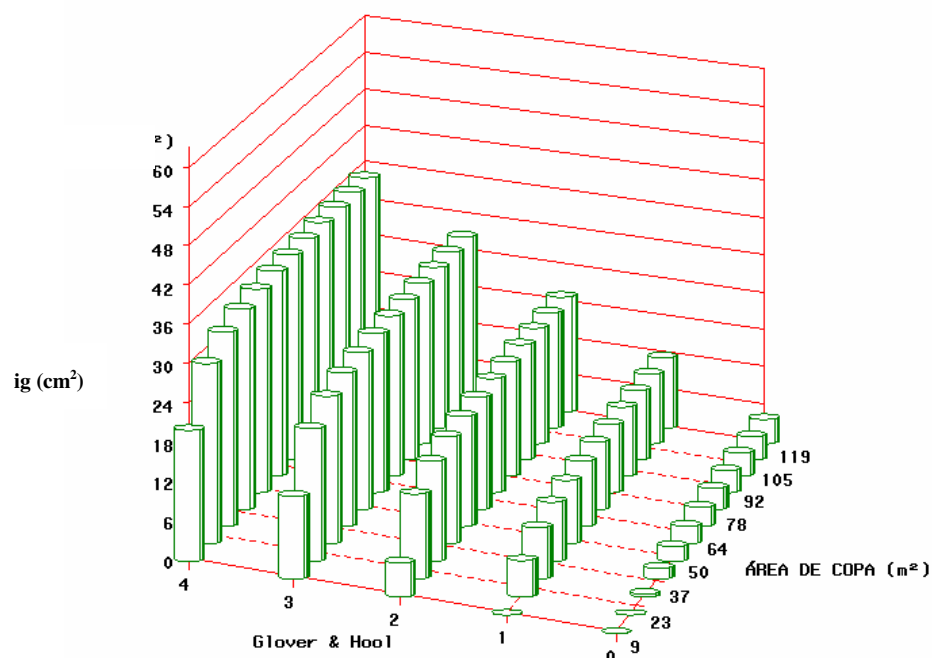


Figura 16 – Incremento em área basal (i_g) em razão do índice de competição Glover e Hool (I_{GH}), para vitalidade 3. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

4.6 Comparação das curvas de incremento em área basal (ig)

Na Tabela 11 estão relacionados os resultados da análise de covariância, do teste hipótese da não-diferença de nível e inclinação das curvas de incremento em área basal, calculadas para árvores masculinas e femininas. Na tabela, foram registrados valores de F iguais a 2,56 e 0,82 com probabilidade de significância $> 0,10$ correspondentes às interações com a variável sexo e vitalidade⁻¹ e I_{GH}, bem como o F de 5,21, com probabilidade de 0,023. Esses resultados mostraram não haver evidências de diferença de inclinação entre as curvas geradas, de forma independente, para o sexo feminino e masculino.

Da mesma forma, o valor de F calculado para a variável sexo, indicadora do nível das curvas de regressão (interseção) não foi significativo com valor de probabilidade 0,2040.

Tabela 11 - Análise de covariância para testar diferença de nível e de inclinação para os sexos masculinos e femininos. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Modelo	7	10469,09802	1495,58543	22,03	<,0001
1/vit	1	5849,827231	5849,82723	86,16	<,0001
I _{GH}	1	1168,134744	2757,578845	40,61	<,0001
1/A _{copa}	1	110,109895	1168,134744	17,20	<,0001
sexo	1	173,951648	110,109895	1,62	0,2040
1/vit*sexo	1	55,544901	173,951648	2,56	0,1107
I _{GH} * sexo	1	55,544901	55,544901	0,82	0,3666
1/A _{copa} *sexo	1	353,950755	353,950755	5,21	0,0233
Resíduo	251	17042,59879	67,89880		
Total	258	27511,69681			

Sendo: FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrados do tipo I; QM = Quadrado médio; F = Valor de significância calculado pelo teste de F; Prob>F = Probabilidade de significância para o valor de F.

De acordo com a Tabela 11, os valores de F iguais a 86,16 e 2,56; 40,61 e 0,82; 17,20 e 5,21, para as fontes de variação 1/vit*sexo, I_{GH}* sexo e 1/A_{copa}*sexo, indicaram que a hipótese de não-igualdade de inclinação e nível para o conjunto das árvores selecionadas não foi significativa. Esse resultado indicou não ser necessário utilizar uma equação separada para

representar o incremento em área basal i_g para árvores masculinas e femininas, servindo, para tanto, uma única equação de regressão.

4.7 Análise de Agrupamento (*Cluster*)

A análise de agrupamentos reuniu, em dois grupos G1 e G2, as 96 árvores amostras (Figura 17). No Grupo G1 foram reunidas as árvores com maior incremento e, no G2, as de menor incremento. Partindo dessa separação em grupos, foram avaliadas individualmente as árvores em cada um dos grupos em que se procurou destacar suas características, ou seja, entender o que fazia cada uma pertencer a um ou outro grupo.

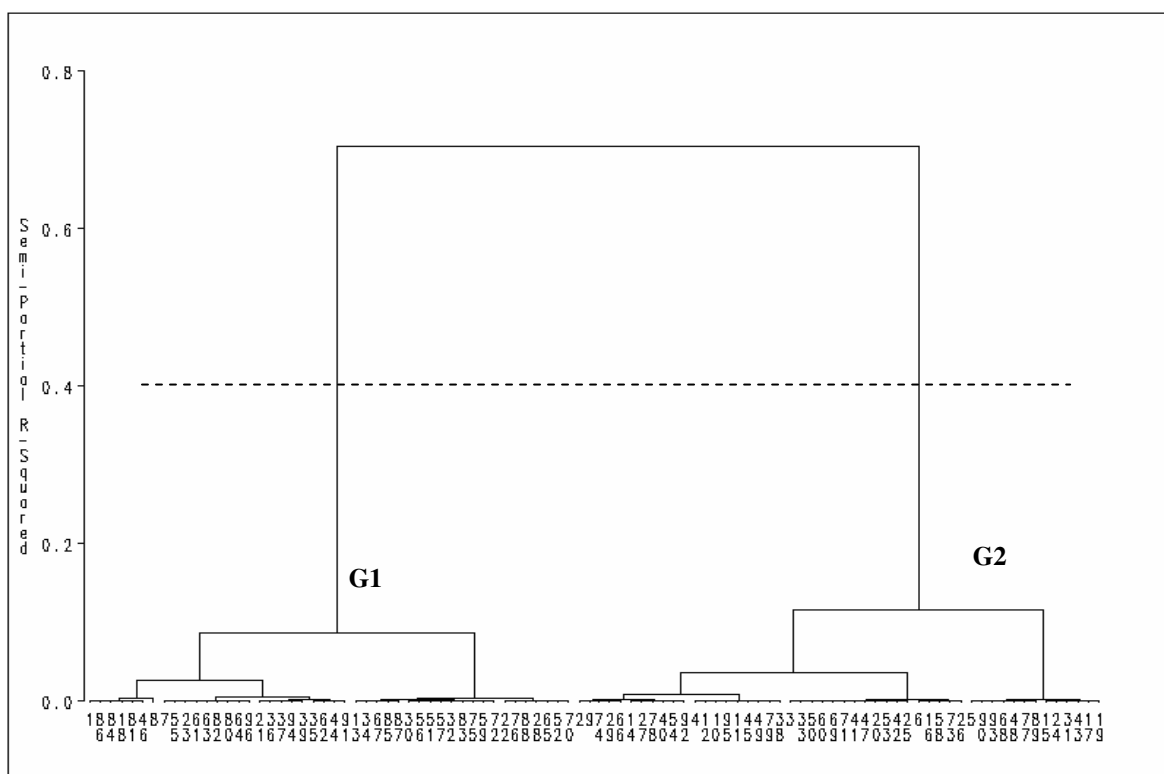


Figura 17 – Grupos de árvores formados com base na diferenciação do crescimento para as árvores analisadas na FLONA de São Francisco de Paula, RS.

4.7.1 Características das árvores pertencentes ao G1.

O G1 foi composto por 45 indivíduos, sendo que destes, 51,1% pertencem ao sexo feminino e 49,9% ao sexo masculino. Dos indivíduos do sexo feminino, 30,4% pertencem à classe de 60 anos e 69,6% à classe dos 40 anos. Das árvores pertencentes ao sexo masculino, 50% eram da classe de 60 anos e 50%, pertencem à classe dos 40 anos.

Nesse grupo, 82,3% dos indivíduos apresentaram vitalidade 1 (vitalidade ótima), e 17,7%, vitalidade 2 e 3 (vitalidade média ruim); 86,7% eram dominantes ou co-dominantes, e 13,3% eram da classe das dominadas ou suprimidas; 80% estavam em local com afloramento de rocha médio ou alto e 20% estavam em local sem presença de afloramento de rocha.

Em relação à posição no relevo, 48,9% das árvores se encontravam na parte superior, 24,5% na intermediária e 26,6% na parte inferior. Quanto à distribuição das copas, 84,4% das árvores tinham a copa regularmente distribuída em relação ao eixo central do tronco e 15,6% copas com distribuição irregular, ocupando apenas um ou dois quadrantes. As árvores apresentaram uma área de copa variando de 19,24 à 118,8 m². Nesse grupo, o incremento em área basal (i_g) variou de 13,67 a 37,70 cm². O comprimento de copa (L_c) variou de 1,0 a 11,2 m, e alturas totais entre 14,1 a 24,5 m, com cap variando de 95 a 158,0cm, e média de circunferência a altura do peito (cap) de 120,0 cm.

O índice de Hegyi foi maior nesse grupo (3,4712) o que pode ser explicado pelo maior número de árvores, o povoamento sofreu menos desbaste que o de 60 anos. Esse índice leva em consideração a distância entre as árvores o que levou a ter maiores valores de I_H , caracterizando uma maior competição.

A maior competição não afetou o crescimento do grupo, pois era composto por árvores mais jovens (a maioria com idade de 40 anos) cujo potencial de crescimento é maior que das árvores mais velhas.

Essas relações foram comprovadas pelo índice de Glover e Hool que alcançou o valor de 3,2, pois quanto maior esse índice, menor é a competição.

4.7.2 Características das árvores pertencentes ao G2.

O G2 foi composto por 51 indivíduos, dos quais, 58,8% eram do sexo feminino e 41,2% do sexo masculino. Dos indivíduos do sexo feminino 50% pertenciam à classe de 60 anos e 50% a classe dos 40 anos. Entre os 21 indivíduos do sexo masculinos, 33,4 % estavam na classe de 40 anos, e 66,6% pertencia à classe dos 60 anos.

Nesse grupo, 39,2% dos indivíduos apresentaram vitalidade 1 (boa vitalidade), e 60,2% vitalidade 2 e/ou 3. Quanto à posição sociológica, 55% eram dominantes ou co-dominantes, e 45% pertenciam à classe das dominadas ou suprimidas; 88% estavam em local com afloramento de rocha médio ou alto e 12% estavam em local sem presença de afloramento de rocha.

Quanto à posição no relevo, 45% das árvores se encontraram na parte superior, 35,5% na parte intermediária e 19,5% na parte inferior (baixio). As árvores apresentaram uma área de copa variando de 9,89 m² à 83,32 m², com Incremento em área basal (i_g) variando entre 0,56cm² a 22,055cm². O comprimento de copa (L_c) variou de 0,6 a 9,9 m, as alturas entre 14,0 e 22,4m, com cap variando entre 67,5cm a 1561cm, e cap médio de 116.6cm.

O índice de Hegyi foi menor neste grupo (2,37), e o índice de Glover e Hool variou de 0,42 a 1,56 caracterizando, dessa forma, maior concorrência entre os indivíduos do grupo.

4.8 Modelagem do incremento em área basal (i_g) para as árvores pertencentes ao G1

A modelagem do i_g , utilizando os dados do G1, proporcionou o desenvolvimento de novo modelo de regressão com sensível aumento da precisão e ajuste (Tabela 12).

Os resultados mostram que, em comparação com o modelo geral sem a separação das árvores, o coeficiente de determinação ajustado aumentou de 0,8387 para 0,9234 e coeficiente de variação diminuiu de 46,54% para 29,21%, o mesmo fato ocorrendo com o erro padrão da estimativa e com sensível aumento do valor de F de 815,92 da análise da variância.

Tabela 12 – Coeficientes do modelo de regressão para o G1 e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal (ig) em razão das variáveis selecionadas na modelagem. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Variável	Coeficiente	S_{yx}	$R^2_{aj.}$	CV %	F (mod)	Pr>F
cap	$b_1 = 0,14453$	7,1738	0,9234	29,10	815,92	0,0001
$1/vit^2$	$b_2 = 8,42463$					0,0001

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

Os resíduos da função contra os valores de i_g observados foram representados na Figura 18, podendo-se verificar que, embora a grande dispersão dos valores, não houve evidência de tendência nas estimativas da função. A variação dos resíduos decorre da variação natural encontrada na amostragem dos dados. Esse mesmo efeito pode ser verificado na Figura 19 em que foram representados valores observados em preto e os ajustados em vermelho.

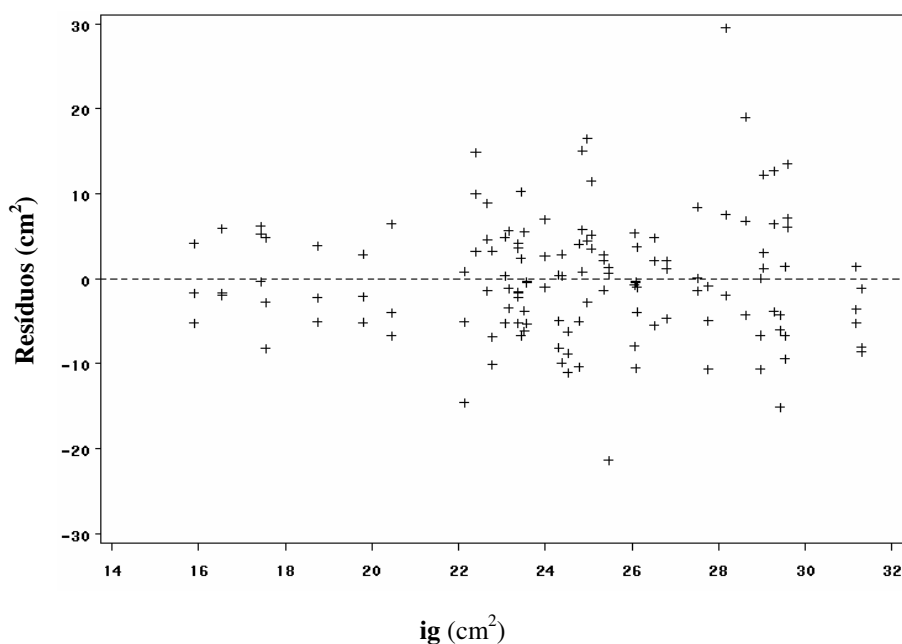


Figura 18 - Distribuição dos resíduos da equação selecionada para o G1 ($ig = 0,14508 * cap + 8,42463 * \frac{1}{Vit^2}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

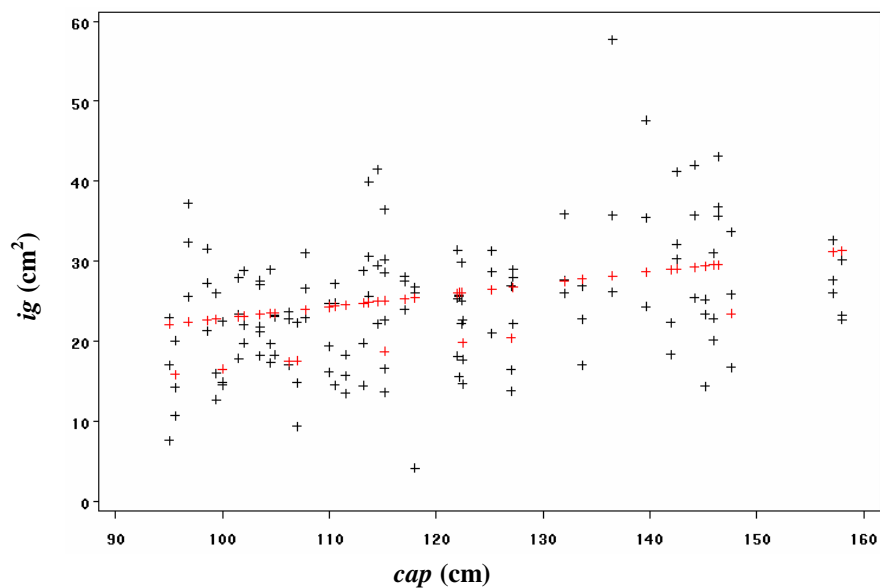


Figura 19 – Valores observados e estimados pela equação selecionada para o G1, em razão da circunferência a altura do peito (*cap*). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

A tendência de aumento do incremento em área basal (*ig*) registrada na Figura 19 foi melhor analisada na Figura 20, em que se mostrou o efeito das variáveis selecionadas no modelo de regressão, de forma tridimensional.

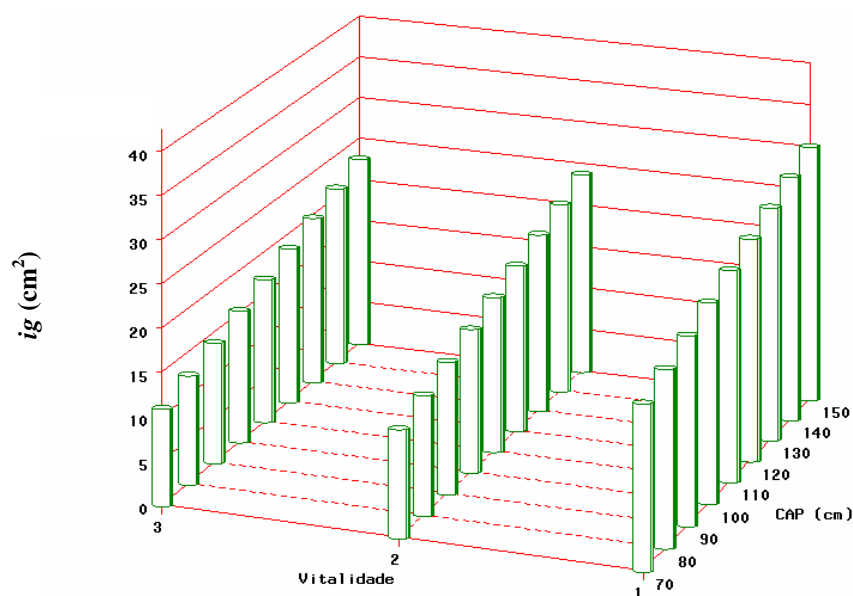


Figura 20 – Incremento em área basal (*ig*) em função da circunferência a altura do peito (*cap*) e da Vitalidade. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Fica demonstrado, de forma mais clara, o aumento do incremento em área basal (i_g) com a melhora da condição de vitalidade da copa (melhor vitalidade 1), bem como o efeito do aumento da dimensão da circunferência a altura do peito (cap).

4.9 Modelagem do incremento em área basal (i_g) para as árvores pertencentes ao G2

A modelagem do incremento realizada com os dados do G2 resultou em modelo matemático com boa precisão e ajuste, mas com redução do coeficiente de determinação de 0,8326 para 0,7870 e aumento do coeficiente de variação de 47,26% para 54,29%, quando comparado com o modelo contendo todos os dados, em conjunto único (Tabela 13).

O modelo ajustado apresentou distribuição regular dos resíduos como mostrado na Figura 21, porém, igualmente ocorreu grande variação dos resíduos em relação a variável ig observada.

Tabela 13 – Coeficientes do modelo de regressão para o G2 e parâmetros estatísticos da equação do incremento em área basal (ig) em razão das variáveis selecionadas na modelagem. FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Variável	Coefficiente	S_{yx}	$R^2_{aj.}$	CV %	F (modelo)
$1/I_{GH}^2$	$b_1 = -1,76228$	5,3763	0,7870	54,2923	230,02
$\sqrt{A_{copa}}$	$b_2 = 1,89207$				

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

A representação gráfica dos valores observados e ajustados de incremento em área basal (ig) contra a variável dependente $\sqrt{A_{copa}}$, (Figura 22) selecionada no modelo de regressão, reforçam a tese da grande dispersão dos valores observados, aqui representados para uma mesma área de projeção de copa.

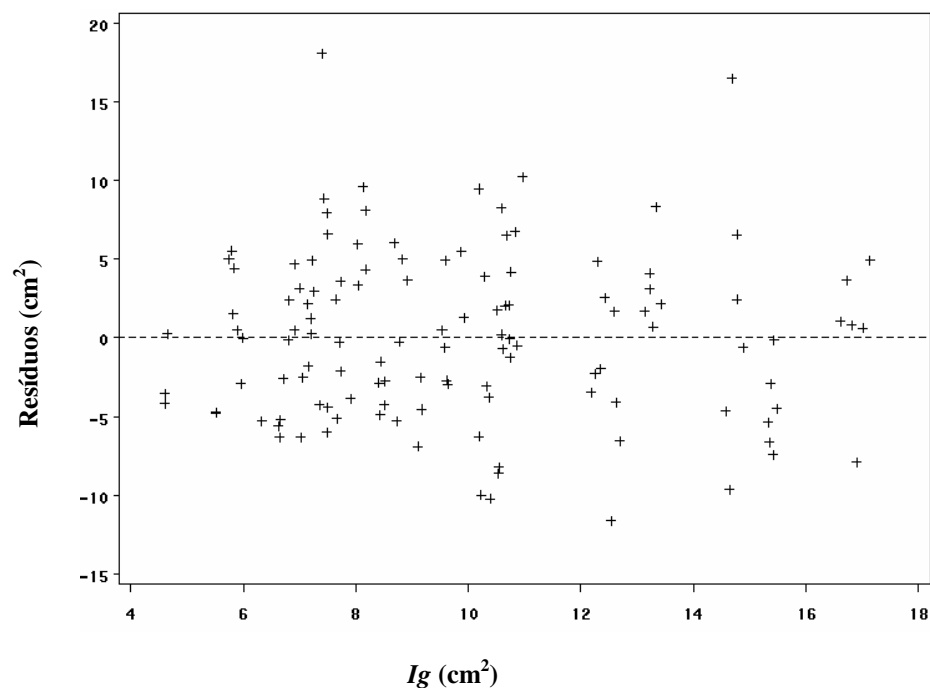


Figura 21 – Distribuição dos resíduos da equação selecionada para o incremento em área basal (i_g) para o G2 ($i_g = -1,76228 * \frac{1}{I_{GH}^2} + 1,89207 * \sqrt{A_{copa}}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

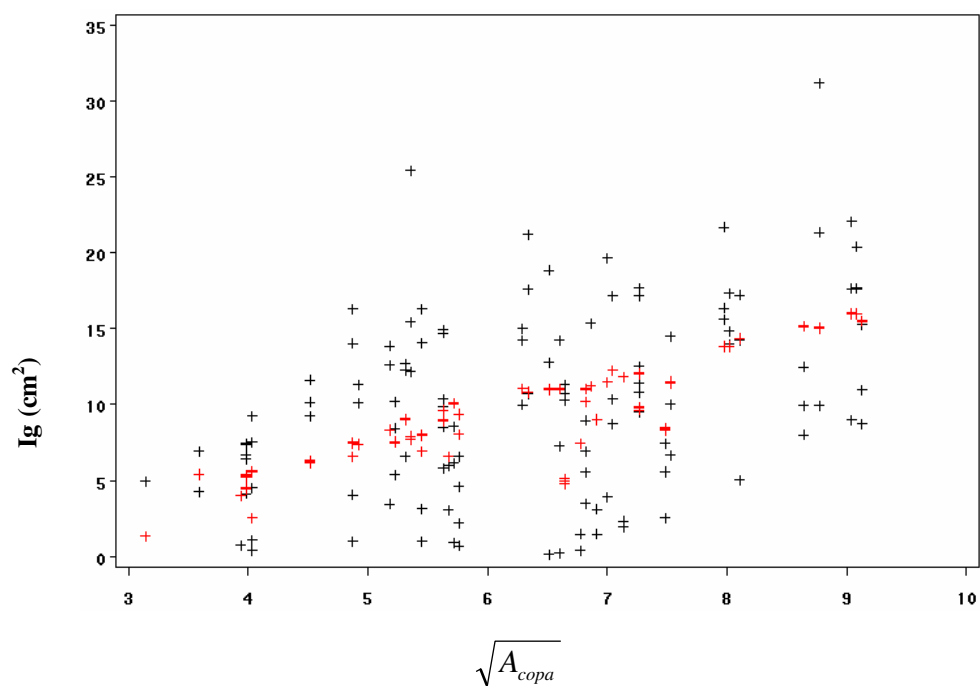


Figura 22 – Valores observados e estimados pela equação selecionada para o G2, em razão da raiz quadrada da área de copa ($\sqrt{A_{copa}}$). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

Essa relação gráfica permitiu ainda demonstrar o aumento do incremento em área basal (ig). O padrão de variação do incremento em razão das variáveis selecionadas no modelo de regressão representado de forma tridimensional na Figura 23, e permitiu avaliar a contribuição destas variáveis no desenvolvimento do incremento em área basal (ig). Verifica-se que ocorreu um aumento do incremento com o aumento da área de copa e do Índice de Glover e Hool (I_{GH}). Fica demonstrado ainda uma concentração de árvores com Índice de Glover e Hool entre 0,78 e 1,55, ou seja, árvores que estão competindo mais entre si. As árvores amostras, nesse caso, apresentam diâmetros muito semelhantes às vizinhas competidoras.

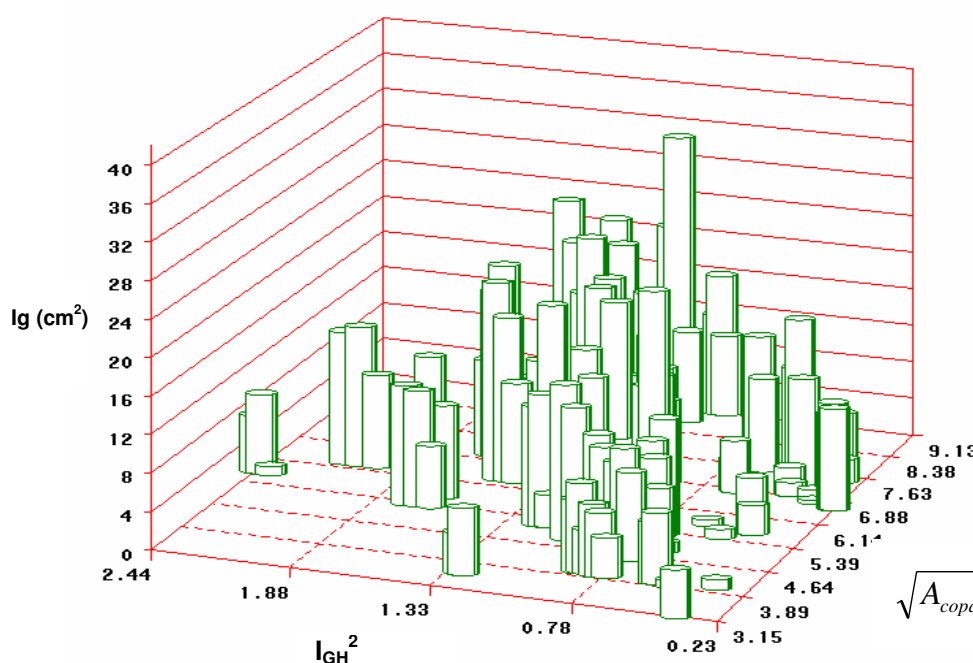


Figura 23 – Incremento em área basal (ig) em função da raiz quadrada da área de copa ($\sqrt{A_{copa}}$), e do Índice de Glover e Hool (I_{GH}^2). FLONA, São Francisco de Paula, RS.

4.10 Relação das variáveis meteorológicas com a atividade cambial das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

Fenômenos meteorológicos como precipitação, temperatura e luz afetam o desenvolvimento das árvores. O efeito desses fatores no controle da periodicidade do câmbio

tem sido observado por diversos autores. Waisel e Fahn (apud CARDOSO, 1991), relatam que a temperatura é considerada um dos principais fatores para a avaliação do câmbio que, juntamente com o fotoperíodo, comanda a formação do tipo de madeira, quando nos dias longos é produzido lenho primaveril e nos curtos outonal.

Os resultados apresentados nas Figuras 24, 25 representaram os dados de precipitação, temperatura média mensal, e evapotranspiração potencial para todo o período de avaliação, bem como a média do incremento e crescimento das árvores do sexo masculino e as árvores do sexo feminino.

De acordo com os dados apresentados na Figura 24, no primeiro período de avaliação (agosto de 2003 a julho de 2004), o máximo valor de precipitação foi de 235,8 mm no mês de março, e a máxima temperatura média de 18,3°C, no mês de janeiro, e os valores mais baixos de precipitação média mensal foi agosto de 2003 com 47,7 mm, e a mínima temperatura média foi também em agosto com 10,1°C seguido do mês de maio e julho de 2004 com 10,9°C e 9,6 °C, respectivamente.

No segundo período avaliado (agosto de 2004 a julho de 2005), a máxima precipitação ocorreu no mês de setembro com 248 mm e a máxima temperatura média foi de 19,3°C, também no mês de janeiro, sendo os menores valores de precipitação registrados nos meses de agosto de 2004 com 40,2 mm, e as menores temperaturas registrada em julho de 2005, com 10,3°C. No último período de análise (agosto de 2005 a julho de 2006), a maior precipitação ocorreu no mês de agosto com 306,7 mm, seguido de outubro com 271,1 mm. Nesse período, a temperatura média máxima ocorreu no mês de janeiro com 19,8 °C, os menores valores de precipitação e temperatura foram registrados nos meses de julho de 2006 e setembro de 2005 com 69,4 mm e 10,4°C, respectivamente.

Na Figura 25, pode-se observar que, os maiores valores de evapotranspiração potencial mensal (ETP) ocorreram nos meses de outubro de 2003, seguido de março e maio de 2004 no primeiro período de avaliação (agosto de 2003 a julho de 2004). Nesse período ocorreu menor déficit hídrico do que no período que vai de agosto de 2004 a julho de 2005.

À medida que o solo vai secando durante os períodos de menor pluviosidade da estação de crescimento, todos os processos fisiológicos vão se restringindo. Desta forma, em consequência da ausência de água no solo, existem períodos de menor crescimento vegetativo correlacionados com menores volumes de precipitação.

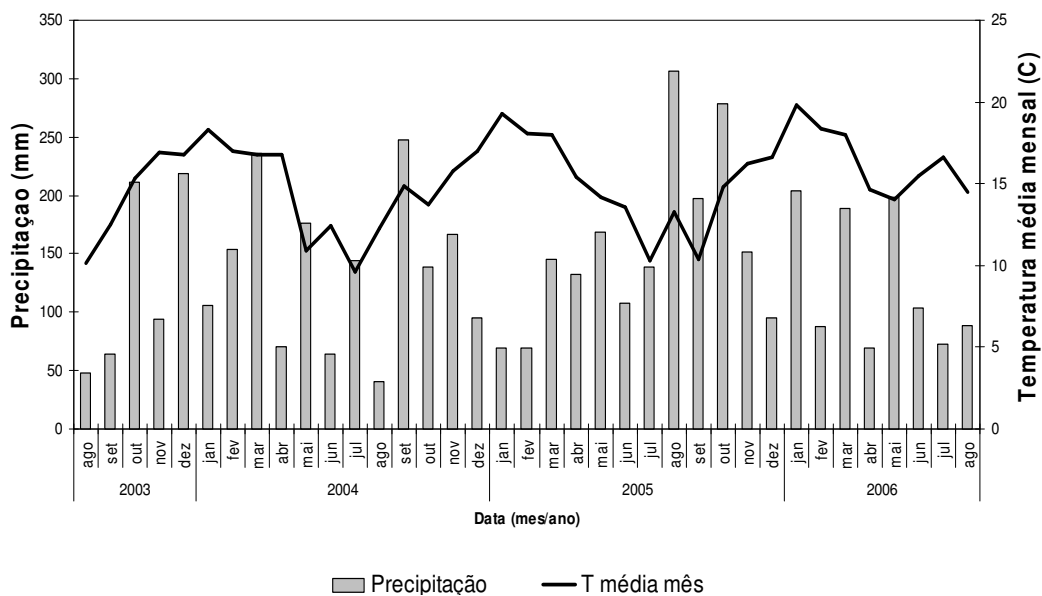


Figura 24 – Precipitação e temperaturas médias mensais ocorrentes em Cambará do Sul, Região do experimento na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

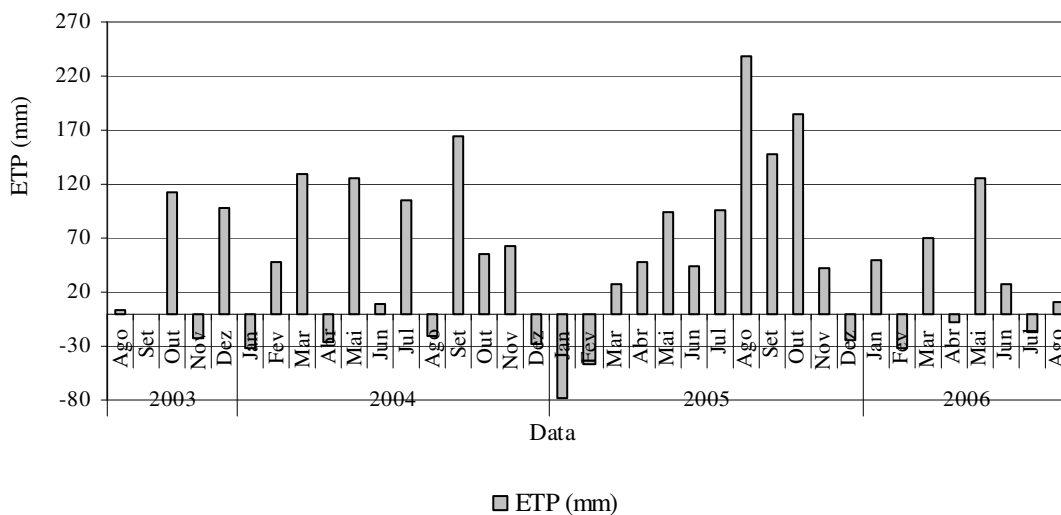


Figura 25 – Evapotranspiração potencial ocorrente em Cambará do Sul, Região do Experimento na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

No segundo período os maiores valores de evapotranspiração foram aos meses de setembro, seguido de maio e junho, ocorrendo déficits hídricos nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

No terceiro período de avaliação, que compreendia de agosto de 2005 a julho de 2006, ocorreram os maiores valores de evapotranspiração entre os três anos analisados (agosto, outubro, setembro e maio), período esse caracterizado pelo excesso hídrico. Os meses de dezembro e fevereiro, também apresentaram déficit hídrico.

Os resultados do incremento médio mensal das 96 árvores avaliadas por sexo, representada na Figura 26, mostraram que a taxa de crescimento em circunferência do tronco observada nas árvores está diretamente relacionada com a temperatura e precipitação. Foi possível verificar que o aumento da temperatura correspondia ao maior crescimento, cessando ou reduzindo o crescimento naqueles períodos com temperaturas mais baixas, no qual provavelmente também ocorria um excesso de água no solo. Os maiores incrementos foram então associados, às maiores temperaturas médias mensais e também aos períodos em que houve maior precipitação. Nos meses de inverno, embora tenha existido precipitação abundante, a redução da temperatura (Figura 26) pode ter sido o elemento causador da interrupção do crescimento.

Esses elementos meteorológicos afetaram de igual forma árvores masculinas e femininas resultando em crescimentos idênticos para ambos os sexos, em períodos relativamente iguais (Figura 26 e 27).

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira (2002), estudando espécies arbóreas de florestas estacionais em São Paulo onde registrou que os maiores incrementos ocorreram em períodos chuvosos quando comparado com períodos secos, época em que ocorria a diminuição e/ou cessava a atividade cambial.

As mesmas relações descreveram Botosso e Vetter (1991), em estudo conduzido com oito espécies da Amazônia, em que num período de 20 meses, ocorreu a diminuição ou parada completa da atividade cambial no período de julho a setembro, período esse caracterizado por baixos índices pluviométricos. A idêntica relação, crescimento e precipitação foi descrita por Worbes (1999) na Venezuela.

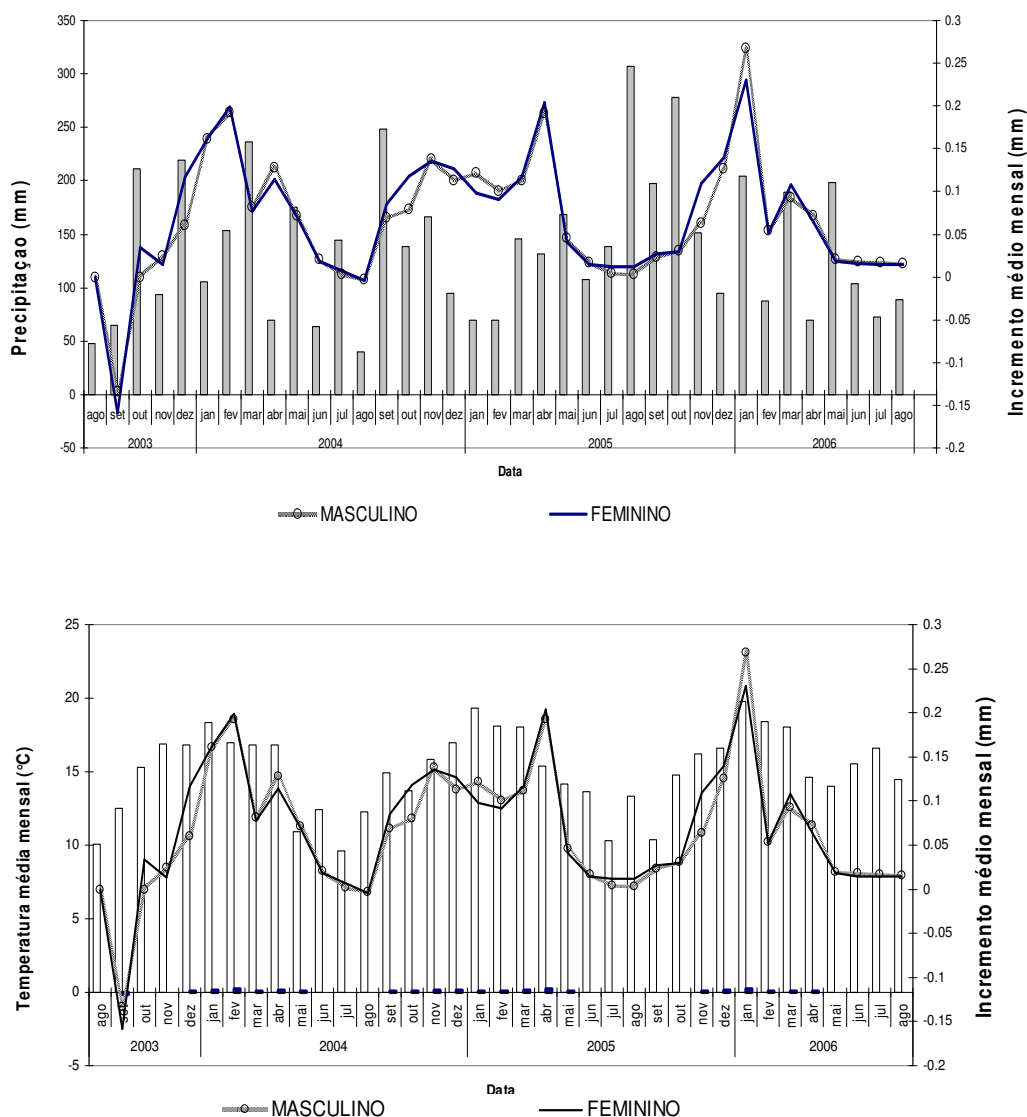


Figura 26 – Incremento médio mensal em circunferência a altura do peito (*cap*), para árvores masculinas e femininas de Araucária localizadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

Lojan (1965, 1967 e 1968) comparou as variações meteorológicas com a periodicidade do crescimento de espécies florestais de Turrialba – Costa Rica, verificando que as árvores crescem a cada mês, de acordo com o período de maior precipitação, temperatura e umidade relativa. Da mesma forma, concluiu Cardoso (1991) que a alta precipitação e temperatura foram indicadores do maior índice de atividade cambial em *Tectona grandis*.

Smith et al. (1997) em estudos realizados com espécies no sul da Bahia, verificaram que apenas a precipitação estava diretamente relacionada com a taxa de crescimento em duas das cinco espécies estudadas. Nas demais, o crescimento foi contínuo durante todo o período de estudo. Segundo os autores, a falta de sazonalidade da temperatura e ou precipitação em algumas regiões, torna difícil determinar a atividade periódica do cambio vascular.

Nesse estudo, resultados obtidos com a araucária indicaram que a espécie é sensível às oscilações meteorológicas, ou seja, houve mudança na taxa de crescimento relacionada à variação da temperatura e precipitação, porém não houve diferença de crescimento entre os indivíduos masculinos e femininos.

O crescimento das árvores iniciou no mês de setembro, exceto no primeiro ano de avaliação no qual foram registrados incrementos negativos. Esse resultado embora não considerado, mas apresentado nas Figuras 27, 28 registrado no gráfico foi descartado das avaliações e modelagem, pois representa o período de ajuste do dendrômetro (faixa graduada). Nos demais períodos de avaliação, a atividade cambial começou em setembro tendo seu pico de crescimento nos meses em que não ocorria déficit hídrico nem temperaturas muito baixas, diminuindo e/ou cessando a atividade cambial a partir de março e abril.

De maneira geral, as árvores cessam ou diminuem a atividade cambial num período que varia de 5 a 6 meses dependendo das variáveis meteorológicas do local, bem como da posição sociológica e vitalidade das árvores. As árvores dominadas apresentaram um menor crescimento em relação às dominantes ou codominantes, mesmo naqueles períodos cuja temperatura foi maior, a mesma situação ocorrendo nas árvores com vitalidade 1, em relação aquelas árvores com vitalidade 2 e 3.

No primeiro período de avaliação, o pico de crescimento se deu no mês de fevereiro, já no segundo ano o pico de crescimento ocorreu no mês abril, decrescendo de maio a julho. No terceiro período, houve um pico de crescimento também em janeiro, com decréscimo em fevereiro, podendo esse fato ser explicado pela baixa precipitação nesse mês. Na fase mais seca, algumas árvores reduziram e até paralisaram o crescimento, provocando uma contração da circunferência do tronco, pela perda de água da casca, resultando numa redução dos registros anteriormente tomados nos dendrômetros.

Esse fato foi também relatado por Maria (2002) em estudo da periodicidade de crescimento em que verificou que a redução da taxa do incremento ocorria geralmente a partir

de março a abril, particularmente para *Cedrela fissilis*, *Copaifera langsdorffii*, *Centrolibium tomentosum*, *Tabebuia serratifolia*, *Balfourodendrum riedelianum* e *Cariniana estrellensis*, inferindo esses resultados, o efeito da diminuição e/ou cessação da atividade cambial decorrente do início de déficit hídrico, da precipitação pluviométrica e das temperaturas mais baixas que antecederiam o início do inverno.

Worbes (1995) estudou o ritmo de crescimento com o uso de fitas dendrométricas com espécie *Cedrela odorata* e observou que esta teve um longo período de dormência cambial durante o período seco; o que não foi observado com a espécie *Cordia alliodora*, que apresentou um crescimento mais regular.

Fritts (1958) apud KRAMER e KOSLOWSK (1960) demonstrou que existem variações no crescimento diamétrico durante as vinte e quatro horas do dia, produzidas por elementos meteorológicos climáticos, notadamente fatores que influem na hidratação e desidratação da árvore. A importância da chuva foi também registrada por Lojan (1965), descrevendo a correlação positiva do crescimento quinzenal de seis espécies tropicais com a chuva. Segundo o autor, nas espécies caducifólias, os períodos de crescimento e repouso não pareceram ser influenciados pela chuva, mas, sim, por fatores internos; já as espécies perenifólias cresceram durante todo o ano, com uma taxa mais reduzida na estação seca.

Com base em estudos de crescimento com algumas espécies tropicais, Détienne (1989) observou que existe uma grande variação no tempo de redução da atividade cambial de algumas árvores, variando de 0,5 a 3 meses, atingindo em algumas espécies 6 a 12 meses. O período de paralisação cambial é função da espécie, das condições meteorológicas e, sobretudo de vigor das árvores, relacionado a idade e posição sociológica no povoamento.

O incremento médio acumulado das árvores masculinas e femininas e, o médio das 96 árvores amostras, mostrou que não houve grande diferença entre os valores encontrados para indivíduos masculinos e femininos. Entretanto, a curva de crescimento das fêmeas é levemente superior a observada para os machos, sem, contudo ser significativa. Durante o período de amostragem, o maior incremento corrente médio acumulado foi de 6,0mm para árvore do sexo feminino e 4,88mm para árvore do sexo masculino; a média de incremento em diâmetro para o povoamento com 40 anos foi de 2,70mm e para o povoamento de 60 anos foi de 2,17mm.

Apesar da sincronia observada da taxa de crescimento acumulado do diâmetro do tronco entre as árvores de maneira geral, houve variação entre alguns indivíduos. Observou-se a existência de árvores que não apresentaram nenhuma taxa de crescimento ou taxa relativamente inferiores às demais durante todo o período do estudo.

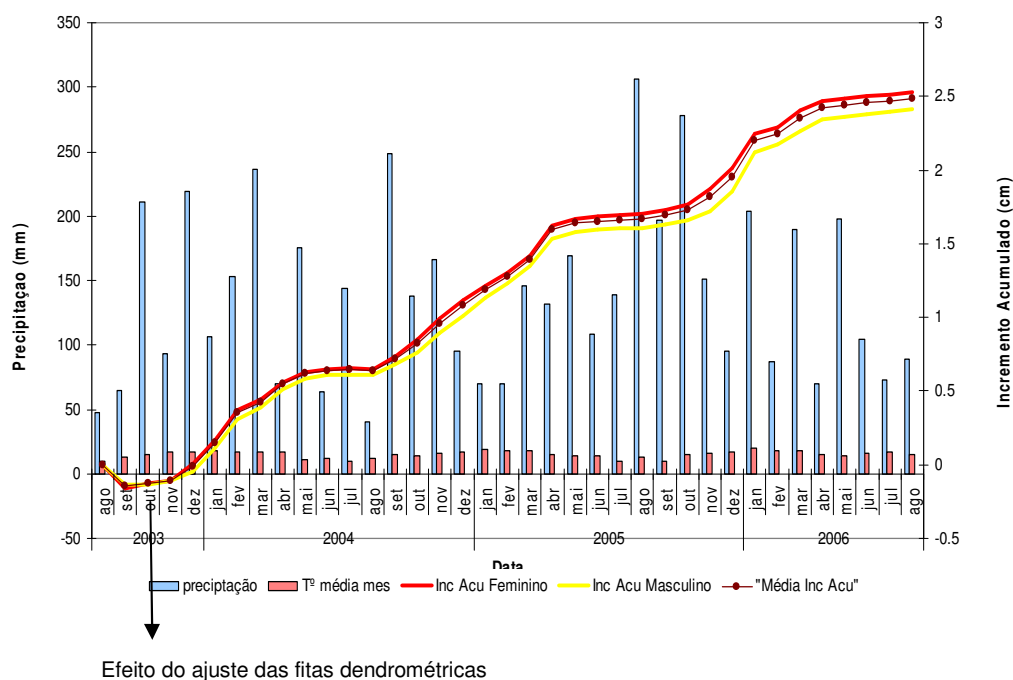


Figura 27 – Incremento corrente acumulado em circunferência a altura do peito (*cap*), para indivíduos femininos, masculinos e sem diferenciação do sexo localizados na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

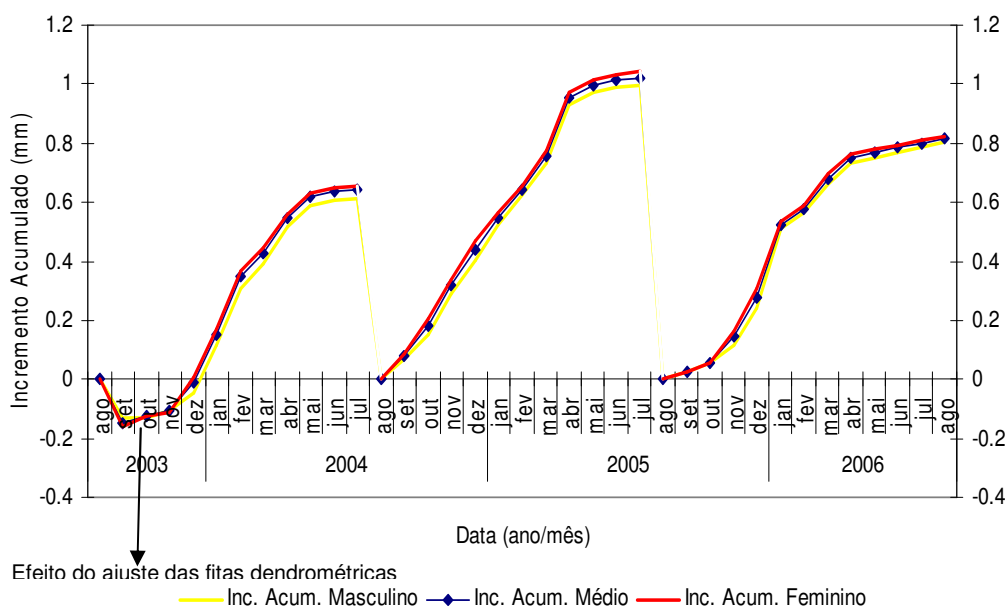


Figura 28 – Incremento corrente médio anual em circunferência a altura do peito (*cap*), para indivíduos femininos, masculinos e sem diferenciação de sexo, localizados na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS

Reações semelhantes foram observadas por Détienne e Barbier (1988 apud BOTOSSO e VETTER, 1991), que constataram reações muito diferentes em árvores de espécies tropicais, na estação seca com as árvores não obedecendo sistematicamente a um mesmo modelo de crescimento.

O incremento médio percentual mostrou que os maiores incrementos (Figura 29) ocorreram em janeiro e fevereiro para o primeiro e terceiro ano de avaliação, ambos os crescimento em torno de 30%. No segundo período de avaliação o incremento máximo nestes meses foi de 10% nestes meses, sendo o de maior incremento o mês de abril, com 19,5%. As maiores taxas percentuais de crescimento são relacionadas aos meses em que as temperaturas são mais elevadas, independente de ter havido ou não déficit hídrico.

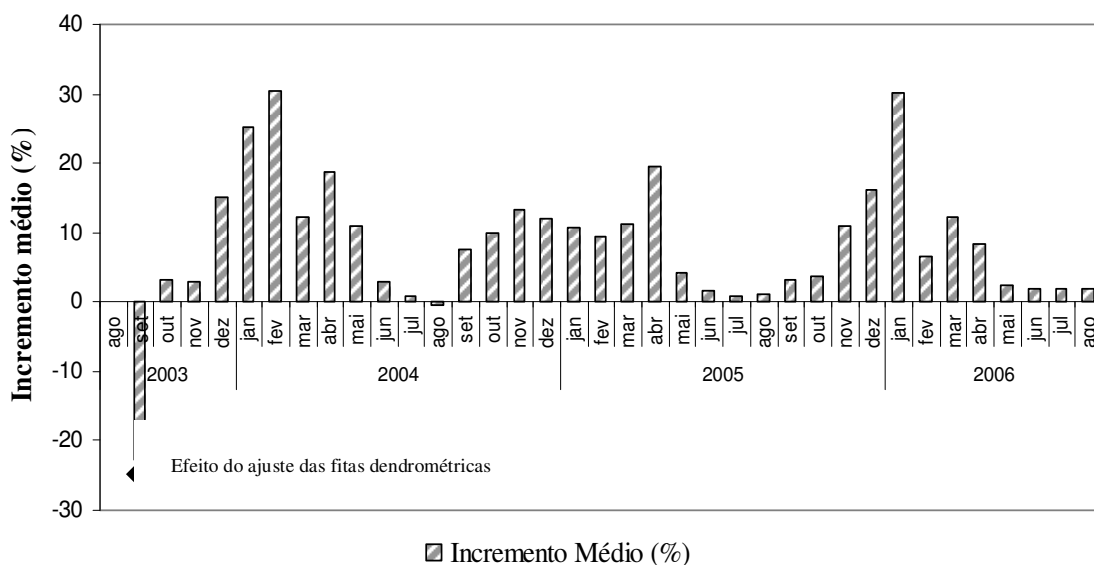


Figura 29 – Incremento médio percentual nos três períodos de avaliação para as 96 árvores localizadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

O período de setembro a março mostrou ser responsável por 66,53% do incremento das árvores ao longo do ano no primeiro período de avaliação, sendo que, para o segundo ano de avaliação, esse período foi responsável por 74,2%, e no terceiro ano foi de 82,7%. Essa diferença ocorreu, sobretudo, em razão das variações climáticas nos diferentes períodos. O segundo ano de avaliação teve um período de déficit hídrico maior que os demais, mas isso não refletiu o crescimento geral das árvores neste período.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, realizados em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, com idades de 40 a 60 anos, localizados na FLONA de São Francisco de Paula, permitem concluir que:

A porcentagem de indivíduos masculinos e femininos de Araucária são, respectivamente, de 56,35% e 43,65%, tendo um diâmetro médio de 42,0 cm as árvores femininas e 38,5 cm as árvores masculinas.

Não há diferença estatística de crescimento entre árvores femininas e masculinas, embora se verifique uma tendência das árvores femininas se desenvolverem mais.

A distribuição diamétrica dos indivíduos obedece à distribuição normal, sendo que há presença de maior número de indivíduos do sexo feminino nas maiores classes diamétricas e maiores quantidades de masculinos nas menores classes.

O início do crescimento anual das árvores ocorre em setembro, tendo seu pico de crescimento no mês de janeiro, e começa a decrescer a partir de março.

No mês de janeiro, ocorrem cerca de 22% do incremento diamétrico das árvores e no final desse mês já ocorreram em média 57,42% do incremento anual acumulado das árvores.

Os aumentos da temperatura e da precipitação influem positivamente no incremento. A ocorrência de precipitação acompanhada de temperaturas baixas reduz o crescimento.

A modelagem de incremento em área basal mostrou bom ajuste quando separado por grupos de árvores discriminados pelas variáveis: circunferência a altura do peito, vitalidade, área de copa e índice de Glover e Hool.

Não há diferença de inclinação e nível para as curvas de incremento em área basal de árvores do sexo masculino e feminino, podendo ser utilizado o modelo geral, discriminado pelas variáveis: índice de Glover e Hool, altura total, vitalidade e área de copa.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. C. R. **Modelagem da prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis***. 2000. 70 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2000.
- ALVIM, T.P. Periodicidade do crescimento das arvores em climas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 1964, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1964. p. 405-422.
- ANDRAE, F. **Ecologia florestal**. Santa Maria: UFSM, 1978. 230 p.
- ANDRAE, F. Bestimmung von Baumzuwachsen mittels permanenter Umfangmessung, insbesondere mit dem "Dial-Dendro". **Cbl.ges.forstw**, v.117, n.3/4, p.163-186, 2000.
- ANDRAE, F. Micro-medições do crescimento de árvores, uso de dendrômetros, métodos aplicação e interpretação de resultados. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria: **Anais...**UFSM, 2004. p. 421-428. 1 CD Rom.
- ANSELMINI, J. I. **Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na Região de Curitiba – PR**. 2005. 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- AUBREVILLE, A. A floresta de pinho no Brasil. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 2, p. 21-36, 1954.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul**: guia de identificação e reconhecimento ecológico. Porto Alegre: Ed. Pallotti, 2002. 325 p.
- BANDEL, G.; GURGEL, J.T.A. Proporção do sexo em pinheiro-brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Silvicultura - **Revista Técnica do Serviço Florestal do Estado de São Paulo**. 1967. p. 209-220.
- BOLFONI, D.; GALVÃO, F.; DURLO, M. A. Influência da profundidade do lençol freático no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 4., 1980, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata, 1980. p. 104-112.

BOTOSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M., Aplicação de fitas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B., MARTOS, H. L.; BARELLA, W. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p. 145-171.

BOTOSO, P. C.; VETTER, R. E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em oito espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, v. 3, n. 2, p.163-180, 1991.

BOTOSO, P.C.; VETTER, E.R.; TOMAZELLO FILHO, M.. **Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareuba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. Ex Benth, Leg. Caesalpinoideae) de floresta de terra firme, em Manaus-AM**. In: Dendrocronologia en América Latina. Mendoza: EDIUNC 2000. p. 357-380.

BOWER, D. D.; BLOCKER, W. W. Accuracy of bands and tape for measuring diameter increments. **Journal of Forestry**, v. 64, n. 1, p. 21-22, 1966.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (DNPEA. Boletim técnico, 30).

BURGER, L.M.; RICHTER, G.H. **Anatomia da madeira**, São Paulo, Nobel, 1991.

CAMERON, R.J.; LEA, R. 1980. Band dendrometers or diameter tapes? **Journal of Forestry**. v. 78, n. 5, 277-278.

CAMPOS, L.J.D. **Prognose por classe de diâmetro a partir de modelos do tipo povoamento total**. 1997. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teça (*Tectona grandis*) – Verbanaceae**. 1991. 117 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileira: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 2003, 1038 p.

CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in Costa Rica tropical rain forest. **Journal of Ecology**, v. 82, n. p. 865-872, 1994.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher.. 1997. 264 p.

DANIEL, T. W., J. H., BAKER, F. **Principios de Silvicultura**. México: McGraw-Hill. 1982. 492 p.

COUTINHO, C. R. **A agricultura nos assentamentos rurais no Ceará: qual o tipo de exploração? O caso Lagoa Verde. Fortaleza.** 1999. 220 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal for Forest Research**, v. 16, n. 6, p. 1230-1237, 1986.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management.** 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1987. 789 p.

HOOGH, R. J de; DIETRICH, A. B.; AHRENS, S. Classificação de sítio, tabelas de volume e de produção para povoamentos artificiais de *Araucaria angustifolia*. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 9, n. 36, p. 58-82, 1978.

DE HOOGH, R. J. **Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In southern Brazil.** 1981. 161 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universität Freiburg. Freiburg, 1981.

DELLA-FLORA, J.B. **Modelos de crescimento para árvores singulares – *Nectandra magapotamica* (Spreng) Mez. e *Ocotea puberula* Ness.** 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DÉTIENNE, P. Apperarance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin New Series.** v.10, n. 2, p. 123-132, 1989.

DURLO, M.A. **Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern Südbrasilien.** 1996. 175 p. Dissertation Doktorat, Universität fur Bodenkultur, Seiten, Wien, 1996.

DUTRA, T.L., STRANZ, A. História das Araucariaceae: a contribuição dos fósseis para o entendimento das adaptações modernas da família, com vistas a seu manejo e conservação. In: RONCHI, L.H., WÖHL, O.G. (org.) **Tecnologia, Diagnóstico e Planejamento Ambiental.** São Leopoldo: Unissinos. 1. ed. v.1, p. 293-351. 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA – SPI, 1999. 412 p.

FASSOLA, H. E. et al. **Observaciones sobre la producción de frutos y semillas en plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** Montecarlo: INTA, EEA, 1999 (Informe final: 1993-1998).

FASSOLA, H. E. et al. 2002. **Biologia reproductiva de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Y su aplicación al manejo de plantaciones en la provincia de Misiones.** Montecarlo: INTA, EEA, 2002 (Informe final: 1998-2001).

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo.**

2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica. 1979. 401p.

GAUTO, O. A. **Análise da dinâmica e impactos da exploração sobre o estoque remanescente (por espécies e grupos de espécies similares) de uma Floresta Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina**. 1997. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

GOLFARI, L. Coníferas aptas para reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do sul. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 1, p. 1-71, 1971. (Boletim Técnico)

GUERRA, et al., Somatic embryogenesis in *Araucaria angustifolia* (BERT) O. KTZE. In: S. Jain, P. Gupta e R. Newton, (eds), **Somatic embryogenesis in woody plants**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, v.6, p. 457-478, 2000.

GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento de um modelo de distribuição diamétrica de passo invariante para prognose e projeção da estrutura de povoamentos de Eucalipto**. 1994, 160 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1994.

HALL, R. C. A vernier tree growth band. **Journal of forestry**, v. 42, n. 10, p. 743-743, 1944.

HANDRO, W., FERREIRA, C. M. *Araucaria* (*Araucaria spp.*) In Y.P.S. Bajai (ed). **Biotechnology in Agriculture and Forestry**, Tree I, Berlin, p. 310-315. 1986.

HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Áustria. **Forest Ecology and Management**, v. 96, n. 3, p. 197-206, 1997.

HASENAUER, H; LEXER, M.J. Accuracy assesment of climate input parameter for biogeochemical modeling. In: EMPIRICAL AND PROCESS BASED MODELS FOR FOREST TREE AND STAND GROWTH SIMULATION, 1., 1997, Oeiras, **Anais...** Lisboa: Salamandra, 1999. p. 339-343.

HESS, A. F. **Inter-Relações no crescimento de *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul**. 2006. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.. 2006.

HIGUSHI, N. *et al.* Uso de bandas metálicas e dendrômetros automáticos para a definição do padrão de crescimento individual das principais espécies arbóreas da floresta primária da região de Manaus, Amazonas, Brasil. In: _____ **Projeto Jacarandá FASE II: Pesquisas florestais na Amazônia Central**. Manaus: 2003. p. 55-68..

HUECK, K. **As Florestas da América do Sul: Ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Polígono, Ed. Universidade de Brasília, 1972. 465 p.

HUECK, K., Distribuição e habitat natural do Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*). **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Universidade de São Paulo**, v. 156, p. 5-24, 1953.

HUSCH, B.; MILLER, I.C.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402 p.

IBAMA. **Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**. Brasília: 2000. 6 p. (Folder).

IBAMA. **Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS**. Santa Maria, 1989. 215 p.

INMET – **Levantamento de dados meteorológicos**.. 2007. <http://www.inmet.gov.br>.

IPEF. **A floresta e o homem**. São Paulo: EDUS, 2000. 448 p.

ISHII, I. H. **Estudos dendrocronológicos em matas ciliares do pantanal**. In: COLETÂNEA DE SEMINÁRIOS TÉCNICOS DO CPA-PANTANAL, 1996/1997. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Doc 23. p. 43-44. 2000.

JACOBY, G. C. Overview of tree-rings analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin New Series**. v. 10, n.2, p. 99-108. 1989.

KEELAND, B.D.; SHARITZ, R.R. Accuracy of tree growth measurements using dendrometer bands. **Canadian Journal Forest Research**. v. 23, n. 11, p. 2454-2457, 1993.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. S. Araucária: A floresta do Brasil meridional. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002, 148 p.

KOROL, R. L.; MILNER, K. S.; RUNNING, S. W. Testing a mechanistic model for predicting stand and tree growth. **Forest Science**, v. 42, n. 2, p. 139-153, 1997.

KRAMER, P. J., KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p.

LANG, G.E.; KNIGHT, D.H. Tree growth, mortality, recruitment, and canopy gap, formation during a 10-year period in a tropical moist forest. **Ecology**, v. 64, n. 5, p. 1075-1080, 1983.

LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D. Simulation of growth curves from periodic increment data. **Ecology**, v. 66, n. 2, p. 632-635, 1985.

LOJAN, L. Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal del algunos arboles tropicales. **Turrialba**, v.15, n. 3, p. 231-237, 1965.

_____. Periodicidad del clima y del crecimiento de espécies forestales em Turrialba. Costa Rica. **Turrialba**, v. 17, n. 1, p. 71-83, 1967.

_____. Tendências del crecimiento radial de 23 especies forestales del tropico. **Turrialba**, v.18, n. 3, p. 275-281, 1968.

MAACK, R. Notas preliminares sobre o clima, solos e vegetação do estado do Paraná. **Arquivo Biológico Tecnológico**, v.3, n. 8, p. 99-220, 1948.

MANTOVANI, et. al. Reproductive phenology and seed production of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduas.** 2002. 126 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro.** São Paulo:Grêmio Politécnico, 1972. 638 p.

_____. **O pinheiro brasileiro.** Lages: Artes Gráfica Princesa Ltda, 1994. 223 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.

MOZETO, A.A. et al. Growth rate of natural Amazonian forest trees based on radiocarbon measurements. **Radiocarbon**, v. 30, n. 1, p. 1-6, 1988.

NEPSTAD, D.C.; et. al. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon Forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n.3. p20–8085, 2002.

NIMER, E. **Clima.** In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 151-187.

NTIMA, O.O. **The Araucárias. Fast growing timber trees of the lowland tropics**, n.3. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1968.139 p.

OLIVEIRA, J.B. *et al.* **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

PERLIN, J. História das florestas. In: IPEF. **A importância da madeira no desenvolvimento da civilização.** Rio de Janeiro: Imago, 1992. 440p.

POOLE, D. J. Diameter growth of 4 - 7 year old *Eucalyptus regnans*. **New Zealand Forestry**, v. 31, n. 1, p. 23, 1986.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests.** Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

PRODAN, M. et al. **Mensura Forestal.** San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1997, 562 p.

RAO, K.S.; RAJPUT, K.S. Seasonal behavior of vascular cambium in teak (*Tectona grandis*) growing in moist deciduous and dry deciduous forests. **IAWA Journal**, v. 20, n. 1, p. 85–93, 1999.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Flora ilustrada catarinense: Araucariáceas.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 63 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1988. 525 p.

RODRIGUES, R.; GANDOLFI, S. Conceitos tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.R.(Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: Edusp, 2001. p. 235-247.

ROGERS, R. L. Problemas silviculturais de *Araucaria angustifolia*. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 6, n. 6, p. 308-359, 1953.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G.; HOPPE, J. M. Produção da *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. na região do planalto médio do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência florestal**, v. 2, n. 1, p. 99-118, 1992.

SCHNEIDER, P.R. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 236 p.

SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993. 348 p.

SEITZ, R.A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: Preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

SHIMIZU, J. Y.; OLIVEIRA, Y. M. M. **Distribuição e usos dos recursos genéticos da araucária no sul do Brasil**. Curitiba EMBRAPA – URPFSC, 1981 (Documento 4).

SHIMOYA, S. Contribuição ao estudo do ciclo biológico de *Araucaria angustifolia* (Bertilini) O. Ktze. **Experientiae**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 519-540, 1962.

SILVA, R. P. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest. Ecology. Management**, v. 166, n.1, p. 295-301, 2002.

SMITH, R. B.; SILVA, E.A.M.; ALIM, P.T.; MAESTRI, M. Periodicidade do crescimento do tronco em cinco espécies no sul da Bahia. Brasil. **Agrotrópica**. v. 9, n. 3, p. 99-106, 1997.

SOLIGO, A. J. et. al. Proporção da dioicia e distribuição diamétrica de árvores masculinas e femininas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O.Ktze, em povoamentos naturais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004, p.288-294.

SOLÓRZANO FILHO, J. A. Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão, SP. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Ecologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SOUZA, L. H. **Incremento volumétrico de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez em Floresta Ombrófila Mista**. 2005, 79 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SPATHELF, P e NUTTO, L. **Modelagem aplicada ao crescimento e produção florestal**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000. 70 p. (Polígrafo)

SPURR, S.H.; BARNES, B.V. **Forest ecology**. Ronald Press Company, 1973. 571 p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics with special reference to the biological science**. New York: McGraw-Hill, 1960. 481 p.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS;UFRGS, 2002. 126p.

TEIXEIRA, L L **Estudos Dendrocrolológicos de *Crataeva tapia***. In: COLETÂNEA DE SEMINÁRIOS TÉCNICOS DO CPA-PANTANAL, 1996/1997. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Doc 23. p.47-48. 2000.

TERBORGH, J. et al. Estimating the ages of successional stands of tropical trees from growth increments. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n. 5, p. 833-856, 1997.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N.B; MARTOS, H. L; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP, 2002. p. 117-143.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Centerton, Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311 p.

VAN GOOR, C. P. **Reflorestamento com coníferas no Brasil: aspectos ecológicos dos plantios da região Sul, particularmente com *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia***. Rio de Janeiro: Serviço Florestal do Ministério da Agricultura, Setor de Inventários Florestais, 1965. (Boletim; 9).

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA Bulletin New Series**, v. 10, n. 2, p. 133-145, 1989.

VILLALBA, R., WEBLEN, T.T Climatic influences on the growth of subalpine trees in the Colorado front range. **Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1450-1462. 1994.

VILLAR-SALVADOR, P.V. et al. Stem xylem features in three *Quercus* (Fagaceae) species along a climatic gradient in NE Spain. **Trees**, v. 12, n. 2, p. 90-96, 1997.

WORBES, M. How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337- 351, 1995.

WORBES, M.; JUNK, W. J. How old are tropical trees ? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, v. 20, n. 3, p. 255-260, 1999.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 87, n. 3, p. 391-403, 1999.

ANEXO

Tabela 14 – Correlação de Pearson para o incremento em área basal (*ig*) com os fatores ambientais, climáticos e variáveis dendrométricas e morfométricas.

	sítio	período	incper	cap	ig	Ht	Hfuste	Vit.	Dist. Copa	Vitc* Dist.copa	Lc	I _H	I _{GH}	BALmod	Tmes	TXmax
Sítio	1	-0.0043	0.1078	0.0103	0.1075	-0.1275	-0.0393	0.0702	-0.0167	0.0268	-0.0894	0.0276	0.0205	0.1029	0.0000	0.0000
período	-0.0043	1	0.1373	0.0005	0.1345	0.0163	0.0581	0.0027	0.0088	0.0063	-0.0290	0.0042	0.0174	-0.0020	0.8976	0.8891
incper	0.1078	0.1373	1	0.1343	0.9684	0.2123	-0.0948	-0.4417	-0.3901	-0.4222	0.3141	0.2360	0.4964	-0.3223	0.0124	0.0067
cap	0.0103	0.0005	0.1343	1	0.3197	0.3339	0.4324	-0.2064	-0.2765	-0.2628	-0.0803	-0.3671	0.1331	0.0683	0.0000	0.0000
ig	0.1075	0.1345	0.9684	0.3197	1	0.2718	0.0104	-0.4620	-0.4052	-0.4399	0.2728	0.1277	0.4802	-0.2953	0.0135	0.0081
H	-0.1275	0.0163	0.2123	0.3339	0.2718	1	0.5038	-0.1329	-0.1664	-0.1226	0.5532	0.0621	0.0594	0.0146	0.0000	0.0000
Hfuste	-0.0393	0.0581	-0.0948	0.4324	0.0104	0.5038	1	-0.0132	-0.0708	-0.0322	-0.4271	-0.2549	-0.2848	0.3225	0.0513	0.0514
vit.	0.0702	0.0027	-0.4417	-0.2064	-0.4620	-0.1329	-0.0132	1	0.5393	0.8444	-0.1328	-0.0369	-0.2717	0.0972	0.0000	0.0000
Dist. Copa	-0.0167	0.0088	-0.3901	-0.2765	-0.4052	-0.1664	-0.0708	0.5393	1	0.8608	-0.1105	0.1059	-0.1816	0.0162	0.0000	0.0000
Vit*Dist.copa	0.0268	0.0063	-0.4222	-0.2628	-0.4399	-0.1226	-0.0322	0.8444	0.8608	1	-0.1021	0.0376	-0.2298	0.0503	0.0000	0.0000
Lc	-0.0894	-0.0290	0.3141	-0.0803	0.2728	0.5532	-0.4271	-0.1328	-0.1105	-0.1021	1	0.3055	0.3297	-0.2846	-0.0381	-0.0381
I_H	0.0276	0.0042	0.2360	-0.3671	0.1277	0.0621	-0.2549	-0.0369	0.1059	0.0376	0.3055	1	0.5012	-0.4376	0.0005	0.0005
I_{GH}	0.0205	0.0174	0.4964	0.1331	0.4802	0.0594	-0.2848	-0.2717	-0.1816	-0.2298	0.3297	0.5012	1	-0.7427	0.0253	0.0250
BALmod	0.1029	-0.0020	-0.3223	0.0683	-0.2953	0.0146	0.3225	0.0972	0.0162	0.0503	-0.2846	-0.4376	-0.7427	1	0.0000	0.0000
Tmes	0.0000	0.8976	0.0124	0.0000	0.0135	0.0000	0.0513	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0381	0.0005	0.0253	0.0000	1	0.9998
TXmax	0.0000	0.8891	0.0067	0.0000	0.0081	0.0000	0.0514	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0381	0.0005	0.0250	0.0000	0.9998	1

cap - circunferência a altura do peito em cm; *h* = altura total da árvore em m; *h_{fuste}* = altura do fuste em m; *Vit* = vitalidade; *Dist* = distribuição da copa no eixo central do tronco; *Lc* = Comprimento de copa em m; *P.S* = Posição social da árvore em relação as vizinhas; *Ped*, = presença de afloramento de rochas *P_{ter}* = Posição da árvore no terreno; *I_H* = índice de Hegyi; *I_{GH}* = Índice de Glover e Hool; *BAL_{mod}* = Área basal das árvores maiores que a considerada; *Lc* = Comprimento de copa; *Acp* = Área de copa em m²; *g/Acp* = área basal sobre área de copa; *Lc/Acp* = Comprimento de copa sobre área de copa; *Lc/h* = Comprimento de copa sobre altura total da árvore; *Ept* = Evapotranspiração potencial mensal.

Tabela 14 – Correlação de Pearson para o incremento em área basal (*ig*) com os fatores ambientais, climáticos e variáveis dendrométricas e morfométricas.

	Txmin	ExtrMax	ExtrMin	Ppt	diasppt	UR	V.V	Geadas	Evap	P.S	Ped.	P.ter	Acp	G/Acp	Lc/Acp	Lc/h	ETP
ig	0.2355	0.1734	0.1445	-0.0073	0.0122	-0.0199	-0.2478	-0.2191	-0.2355	-0.3364	0.2102	-0.1085	0.3214	-0.1397	-0.1174	0.2423	0.1885
Txmin	1	0.9449	0.8963	-0.5594	-0.5000	-0.5960	-0.5000	-0.9949	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0357	-0.0102	-0.0158	0.7849
ExtrMax	0.9449	1	0.9921	-0.7999	-0.7559	-0.8260	-0.1890	-0.9732	-0.9449	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0395	-0.0154	-0.0239	0.6752
ExtrMin	0.8963	0.9921	1	-0.8690	-0.8322	-0.8903	-0.0640	-0.9366	-0.8963	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0398	-0.0169	-0.0263	0.6135
Ppt	-0.5594	-0.7999	-0.8690	1	0.9976	0.9990	-0.4381	0.6405	0.5594	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0346	0.0203	0.0315	-0.271
diasppt	-0.5000	-0.7559	-0.8322	0.9976	1	0.9934	-0.5000	0.5852	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0331	0.0203	0.0316	-0.217
UR	-0.5960	-0.8260	-0.8903	0.9990	0.9934	1	-0.3974	0.6744	0.5960	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0354	0.0202	0.0314	-0.305
V.V	-0.5000	-0.1890	-0.0640	-0.4381	-0.5000	-0.3974	1	0.4096	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0027	-0.0102	-0.0158	-0.568
Geadas	-0.9949	-0.9732	-0.9366	0.6405	0.5852	0.6744	0.4096	1	0.9949	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0373	0.0119	0.0185	-0.76
Evap.	-1	-0.9449	-0.8963	0.5594	0.5000	0.5960	0.5000	0.9949	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0357	0.0102	0.0158	-0.785
P.S	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	0.0084	0.0635	-0.2646	0.1745	0.1163	-0.0572	0.0119
Ped.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	1	-0.1674	0.2387	-0.0644	-0.1495	0.0675	-0.007
P.ter	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0635	-0.1674	1	-0.1108	-0.1047	0.0744	0.0428	0.0122
Acp	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2646	0.2387	-0.1108	1	-0.6463	-0.6758	-0.1287	-2E-04
g/Acp	0.0357	0.0395	0.0398	-0.0346	-0.0331	-0.0354	-0.0027	-0.0373	-0.0357	0.1745	-0.0644	-0.1047	-0.6463	1	0.5114	-0.0001	0.0161
Lc/Acp	-0.0102	-0.0154	-0.0169	0.0203	0.0203	0.0202	-0.0102	0.0119	0.0102	0.1163	-0.1495	0.0744	-0.6758	0.5114	1	0.6161	-0.01
Lc/h	-0.0158	-0.0239	-0.0263	0.0315	0.0316	0.0314	-0.0158	0.0185	0.0158	-0.0572	0.0675	0.0428	-0.1287	-0.0001	0.6161	1	-0.013
ETP	0.1885	0.7849	0.6752	0.6135	-0.271	-0.271	-0.217	-0.305	-0.568	-0.76	-0.785	0.0119	-0.007	0.0122	-2E-04	-0.01	1

cap - circunferência a altura do peito em cm; *h* = altura total da árvore em m; h_{fuste} = altura do fuste em m; *Vit* = vitalidade; *Dist* = distribuição da copa no eixo central do tronco; *Lc* = Comprimento de copa em m; *P.S* = Posição social da árvore em relação as vizinhas; *Ped.* = presença de afloramento de rochas *P_{ter}* = Posição da árvore no terreno. I_H = índice de Hegyi; I_{GH} = Índice de Glover e Hool; BAL_{mod} = Área basal das árvores maiores que a considerada; *Lc* = Comprimento de copa; *Acp* = Área de copa em m²; *g/Acp* = área basal sobre área de copa; *Lc/Acp* = Comprimento de copa sobre área de copa; *Lc/h* = Comprimento de copa sobre altura total da árvore; *ETP* = Evapotranspiração potencial mensal.