

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

**PRODUTIVIDADE E INCREMENTO DE
Cabralea canjerana (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. E
Cordia trichotoma (Vell.) Arrab. ex Steud.,
EM FLORESTA NATIVA NO RIO GRANDE DO SUL**

TESE DE DOUTORADO

Rodrigo Borges de Mattos

Santa Maria, RS, Brasil

2007

PRODUTIVIDADE E INCREMENTO DE
Cabralea canjerana (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. E
Cordia trichotoma (Vell.) Arrab. ex Steud.,
EM FLORESTA NATIVA NO RIO GRANDE DO SUL

por

Rodrigo Borges de Mattos

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. Miguel Antão Durlo

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**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

**PRODUTIVIDADE E INCREMENTO DE *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.
Cedrela fissilis Vell. E *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.,
EM FLORESTA NATIVA NO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Rodrigo Borges de Mattos

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

Comissão Examinadora:

Miguel Antão Durlo, Dr.
(Presidente/Orientador)

Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr.
(Co-orientador)

Ivanor Müller, Dr.
(UFMS)

Luciano Weber Scheeren, Dr.
(Ministério Público do RS)

Darci Alberto Gatto, Dr.
(UFPEl)

Santa Maria, 12 de julho de 2007.

*Este trabalho é dedicado aos meus pais, Agenor e Délia, e à minha irmã
Gisela,*

por todo o apoio, estímulo e carinho.

Muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração direta ou indireta de muitas pessoas. Manifesto minha gratidão a todas elas e de forma particular:

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade concedida;

Aos professores Miguel Antão Durlo, Alessandro Dal' Col Lúcio, José Newton Cardoso Marchiori e Solon Jonas Longhi, por todo apoio, atenção, ensinamentos prestados e pela amizade intensificada pelo convívio;

À minha família, pelo incentivo nas horas difíceis;

Aos amigos e colegas (Edison Cantarelli, Leonardo Oliveira, Edison Perrando, Magda Zanon e André Hess) pelo apoio, estímulo e companheirismo que tornaram mais agradável esta jornada;

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais;

E, agradeço, sobretudo, a DEUS.

Este trabalho foi subsidiado pela CAPES por meio de concessão de bolsa de estudos.

RESUMO

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

PRODUTIVIDADE E INCREMENTO DE *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. E *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., EM FLORESTA NATIVA NO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Rodrigo Borges de Mattos

Orientador: Dr. Miguel Antão Durló

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 12 de julho de 2007.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se conhecer a produtividade e o ritmo de crescimento de três espécies nativas (*Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*), as quais acreditou-se terem potencial produtivo e econômico, em fragmentos florestais nativos não-manejados do distrito de Vale Vêneto, no Município de São João do Polêsine, situado na região central do Rio Grande do Sul. No ano de 1994, foram instaladas por Durló (1996), aleatoriamente, 346 unidades amostrais de observação permanente nas florestas de Vale Vêneto. Nessas unidades amostrais, foram encontradas, entre outras, as três espécies objeto desse estudo, respectivamente, 146 canjeranas, 117 cedros e 46 louros. No entorno de cada uma das árvores selecionadas, foram identificadas as espécies ocorrentes, medidos os diâmetros à altura do peito (DAP's), medidas as distâncias das árvores circundantes (concorrentes) até as árvores selecionadas (concorridas), determinada a área basal por hectare, caracterizados os sítios circundantes e medidos oito raios de projeção de copa para a determinação da produtividade. Para as três espécies selecionadas, individualmente, no período de 1995 a 2003, foram calculados os incrementos em DAP e em área basal (g), índices de concorrência e índices morfométricos. Para a descrição do incremento em área basal de cada uma das espécies, foi utilizado o seguinte modelo: $ig = f(a + b \cdot \text{dimensão} + c \cdot \text{concorrência} + d \cdot \text{sítio} + e \cdot \text{morfometria})$. A dependência do incremento em relação à concorrência foi testada por meio de índices de concorrência. Ao redor de cada árvore estudada, foram observadas variáveis definidoras de sítio de fácil determinação como o relevo, a inclinação, a pedregosidade e a exposição. Utilizando-se as características dimensionais (DAP, altura total, comprimento, diâmetro e oito raios de copa), foram calculados os índices morfométricos: proporção de copa, grau de esbeltez, índice de saliência, índice de abrangência e índice formal de copa. Os principais resultados obtidos foram os seguintes: os incrementos mais altos em área basal foram observados, respectivamente, para *Cedrela fissilis*, *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma*. Porém, essa diferença não foi comprovada estatisticamente. Não foram encontradas diferenças significativas de produtividade entre as espécies. As espécies estudadas têm incremento periódico anual em área basal ascendente à medida que apresentam maiores DAP's. Ainda não foram atingidos os pontos de inflexão das curvas de incremento, o que induz à realização de novos estudos sobre o tema, que incluam árvores de maiores DAP's. Mediante a análise de regressão, selecionaram-se os modelos matemáticos que melhor descrevem o incremento em área basal e a produtividade de cada espécie.

Palavras-chave: espécies nativas, DAP, área basal.

ABSTRACT

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

**PRODUTIVIDADE E INCREMENTO DE *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.,
Cedrela fissilis Vell. E *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.,
EM FLORESTA NATIVA NO RIO GRANDE DO SUL**

(PRODUCTIVITY AND INCREMENT OF *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.,
Cedrela fissilis Vell. AND *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.,
IN A NATIVE FOREST IN RIO GRANDE DO SUL)

Author: Rodrigo Borges de Mattos

Advisor: Dr. Miguel Antônio Durlo

Date and Place of Defense: Santa Maria, Brazil, July 12, 2007.

The aim of the present study was to assess the productivity and growth rate of three native species (*Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* and *Cordia trichotoma*), with supposedly productive and economic potential, in unmanaged native forest fragments of Vale Vêneto district, in São João do Polêsine, a town in the central region of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. In 1994, 346 permanent observation plots were randomly installed by Durlo (1996) in the forests of Vale Vêneto. In these plots, there were, among other species, 146 *Cabralea canjerana*, 117 *Cedrela fissilis* and 46 *Cordia trichotoma* trees. The occurring species were identified around each of the selected trees; the diameter at breast height (DBH), the distance between neighboring trees (co-occurring species) and the selected ones (subject species), and basal area per hectare were measured; in addition, the site characteristics were described, and eight crown radii were measured in order to determine productivity. Between 1995 and 2003, the increments in DBH and in basal area (g), competition indices, and morphometric parameters were calculated for each of the three selected species. The model $ig = f(a + b. \text{dimension} + c. \text{competition} + d. \text{site} + e. \text{morphometry})$ was used to describe the increment in basal area. The dependence of increment upon competition was tested using competition indices. Easily determined site parameters were assessed around each selected tree, namely relief, slope gradient, stone cover, and cardinal direction. The morphometric parameters (crown ratio, degree of slenderness, saliency measure, range measure and crown formal measure were calculated using dimensional characteristics (DBH, total height, length, diameter, and eight crown radii). The major results show that the largest basal area increments were observed for *Cedrela fissilis*, *Cabralea canjerana* and *Cordia trichotoma*, respectively. However, this difference was not statistically confirmed. There was no significant difference in productivity across the analyzed species. The three species demonstrate a growing and regular basal area increment on an annual basis as their DBH increases. The inflection points of growth curves were not reached, which indicates the necessity of further research studies that include trees with larger DBH. The regression analysis allowed selecting the mathematical models that best describe the basal area increment and productivity of each species.

Key words: native species, DBH, basal area.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Estágios sucessionais, tempo de abandono, raio da parcela, número de UAP's e área total amostrada	39
TABELA 2 –	<i>Transformação dos valores de exposição em π radianos</i>	44
TABELA 3 –	Fórmulas dos índices morfométricos	45
TABELA 4 –	Variáveis de crescimento obtidas por estágio sucessional nos anos de 1995 e 2003	48
TABELA 5 –	Classificação das trinta espécies com maiores IVI no estágio sucessional capoeira no ano de 1995	49
TABELA 6 –	Classificação das trinta espécies com maiores IVI no estágio sucessional capoeirão no ano de 1995	50
TABELA 7 –	Classificação das trinta espécies com maiores IVI no estágio sucessional floresta secundária no ano de 1995	51
TABELA 8 –	Classificação e parâmetros fitossociológicos das trinta espécies com maiores IVI das florestas nativas de Vale Vêneto no ano de 1995	52
TABELA 9 –	Variáveis de crescimento obtidas para <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> nos anos de 1995 e 2003	55
TABELA 10 –	Teste “t” para as médias de DAP (1995) e IPA g (1995-2003) das três espécies estudadas	56
TABELA 11 –	Índices de concorrência obtidos para <i>Cabralea canjerana</i> no ano de 1995	58
TABELA 12 –	Índices de concorrência obtidos para <i>Cedrela fissilis</i> no ano de 1995	58
TABELA 13 –	Índices de concorrência obtidos para <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	59
TABELA 14 –	Índices morfométricos e produtividade obtidos para <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	60
TABELA 15 –	Teste “t” para as médias de produtividade das três espécies estudadas ...	62
TABELA 16 –	Análise de correlação entre o IPA g e variáveis de concorrência para <i>Cabralea canjerana</i>	63
TABELA 17 –	Análise de correlação entre o IPA g, variáveis de sítio e posição sociológica para <i>Cabralea canjerana</i>	64

TABELA 18 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis morfométricas para <i>Cabranea canjerana</i>	64
TABELA 19 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis de concorrência para <i>Cedrela fissilis</i>	65
TABELA 20 – Análise de correlação entre o IPA g, variáveis de sítio e posição sociológica para <i>Cedrela fissilis</i>	66
TABELA 21 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis morfométricas para <i>Cedrela fissilis</i>	66
TABELA 22 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis de concorrência para <i>Cordia trichotoma</i>	67
TABELA 23 – Análise de correlação entre o IPA g, variáveis de sítio e posição sociológica para <i>Cordia trichotoma</i>	68
TABELA 24 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis morfométricas para <i>Cordia trichotoma</i>	68
TABELA 25 – Modelos obtidos para estimar o IPA g de <i>Cedrela fissilis</i> com o uso de índices de concorrência	81
TABELA 26 – Modelos obtidos para estimar o IPA g de <i>Cordia trichotoma</i> com o uso de índices de concorrência	82
TABELA 27 – Modelos de IPA g para <i>Cabranea canjerana</i>	83
TABELA 28 – Modelos de IPA g para <i>Cedrela fissilis</i>	83
TABELA 29 – Modelos de IPA g para <i>Cordia trichotoma</i>	84
TABELA 30 – Modelos utilizados na análise de sensibilidade do IPA g de <i>Cabranea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i>	85
TABELA 31 – Valores utilizados na análise de sensibilidade do IPA g de <i>Cabranea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i>	85

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	Concorrência em uma unidade amostral hipotética	31
FIGURA 2 –	Modelo de árvore e suas características dimensionais	34
FIGURA 3 –	Ilustração da localização de Santa Maria e do distrito de Vale Vêneto	37
FIGURA 4 –	Número de exemplares de <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> por classe de DAP no ano de 1995	53
FIGURA 5 –	Altura total em razão do DAP de <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	54
FIGURA 6 –	Grau de esbeltez em razão do DAP obtido para <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	72
FIGURA 7 –	Índice de abrangência em razão do DAP obtido para <i>Cabralea canjerana</i>, <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	74
.....		
FIGURA 8 –	Proporção de copa em razão do DAP obtido para <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	75
FIGURA 9 –	IPA g em razão do DAP obtido para <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i> no ano de 1995	76
FIGURA 10 –	Influência de BAL, BAL corrigido e BAL relativo no IPA g de <i>Cabralea canjerana</i>	78
FIGURA 11 –	Influência de A-máx., A-2 e A-3 no IPA g de <i>Cabralea canjerana</i>	79
FIGURA 12 –	Influência de G/ha, Índice de Hegyi e DAP/dg no IPA g de <i>Cabralea canjerana</i>	80
FIGURA 13 –	Influência de BAL no IPA g de <i>Cabralea canjerana</i>	86
FIGURA 14 –	Influência da inclinação do terreno no IPA g de <i>Cabralea canjerana</i> .	86
FIGURA 15 –	Influência do índice de saliência no IPA g de <i>Cabralea canjerana</i>	86
FIGURA 16 –	Influência do índice de abrangência no IPA g de <i>Cedrela fissilis</i>	87
FIGURA 17 –	Influência da pedregosidade no IPA g de <i>Cedrela fissilis</i>	87
FIGURA 18 –	Influência do BAL no IPA g de <i>Cordia trichotoma</i>	88
FIGURA 19 –	Influência do índice formal de copa no IPA g de <i>Cordia trichotoma</i> ...	88
FIGURA 20 –	Influência de BAL no incremento relativo de <i>Cabralea canjerana</i> e <i>Cordia trichotoma</i>	90

FIGURA 21 –	Influência da inclinação do terreno no incremento relativo de <i>Cabralea canjerana</i>	90
FIGURA 22 –	Influência do índice de saliência no incremento relativo de <i>Cabralea canjerana</i>	90
FIGURA 23 –	Influência do índice de abrangência no incremento relativo de <i>Cedrela fissilis</i>	91
FIGURA 24 –	Influência da pedregosidade no incremento relativo de <i>Cedrela fissilis</i>	91
FIGURA 25 –	Influência do índice formal de copa no incremento relativo de <i>Cordia trichotoma</i>	92
FIGURA 26 –	Influência da área de copa na produtividade de <i>Cabralea canjerana</i> , <i>Cedrela fissilis</i> e <i>Cordia trichotoma</i>	93
FIGURA 27 –	Influência da área de copa na produtividade de árvores de <i>Cabralea canjerana</i> em diferentes posições sociológicas	95

LISTA DE FUNÇÕES

EQUAÇÃO 1 – Modelo de incremento individual em área basal (Durlo, 1996)	26
EQUAÇÃO 2 – Índice de concorrência: Modelo de Hegyi (1974)	29
EQUAÇÃO 3 – Índice de concorrência: Modelo derivado de Johann (Durlo, 1996) ...	30
EQUAÇÃO 4 – Índice de concorrência: BAL corrigido	30
EQUAÇÃO 5 – Índice de concorrência: BAL relativo	31
EQUAÇÃO 6 – Equação de intensidade de amostragem	40
EQUAÇÃO 7 – Modelo de incremento individual em área basal (Durlo, 1996)	42

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

BAL	Basal Area Larger (soma da área basal das árvores maiores que a árvore concorrida)
DAP	diâmetro à altura do peito (1,30 m)
dg	diâmetro de área basal média
DR	Densidade Relativa
DoR	Dominância Relativa
FR	Frequência Relativa
g	área basal
G ha ⁻¹	área basal por hectare
h	altura total
ha	hectare (10.000 m ²)
IP	Incremento Periódico
IPA	Incremento Periódico Anual
IVI	Índice de Valor de Importância
ln	logaritmo neperiano
r ²	coeficiente de determinação (usado para regressão linear simples)
R ²	coeficiente de determinação (usado para regressão linear múltipla e não-linear)
R ² aj.	coeficiente de determinação ajustado (usado para comparação de modelos com diferente número de coeficientes)
Syx	erro-padrão da estimativa
UAP	Unidade Amostral de observação Permanente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Aspectos gerais da região da Quarta Colônia e do Município de São João do Polêsine	17
2.2	Vegetação	17
2.3	Espécies	18
2.3.1	Canjerana – <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	18
2.3.2	Cedro – <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	19
2.3.3	Louro – <i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	20
2.4	Crescimento	21
2.4.1	Modelos de crescimento	23
2.4.2	Escolha das variáveis dependentes	26
2.4.3	Escolha das variáveis independentes	27
2.4.3.1	Dimensão (DAP)	27
2.4.3.2	Concorrência	27
2.4.3.3	Sítio	32
2.4.3.4	Índices morfométricos	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1	Caracterização da área de estudo	37
3.1.1	Localização	37
3.1.2	Solo	38
3.1.3	Clima	38
3.2	Coleta de Dados	38
3.2.1	Espécies estudadas	38
3.2.2	Unidades amostrais de observação permanente (UAP's)	39
3.2.3	Amostragem	40
3.2.4	Estrutura fitossociológica	40
3.2.5	Variáveis observadas	41
3.2.6	Incremento em área basal	42
3.2.7	Concorrência	43
3.2.8	Caracterização dos sítios	43

3.2.9	Produtividade	44
3.2.10	Morfometria	44
3.3	Análise dos Dados	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Amostragem	47
4.2	Descrição Geral da Floresta	47
4.3	Variáveis de Crescimento	53
4.4	Variáveis de Concorrência	57
4.5	Índices Morfométricos e Produtividade	59
4.6	Análise de Correlação	62
4.7	Análise de Regressão	82
4.8	Análise de Sensibilidade	84
4.8.1	Incremento	84
4.8.2	Produtividade	92
5	CONCLUSÕES	96
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

1 INTRODUÇÃO

As florestas nativas do Rio Grande do Sul são portadoras de inúmeras espécies com grande potencial produtivo. Muitas dessas espécies, utilizadas desde a época da colonização, fizeram parte da história e da evolução social e econômica do Estado, sem que fossem desenvolvidos estudos sobre as suas características de crescimento.

Após muitos anos de exploração descontrolada das florestas nativas, sem haver a adoção de critérios sustentáveis, foi instituído o Código Florestal Federal (Lei n. 4.771/1965) que teve como principal objetivo a preservação dessas florestas. No Rio Grande do Sul, o Código Florestal Estadual instituído pela Lei n. 9.519/1992 e a legislação florestal posterior, seguiram a mesma linha do Código Florestal Federal, buscando, sobretudo, a preservação das matas nativas. O objetivo dessa legislação foi alcançado, pois a cobertura florestal no Estado passou de 5,6% em 1983 (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1983), para 17,5% em 2001, conforme dados do Inventário Florestal Contínuo do RS (Universidade Federal de Santa Maria, 2001).

Atualmente no Rio Grande do Sul, a exploração de florestas nativas, embora restringida, é permitida mediante o corte seletivo de 10 m³ de toras/ano ou, para volumes maiores, mediante plano de manejo em regime sustentado (Decreto Estadual n. 38.355/1998, art. 24). No caso de floresta plantada com essências nativas, é livre a exploração (Lei Estadual n. 9.519/1992, art. 17).

Tendo em vista a legislação atual e o conhecimento de que a cobertura florestal no Rio Grande do Sul está aumentando, deve-se despertar para o fato de que essas novas florestas não estão recebendo qualquer atenção de cunho silvicultural, por causa, em grande parte, da falta de conhecimento a esse respeito. Para recuperar a riqueza original de nossas florestas em ritmo mais acelerado que no processo natural e transformá-las em áreas produtivas, são necessárias intervenções silviculturais ajustadas aos objetivos propostos para os distintos povoamentos. Essas intervenções, entretanto, só serão corretas se assentadas em informações básicas sobre a auto-ecologia das principais espécies componentes do ecossistema.

Dentre as características silviculturais de um ecossistema florestal, uma das mais importantes é o ritmo de crescimento das árvores que o compõe. Sem, ao menos, conhecer a produtividade e o ritmo de crescimento das árvores com maiores possibilidades silviculturais e comerciais, torna-se impossível tomar decisões como, por exemplo, a manutenção ou

supressão de árvores nos trabalhos de manejo florestal. Sem tais informações as previsões e planejamentos futuros, tornam-se igualmente impossíveis.

O uso múltiplo das florestas com a obtenção simultânea de matéria-prima, proteção, equilíbrio ecológico e benefícios recreativos é alcançado com o manejo sustentado e apresenta-se como uma tendência mundial para o aproveitamento e conservação das florestas mistas inequidistantes (Vaccaro *et al.*, 2003). Os mesmos autores mencionam que as florestas nativas do Rio Grande do Sul, atualmente, não têm cumprido seu papel na produção de madeira e são consideradas, muitas vezes, como estorvo ao aumento da receita da propriedade rural. Portanto, surge a necessidade de atribuir um papel mais nobre às florestas nativas. Essa realidade sugere o manejo em regime sustentado sob a ótica do uso múltiplo como medida indispensável para a recuperação das florestas, melhorando a composição de espécies e o padrão genético, aumentando a produtividade e, especialmente, agregando interesse econômico a essas florestas.

Corroborando a opinião dos autores supracitados e tendo em vista a atual realidade das florestas nativas do Rio Grande do Sul, desenvolveu-se este trabalho de pesquisa com os objetivos de caracterizar uma floresta escolhida para estudo, identificar e modelar a produtividade e o incremento de três espécies nativas com possível potencial produtivo e econômico, a saber: *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da região da Quarta Colônia e do Município de São João do Polêsine

A Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul compreende os municípios de Silveira Martins, Ivorá, São João do Polêsine, Faxinal do Soturno, Dona Francisca, Nova Palma e Pinhal Grande. Foi criada em 1877 na região centro-oeste do Estado, entre Santa Maria e Cachoeira do Sul, para receber as primeiras setenta famílias de imigrantes vindos do norte da Itália para o núcleo colonial de Silveira Martins (Brena & Longhi, 1998).

Com a vinda de outras famílias, foram sendo demarcados os lotes, e os novos núcleos criados, sendo alguns locais já habitados por colonizadores alemães e poloneses. Com a chegada dos italianos, teve início o processo de desenvolvimento da região, com o preparo das áreas para plantio e a extração seletiva de madeiras nobres.

Os morros e vales cobertos de exuberante vegetação foram dando espaço à produção agrícola, promovendo o processo de fragmentação das florestas. Atualmente, existem muitas áreas que foram novamente recobertas pela vegetação nativa e que esperam por métodos adequados de condução e de exploração, sem que se coloque em risco a produtividade e, muito menos, a existência de tal vegetação.

A Quarta Colônia abrange uma área de 1.430 km², dos quais 28,14% cobertos por floresta. O município de São João do Polêsine tem 84,71 km² e, aproximadamente, 21% (18 km²) de sua área coberta por vegetação natural, incluindo desde capoeiras até florestas secundárias em avançado grau de desenvolvimento.

2.2 Vegetação

A vegetação florestal nativa que recobre a Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul é denominada de Floresta Estacional Decidual (Caducifólia) da Fralda da Serra Geral que, segundo Leite & Klein (1990), compreende as florestas das porções médias e superiores do Vale do Uruguai e da maior parte da vertente sul da Serra Geral e de diversas áreas dispersas pelas bacias dos rios Ijuí, Jacuí e Ibicuí, cobrindo uma superfície territorial de aproximadamente 4.700.000 ha.

Analisando a florística da vegetação arbórea da Floresta Estacional da Fralda da Serra Geral, Klein (1983a) encontrou árvores de três tipos florestais. A maioria de seus constituintes

(mais de 2/3 das espécies) são provenientes da Floresta Estacional dos rios Paraná e Uruguai, representando assim a mata da Fralda da Serra Geral, uma floresta diluída do Alto Uruguai. Outro contingente menos expressivo pertence aos sub-bosques dos pinhais, sobretudo espécies das famílias Lauraceae e Myrtaceae e finalmente, cerca de 25 espécies, do total de 222 listadas, são oriundas da Floresta Ombrófila Densa cuja importância fisionômica ou é apenas local, ou então inexpressiva.

Podem ser definidos cinco estratos na estrutura organizacional da Floresta Caducifolia original. No estrato emergente, descontínuo, quase integralmente composto por árvores decíduais com até 30 m de altura, estão inseridas a grápia (*Apuleia leiocarpa*), a mais freqüente, o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), o louro (*Cordia trichotoma*), a maria-preta (*Diatenopterix sorbifolia*), o pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) e a canafístula (*Peltophorum dubium*), além de outras, em geral, não tão freqüentes (Klein, 1983).

No inventário florestal realizado na região da Quarta Colônia (Brena & Longhi, 1998), verifica-se que as espécies *Cabrlea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* estão entre as 20% mais freqüentes.

2.3 Espécies

2.3.1 Canjerana – *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart.

A *Cabrlea canjerana* pertence à família Meliaceae e é popularmente conhecida como canjerana.

A canjerana é uma árvore que atinge de 20 a 30 m de altura e 70 a 120 cm de diâmetro à altura do peito (Lorenzi, 1998). Reitz *et al.* (1988) menciona que a espécie possui tronco cilíndrico, levemente tortuoso e fuste curto variando de cinco a oito metros de comprimento. Carvalho (1994) menciona que a canjerana apresenta tronco cilíndrico, reto ou geralmente pouco tortuoso e fuste com até 12 m de comprimento.

A canjerana ocorre praticamente em todo o estado do Rio Grande do Sul, sendo freqüente na floresta latifoliada do Alto Uruguai e na floresta da Fralda da Serra Geral na região da Depressão Central. No sul do Brasil ocorre nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Rio Grande do Sul bem como no Paraguai e na Argentina (Reitz *et al.*, 1988).

A canjerana é uma espécie secundária tardia que pode ultrapassar 300 anos de idade, de acordo com Carvalho (1994). Reitz *et al.* (1988) mencionam uma agressividade bastante pronunciada da canjerana por sobre os capoeirões e matas secundárias no sul do Brasil, demonstrando, dessa forma, um grande potencial de regeneração e de dinamismo nas associações secundárias, fato muito importante na silvicultura com espécies nativas.

A madeira da canjerana é moderadamente pesada (0,65-0,75 g cm⁻³) e caracteriza-se por ser resistente à umidade e aos agentes degradantes, conforme descrevem Santos (1987), Reitz *et al.* (1988), Carvalho (1994) e Lorenzi (1998). É utilizada para diversos fins, tais como: construções civis, obras externas e internas, dormentes, marcenaria, tábuas, moirões, carpintaria, entre outros. A madeira apresenta grande durabilidade quando exposta ao tempo, motivo pelo qual freqüentemente era usada para fazer tábuas para cobrir casas e estábulos. Por ser pesada e dura, essa madeira foi muito procurada para dormentes de estradas de ferro e vigamentos de pontes. Por ser fácil de trabalhar, de aspecto agradável e de uma extraordinária durabilidade, é considerada como uma das madeiras mais valiosas do sul do Brasil.

2.3.2 Cedro – *Cedrela fissilis* Vell.

A espécie *Cedrela fissilis* pertence à família Meliaceae. De acordo com Reitz *et al.* (1988), o cedro é uma árvore decidual de 25 a 35 m de altura e diâmetro de 60-150 cm na altura do peito. Apresenta tronco cilíndrico, longo, reto ou um pouco tortuoso e fuste longo. Carvalho (1994) define o tronco e o fuste do cedro praticamente da mesma forma que Reitz *et al.* (1988). Carvalho (1994) classifica o cedro como uma espécie secundária inicial a secundária tardia.

O cedro ocorre do Rio Grande do Sul até Minas Gerais, sobretudo nas florestas semidecídua e pluvial atlântica, conforme descreve Lorenzi (1998). Reitz *et al.* (1988) e Carvalho (1994) relatam que o cedro desenvolve-se no interior da floresta primária, porém, apresenta grande agressividade na vegetação secundária: em capoeirões e floresta secundária. Pode também ser encontrado em matas semidevastadas onde há um incremento de sua vitalidade, ocasionada, possivelmente, pela maior abundância de luz.

Caracteriza-se por ser uma espécie encontrada em todas as matas do estado do Rio Grande do Sul, sendo, porém, mais freqüente e abundante nas matas subtropicais do Alto Uruguai e seus afluentes onde foi uma das árvores economicamente mais importantes. Igualmente, era muito comum nas florestas da Depressão Central, nos sub-bosques dos pinhais e no Escudo Rio-Grandense. Trata-se de uma das árvores de dispersão mais ampla,

não só no Rio Grande do Sul, como também em todo o sul do Brasil (Reitz *et al.*, 1988).

Ocorre preferencialmente em solos úmidos e profundos. A madeira pode ser considerada leve a moderadamente pesada ($0,47-0,60 \text{ g cm}^{-3}$), tendo uso bastante generalizado em virtude de suas ótimas e múltiplas propriedades e por apresentar grande durabilidade mesmo quando exposta. A madeira é empregada na construção civil, naval, aeronáutica e para a fabricação de instrumentos musicais. Destilada a madeira, obtém-se um óleo de cheiro desagradável que oferece princípios aromático e medicinal (Santos, 1987; Reitz *et al.* 1988; Carvalho, 1994; Lorenzi, 1998).

2.3.3 Louro – *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.

O louro pertence à família Boraginaceae e conforme Reitz *et al.* (1988) é uma árvore decidual de 25 a 35 m de altura e até 100 cm de diâmetro na altura do peito. O tronco é geralmente reto e cilíndrico e o fuste é comprido (10 a 15 m). Carvalho (1994) cita o louro como espécie portadora de tronco reto, de secção ovalada a cilíndrica e fuste bem definido com 6 a 15 m de comprimento.

Sua área de ocorrência inclui a Argentina, o Paraguai e o Brasil, do estado do Ceará até o Rio Grande do Sul, conforme mencionam Rizzini (1971) e Lorenzi (1998). Reitz *et al.* (1988) relata que, no estado do Rio Grande do Sul, o louro ocorre especialmente na floresta latifoliada do Alto Uruguai, no Alto Ibicuí e, sobretudo, nas florestas da Fralda da Serra Geral na Bacia do Rio Jacuí e seus afluentes até altitudes compreendidas entre 500 e 700 m.

É uma espécie secundária inicial, com tendência a pioneira. No estágio sucessional é comum na vegetação secundária, no estágio de capoeira e capoeirões (Carvalho, 1994). De acordo com Reitz *et al.* (1988), o louro apresenta distribuição bastante uniforme, sendo no entanto, particularmente freqüente nas matas mais abertas e nos capões dos campos situados na Depressão Central do Rio Grande do Sul. Nesses capões, desempenha papel de espécie pioneira juntamente com a guajuvira e outras espécies da floresta latifoliada. Conforme Lorenzi (1998), o louro é uma espécie recomendada para reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente.

É também uma das espécies mais promissoras e com maiores possibilidades para ser empregada no reflorestamento com essências nativas no sul do Brasil, pois apresenta características silviculturais importantes como o rápido crescimento inicial, a facilidade de regeneração, especialmente em lugares de terreno desflorestado ou degradado pela agricultura e a forma reta que tem o fuste sem a tendência de ramificar-se demasiadamente em sentido

lateral (Reitz *et al.*, 1988). Conforme descreve Carvalho (1994), o louro apresenta crescimento lento a moderado no Brasil e rápido na Argentina.

A madeira do louro é moderadamente pesada ($0,78 \text{ g cm}^{-3}$), dura, fácil de trabalhar e de boa durabilidade, sendo apreciada e apropriada para a fabricação de móveis de luxo (Lorenzi, 1998). A madeira do louro é amplamente empregada para as mais variadas finalidades. Por ser muito resistente à umidade e aos agentes degradantes, é utilizada também em carrocerias de caminhões, vagões de trens e outras obras que exigem grande resistência (Reitz *et al.*, 1988).

2.4 Crescimento

O crescimento consiste na alongação e no aumento da espessura das raízes, tronco e galhos, provocando mudanças no peso, tamanho e forma das árvores. A alongação de todas as partes da árvore resulta da atividade do meristema primário. O aumento da espessura é decorrente da atividade do meristema secundário ou câmbio, o qual produz, entre o líber e o lenho, sucessivas camadas de células lenhosas e de casca que vão se justapondo às camadas anteriores, originando o incremento diamétrico (Husch *et al.*, 1982).

Os principais fatores que influem no crescimento de uma árvore são: luz, conteúdo de clorofila, concentração de CO_2 , temperatura, água e nutrientes; fatores esses dependentes da adaptação genética da espécie e da competição.

O crescimento das árvores não se dá de forma constante durante toda sua vida. Para qualquer árvore, Zimmermann & Brown (1971) distinguem cinco estágios de desenvolvimento: embrionário, infantil, juvenil, maduro e senil. No período inicial, o crescimento é lento. Durante a juventude, a taxa de crescimento aumenta rapidamente até atingir um valor máximo que ocorre no ponto de inflexão da curva de crescimento. Da mesma forma, ainda durante a fase juvenil, a aceleração do crescimento primeiramente aumenta e depois decresce, atingindo o valor zero na idade equivalente ao ponto de inflexão. Durante a maturidade e senescência, a taxa de crescimento é continuamente decrescente. Nesse processo, cada espécie tem uma curva própria de crescimento.

As curvas de crescimento podem, porém, ser variáveis em razão do sítio e das condições de concorrência. Assim, é comum que uma mesma espécie apresente curvas de crescimento distintas em razão da qualidade do sítio e, até mesmo para uma única espécie e sítio, a curva de crescimento pode ser diferente, em consequência da sua posição sociológica, carga genética e procedência da árvore (Mitscherlich, 1978). Por isso, só a compreensão

profunda e abrangente da comunidade florestal, nos seus aspectos ecológicos, sociológicos, estruturais e históricos (Mayer, 1977), juntamente com o conhecimento do ritmo de crescimento das árvores em diferentes situações de sítio e concorrência, pode oferecer uma base sólida, tanto para a silvicultura quanto para o manejo florestal.

Na elaboração de planos de manejo em regime sustentado, é de fundamental importância o conhecimento do incremento das árvores a serem manejadas, a fim de estabelecer o ciclo de corte e o volume a ser cortado periodicamente. No Rio Grande do Sul, existe uma carência de informações quanto ao crescimento de árvores nativas, o que impede a elaboração desses planos (Vaccaro *et al.*, 2003).

A falta de informações é ampliada com a complexidade da composição das florestas nativas, o grande número de espécies com diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, o desconhecimento de como as plantas crescem, seja em áreas intactas, áreas exploradas ou, áreas sujeitas a regime de manejo (Scolforo *et al.*, 1996).

Nos países em que a ciência florestal é mais desenvolvida e tem larga tradição, o crescimento individual e coletivo das espécies é um suporte inseparável da prática silvicultural. Nesses locais, a informação sobre o crescimento das árvores é conhecida há mais de um século e vem sendo acompanhada em diferentes situações ecológicas pela análise de parcelas de observação permanente, materializando-se nas tabelas de produção e constituindo um banco de dados seguro para a ação silvicultural. Pesquisadores como Gunther (1955), Magin (1963), Mitscherlich (1978), dentre tantos outros, baseiam invariavelmente seus trabalhos no conhecimento do ritmo de crescimento das árvores.

No emprego da distribuição diamétrica para o manejo de florestas naturais, a fixação do diâmetro objetivo e a decisão sobre as espécies e número de árvores a retirar nos cortes intermediários com vistas ao balanceamento, pressupõem o conhecimento do ritmo com que as árvores crescem (Campos, 1983; Saraiva, 1988; Costa Neto *et al.*, 1991).

O emprego da idade, como variável independente em modelos de crescimento para árvores individuais, em florestas inequidistantes heterogêneas, não é recomendável. O diâmetro à altura do peito (DAP) pode ser visto como substituto da idade nesses tipos de florestas (Mitscherlich, 1952). Para estabelecer taxas de corte num plano de manejo baseado em sistemas silviculturais com diâmetro mínimo de corte, o conhecimento do incremento das árvores com diferentes dimensões é muito útil (Lamprecht, 1990).

Recentemente, com a tendência para o manejo natural das florestas apontado por Mayer (1993), Sagl (1993), Sterba (1993) e Tuckheim (1993), procura-se um novo caminho na ciência e atividade florestal. Os conceitos de período de rotação, classes de

aproveitamento, classes de idade e tempo perdem em relevância à medida em que o maior peso se desloca para o estudo dos sistemas naturais de produção, em que as intervenções silviculturais não se aplicam a áreas, mas a cada árvore individualmente. No manejo natural, convivem todas as espécies com todas as idades, de forma que a decisão sobre a maturidade de um indivíduo não é função de sua idade cronológica, mas, sim, de sua capacidade presente e futura de produção. A estimativa da capacidade de produção de cada indivíduo é feita pela observação do seu diâmetro, altura, posição sociológica, estado de sanidade do tronco e copa, em cada situação de concorrência e em cada sítio considerado.

Estudos do crescimento de árvores baseados em suas características singulares (dimensões, relações morfométricas) e em razão de fatores ambientais, têm sido muito enfocados nos últimos anos (Hasenauer, 1994; Vanclay, 1994; Hasenauer, Moser & Eckmüllner, 1995; Pretzsch, 1995; Durlo, 1996; Durlo & Denardi, 1998), em consequência das interpretações e inferências silviculturais que permitem e pela possibilidade de seu uso para modelagem do crescimento florestal.

2.4.1 Modelos de crescimento

Os primeiros instrumentos de planejamento florestal como se conhece na atualidade foram as tabelas de produção para cada espécie e condição ambiental. Mais tarde, com o advento de sistemas de processamento de dados mais eficientes, surgiram modelos em forma de equações ou sistemas de equações.

As tabelas de produção têm aplicações limitadas para povoamentos inequiâneos, pois trabalham com a idade, sítio e tratamentos, sendo geralmente mais aplicáveis para povoamentos puros e equiâneos. As florestas sofrem muitas modificações durante a sua vida, em razão de ataques de pragas, doenças, quedas por vento, deslizamentos, entre outros. Por outro lado, existe a crescente necessidade de formação de florestas mistas, com vistas à sua estabilidade e por aspectos ecológicos. Dessa forma, as tabelas de produção não correspondiam mais às novas condições: povoamentos mistos e de múltiplas idades. Para modelar tais povoamentos, foram desenvolvidos os primeiros modelos de árvores singulares nos primeiros anos da década de 60, na América do Norte. Conforme Hasenauer (1994), o primeiro modelo simulador de árvore singular foi desenvolvido por Newhan, no ano de 1964, para povoamentos puros. A partir de então, os pesquisadores passaram a trabalhar muito com modelagem, orientados na árvore singular, conforme mencionam Schneider & Durlo (1995).

Mesmo assim, ainda hoje pouco se conhece das florestas nativas. Em razão da grande diversidade que essas possuem, é muito difícil manejá-las e tomar as decisões adequadas buscando a otimização da atividade florestal, sem o conhecimento de cada uma das espécies que as compõem, pois cada uma possui um ritmo de crescimento diferente, com diferentes necessidades nutricionais e de luz. Dessa forma, torna-se essencial conhecer como se processa o crescimento de cada espécie componente dessas florestas.

A curva cumulativa de crescimento, invariavelmente, tem a forma de uma sigmóide, que representa em diferentes idades o valor cumulativo de qualquer característica mensurável de uma árvore (diâmetro, altura, volume, etc.) ou de um povoamento florestal (área basal, volume total por unidade de área, altura dominante, etc.) em razão do tempo (Lamprecht, 1990).

O crescimento de cada espécie sofre a influência das condições ambientais locais, que se reflete nas curvas do crescimento (Lamprecht, 1990). Dito de outra forma, o crescimento das árvores é governado pelos fatores genéticos da espécie e pelas condições ambientais que compreendem, basicamente, os fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição. Para qualquer modelo, deve-se levar em consideração essas variáveis para que se possa fazer previsões adequadas.

Ainda faltam conhecimentos básicos sobre formas de manejo que consideram objetivos como lucro e conservação. Tratamentos visando à colheita seletiva de árvores singulares, com um determinado diâmetro-meta em ecossistemas de florestas permanentes, exigem programas de produção orientados para cada estágio e para os objetivos propostos. Informações sobre o crescimento da árvore individual são indispensáveis ao mesmo tempo em que a modelagem das relações de crescimento deve ter uma base de dados considerando tais fatores (Nutto, 2001).

O manejo florestal orientado em sistemas ecológicos com explicações do crescimento baseadas em fatores biológicos exige uma nova forma da modelagem na Engenharia Florestal: o uso de modelos de crescimento para árvores singulares que oferecem a vantagem de serem aplicados na produção de madeira de alta qualidade ou em florestas heterogêneas mistas (Pretzsch, 1995). Ferramentas de decisão para o manejo do crescimento de diâmetro, baseadas em modelos espaciais da árvore individual, já foram desenvolvidas por Spiecker (1991) e Nutto (1999) para a espécie carvalho (*Quercus* sp.).

Na formulação de modelos de crescimento de árvores individuais, os fatores genéticos e ambientais (climáticos, edáficos, topográficos e de competição) precisam ser considerados e

interpretados, possibilitando-se, assim, reconhecer sua maior ou menor influência sobre o crescimento.

A influência dos fatores genéticos sobre o crescimento das árvores é considerada, na medida em que os modelos são elaborados para cada espécie individualmente. Assim, Durlo (1996) apresentou modelos individuais para canjerana (*Cabralea canjerana*), cedro (*Cedrela fissilis*) e louro (*Cordia trichotoma*).

Os fatores climáticos, nos modelos de crescimento de árvores individuais, não são considerados diretamente, mas tidos como constantes para a área de validade do modelo. Indiretamente, porém, eles se encontram expressos na medida em que, por exemplo, o modelo considere a região fisiográfica, a altitude de um local, ou mesmo determinadas variáveis do microsítio, como inclinação ou exposição. Segundo Durlo (1996), as variáveis edáficas são convenientemente incluídas nos modelos de forma agregada pelas expressões da inclinação, da exposição e da degradação.

A regulação da competição existente num povoamento florestal torna-se uma variável de grande importância, pois é uma ferramenta fundamental para as intervenções silviculturais. 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), Hasenauer (1997), Durlo (1996), entre outros. Os modelos utilizados vão desde a simples área basal por hectare até modelos tridimensionais como os descritos por Vanclay (1994).

Os diversos modelos de crescimento e produção foram sintetizados por Vanclay (1994) em modelos para o povoamento total (*whole stand model*), de classes de tamanho (*size class model*) e de árvore individual (*single-tree model*), dependendo do detalhamento requerido, fornecido ou utilizado pelo modelo. Nos modelos para o povoamento total (globais), o crescimento e a produção são enfocados no povoamento, ou seja, o povoamento é tomado como unidade básica para modelagem. Nos modelos para árvores individuais, a árvore é tomada como unidade básica. Nos modelos de classes de tamanho, empregam-se classes (de diâmetro, de altura, etc.) como unidades básicas. Os modelos para árvore individual simulam cada indivíduo com relação ao estabelecimento, crescimento e mortalidade, e a soma das estimativas de cada árvore resulta na produção do povoamento.

As vantagens dos modelos de árvore individual são as de permitirem detalhamento da estrutura do povoamento, melhor compreensão das relações entre o meio e o crescimento, a análise de aspectos fisiológicos e de coexistência e de serem potencialmente aplicáveis para florestas naturais. Como desvantagens, são mais complicados de serem construídos, mais

trabalhosos e morosos no seu processamento em computador e não são, necessariamente, mais precisos que outros modelos mais simples (Della-Flora, 2001).

A variável tempo é de grande importância para a atividade florestal. Porém, como a idade da maioria das árvores, que compõem as florestas nativas, não é conhecida e, muitas vezes, nem pode ser determinada (ausência de anéis de crescimento anuais visíveis em algumas espécies), essa variável não pode ser usada na formulação dos modelos de crescimento. Em seu lugar, Monserud & Sterba (1994), Hasenauer, (1994) e Durlo (1996), entre outros, usaram as próprias características dimensionais das árvores, como seu diâmetro e a porcentagem de copa.

A forma geral do modelo de incremento é descrita por Durlo (1996) da seguinte forma:

$$ig = f (a + b.\text{dimensões} + c.\text{sítio} + d.\text{concorrência}) \quad (1)$$

Em que:

ig = incremento individual em área basal (cm²);

a, b, c, d = coeficientes;

dimensões = DAP (cm);

sítio = inclusão de características de sítio;

concorrência = teste de diferentes índices de concorrência.

Obtido, dessa forma, o incremento a cada ano, pode-se então calcular as dimensões do indivíduo para qualquer idade, obtendo-se finalmente a curva de crescimento em razão do tempo, como o fez Durlo (1996).

2.4.2 Escolha das variáveis dependentes

A árvore é um sistema dinâmico no qual certas características tais como diâmetro, altura e volume mudam com o tempo. De acordo com Vanclay (1994), o crescimento em diâmetro de árvores individuais pode ser expresso como incremento em diâmetro ou incremento em área basal.

Duas árvores com o mesmo incremento em diâmetro têm diferentes incrementos em área basal se elas diferem em diâmetro inicial, podendo-se perceber que os dois parâmetros expressam o crescimento, de certo modo, diferentemente.

Em florestas tropicais, o incremento em diâmetro e em área basal, em qualquer classe de árvore, pode variar grandemente (Silva *et al.*, 1995). Isso pode ser atribuído em parte às condições do meio ambiente e a fatores intrínsecos específicos do habitat de crescimento e do genótipo da planta. Ambos os incrementos, em diâmetro e área basal, podem ser usados como variável dependente nos modelos de incremento.

Enquanto muitos pesquisadores escolheram usar o incremento em diâmetro, Opie (1968) e Moore *et al.* (1973) usaram o incremento em área basal, baseados na hipótese que a área basal é mais diretamente relacionada com incremento em volume. Todavia, West (1980) relatou que a precisão de estimativa do diâmetro futuro é a mesma, quando equações de crescimento em diâmetro ou área basal são usadas.

2.4.3 Escolha das variáveis independentes

2.4.3.1 Dimensão (DAP)

Uma dimensão importante das árvores de crescimento livre é o diâmetro à altura do peito (DAP), conforme menciona Hasenauer (1997). Desde que Newnham, em 1964, introduziu o “conceito de incremento potencial” dentro da modelagem, o incremento em diâmetro de árvores com crescimento livre tem sido considerado como o potencial de desenvolvimento do diâmetro à altura do peito.

Um estudo para desenvolver um modelo de predição em altura de árvores individuais para *Picea glauca* (Moench) Voss e *Populus tremuloides* Michx crescendo em floresta boreal, em Alberta, teve como função-base, altura-diâmetro, e em seguida a incorporação de outras variáveis, como área basal das árvores, densidade do povoamento, composição de espécies e produtividade do sítio. A idade das árvores e do povoamento não foi incluída como variável independente no modelo, porque a floresta boreal em Alberta tem uma composição mista de espécies com irregular estrutura de idade. Por essa razão, apesar da grande importância da idade, em estudos de crescimento e produção de florestas mistas, raramente é usada essa variável (Huang & Titus, 1994).

2.4.3.2 Concorrência

A concorrência ou competição florestal pode ser definida como a falta de espaço induzida por uma alta densidade de plantas, influenciando diretamente no desenvolvimento destas

(Magnussen & Yeatman, 1987). A competição induzida pela densidade é frequentemente considerada como sendo um balanço em que o potencial da planta é prejudicado ou favorecido, potencializando ou reduzindo o desenvolvimento da planta vizinha (Hühn, 1973; Draper & Guttman, 1980). A densidade tem efeito no crescimento e estrutura de um povoamento desde os primeiros anos de sua existência até sua decadência (Gurtsev & Nikolaev, 1994).

O crescimento e desenvolvimento futuro das árvores estão diretamente relacionados com a densidade dos povoamentos, pois o aumento da densidade pode causar a morte da árvore. Dentro da modelagem de crescimento, é aceito que condições ótimas de crescimento são experimentadas por todas as árvores que não são influenciadas pela competição dos vizinhos. Dessa maneira, árvores livres de concorrência (solitárias) apresentam o incremento máximo e têm sido usadas na modelagem do crescimento e competição (Hasenauer, 1997).

Os modelos para estimação dos valores genéticos individuais consideram que o desenvolvimento da árvore é consequência do seu potencial genético individual, somado ao efeito ambiental, o qual pode ser estimado por meio de vários métodos, no entanto tais previsões, muitas vezes, desconsideram os efeitos de competição, conforme relatam Leonardecz-Neto *et al.* (2003).

Os índices de competição estimam a competição total para árvores adjacentes que se assume estarem afetando o desenvolvimento de outro indivíduo. Tais índices usualmente levam em conta, direta ou indiretamente, o número de competidores, o tamanho do indivíduo, o tamanho do competidor e a distância entre os competidores (Leonardecz-Neto *et al.*, 2003).

Em qualquer povoamento florestal o crescimento de uma árvore é afetado pelo seu vizinho de acordo com quatro fatores: número, tamanho, distância e orientação dos vizinhos. O processo de competição é certamente diferente entre duas árvores grandes e entre uma árvore grande e uma árvore pequena. Duas árvores grandes têm sua copa na mesma camada do dossel, competindo assim, uma com a outra, somente com suas raízes (Ford & Diggle, 1981).

O número de árvores por hectare, muitas vezes, não descreve adequadamente a competição entre árvores, porque não avalia o efeito do tamanho, proximidade e distribuição das árvores vizinhas. O efeito da variação do tamanho e arranjo espacial de árvores pode ser avaliado por diversos índices de competição (Mäkinen, 1996).

A competição entre árvores, para modelos não-espaciais de árvores individuais, é assumidamente correlacionada com variáveis individuais da árvore em foco e das suas

vizinhas bem como com as condições do povoamento. O crescimento e a probabilidade de mortalidade são expressos sobretudo pela competição (Sanquetta, 1996).

Existem vários índices de competição, dependentes da distância, em que a localização espacial entre árvores é uma exigência do modelo, e independentes da distância. Nos índices dependentes da distância, a suposição fundamental é que o crescimento da árvore pode ser estimado se for conhecida a localização e o tamanho das árvores competidoras vizinhas. Por isso, normalmente, as informações dendrométricas coletadas de cada árvore incluem o diâmetro do tronco, a altura, a proporção de copa e/ou o diâmetro da copa e, obviamente, as coordenadas X-Y que especificam a localização da árvore dentro da área. Já os índices independentes da distância, são limitados em sua habilidade de descrever a influência da concorrência, sua quantificação e a compreensão de sua ação sobre as árvores.

Entretanto, os índices independentes da distância são mais simples e provavelmente mais úteis, especialmente para povoamentos naturais uniformes em termos de distribuição espacial, conforme menciona Sanquetta (1996).

Alguns exemplos de como expressar a concorrência independente da distância entre as árvores podem ser citados: G/ha = a densidade do povoamento expressa pela área basal por hectare, o DAP/dg = relação entre o DAP da árvore concorrida e o dg (diâmetro de área basal média) (Daniel *et al.*, 1986) e a Basal Area Larger (BAL) = soma da área basal das árvores maiores que a árvore concorrida, dentro de um raio subjetivamente fixado (Wykoff, 1990; Durlo, 1996; Della-Flora, 2001).

Como exemplos de índices dependentes da distância pode-se citar: o modelo de Hegyi (1974), o modelo derivado de Johann (Durlo, 1996), o BAL corrigido (Durlo, 1996), o BAL relativo (Durlo, 1996), entre outros.

A soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas é definida como modelo de Hegyi (1974).

$$C_j = \sum_{i \neq j}^n \frac{dap(i)}{dap(j)} \cdot \frac{1}{D_{ij}} \quad (2)$$

Em que:

C_j = concorrência sobre a árvore j ;

$DAP(i)$ = diâmetro à altura do peito da concorrente;

$DAP(j)$ = diâmetro à altura do peito da concorrida;

D_{ij} = distância entre concorrente (i) e concorrida (j);

n = número de concorrentes dentro do raio considerado.

A altura da concorrida dividida pela distância entre concorrente e concorrida, multiplicado pelo quociente obtido entre os DAP's destas é definida como modelo derivado de Johann (Durlo, 1996).

$$D_{ij} = \frac{H_j \cdot dap(i)}{A \cdot dap(j)} \Rightarrow A_i = \frac{H_j \cdot dap(i)}{D_{ij} \cdot dap(j)} \quad (3)$$

Em que:

D_{ij} = distância entre concorrente (i) e concorrida (j);

H_j = altura da concorrida (j);

A = valor do grau de desbaste. Representa a magnitude da concorrência exercida por uma ou mais concorrentes em relação à concorrida.

Pelo valor do grau de desbaste ou Índice de Johann (A), optou-se por testar a concorrência exercida pelas três árvores maiores concorrentes das canjeranas, cedros e louros em cada unidade amostral. Assim, o A -máx representa o grau de concorrência da maior concorrente, o A -2 das duas maiores e o A -3 das três maiores concorrentes.

O BAL corrigido é o BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas, pois ao se ter duas árvores com mesmo diâmetro e diferentes distâncias da árvore considerada, deve-se saber qual oferece maior concorrência à mesma. O BAL corrigido é representado por:

$$BAL_{corr.} = \sum_{D_i > D_j}^n BAL_i \cdot \frac{dap(i)}{dap(j)} \cdot \frac{1}{D_{ij}} \quad (4)$$

O BAL corrigido é usado com o objetivo de ponderar, por meio da distância, a concorrência exercida pelas árvores concorrentes sobre uma árvore concorrida.

Na Figura 1, pode-se observar a representação de uma unidade amostral hipotética na qual a árvore concorrida (C_j) está submetida à concorrência de outras árvores.

Considerando que a árvore 1 e a árvore 8 têm o mesmo DAP, utilizando-se o BAL corrigido, é possível verificar que a árvore 8 exerce maior grau de concorrência, pois está a uma distância menor da árvore concorrida (C_j) do que a árvore 1.

Considerando que existe a mesma distância entre a árvore 5 e a C_j e entre a árvore 8 e C_j , verifica-se maior concorrência exercida pela árvore 8, tendo em vista o maior DAP. Em uma amostra de relascopia normal, usando-se a banda 4 por exemplo, as duas árvores contariam como se tivessem a mesma área basal.

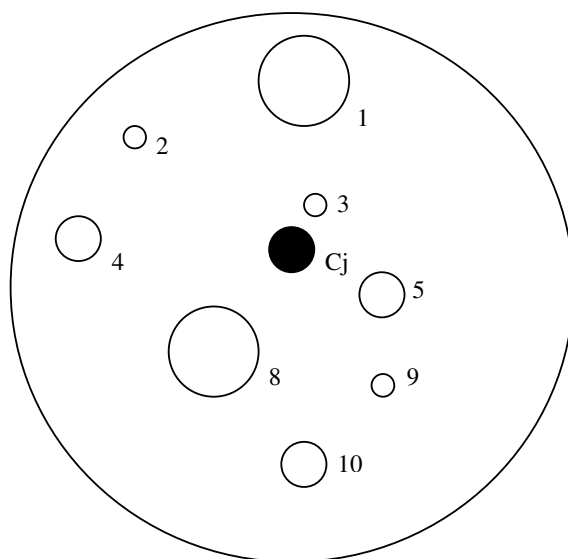


Figura 1 – Concorrência em uma unidade amostral hipotética.

O índice BAL relativo é igual ao BAL dividido pela G/ha (Durlo, 1996):

$$BAL_{relat.} = \frac{BAL}{G / ha} \quad (5)$$

O BAL relativo permite deduzir qual é o porte da árvore concorrida em uma unidade amostral ou povoamento. Por exemplo, se considerarmos os seguintes valores:

- a) BAL relativo = $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e $G/ha = 60 \text{ m}^2$
- b) BAL relativo = $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e $G/ha = 30 \text{ m}^2$

Na situação “a”, a árvore concorrida é uma árvore de porte médio no povoamento, pois se verifica que está submetida a um valor de BAL que equivale à metade do valor de área basal. Nesse caso, o valor de BAL relativo é de 0,5. Já na situação “b”, verifica-se que os valores de BAL e de G/ha são iguais, indicando que a árvore concorrida é a menor do povoamento. O valor de BAL relativo é igual a um. Assim, quanto menor o valor de BAL

relativo, menor também é a magnitude da concorrência sobre determinada árvore, ou seja, maior é o seu porte.

2.4.3.3 Sítio

O sítio pode ser considerado como o conjunto de fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento vegetal em determinada área. Nutto (1999) e Nutto & Spiecker (2000) mencionam que o sítio determina o crescimento máximo, sendo considerado como fator limitante principal para a produção e a rentabilidade.

Em trabalho realizado com crescimento em área basal de 15 espécies tropicais no interior de uma floresta mista/úmida em Porto Rico, Parresol (1995) concluiu que o efeito do crescimento dessas espécies é uma mistura complexa da fisiografia e dinâmica do povoamento. O autor concluiu ainda que algumas espécies são mais sensíveis à inclinação do solo e topografia, enquanto outras são mais sensíveis à posição que ocupam no dossel e esses são fatores que devem ser investigados para cada espécie.

Um modelo de incremento em diâmetro para árvores individuais de *Picea glauca* (Moench) Voss. em povoamento de floresta boreal em Alberta, Canadá, foi desenvolvido por Huang & Titus (1995). O incremento periódico em diâmetro foi modelado diretamente em razão do diâmetro das árvores, altura, competição, sítio e composição de espécies.

A correlação entre a pedregosidade e o crescimento de cedro, louro e canjerana foi constatada por Durlo (1996). O mesmo autor também verificou influência da inclinação e da exposição do terreno sobre o ritmo de crescimento das espécies estudadas.

Em estudo realizado com *Ocotea puberula* e *Nectandra megapotamica*, Della-Flora (2001) verificou que o aumento da pedregosidade provoca uma pequena diminuição de incremento. O autor utilizou variáveis de sítio como a inclinação, pedregosidade, material de origem, degradação e exposição para modelar o incremento das espécies mencionadas. A inclinação e a pedregosidade foram incluídas nos modelos em percentagem da seguinte forma: para terrenos com inclinação entre zero e dez por cento foi atribuído o valor médio cinco por cento, para inclinação entre dez e 20%, o valor médio 15% e assim sucessivamente. Para a pedregosidade, também classificada em intervalos de dez por cento, procedeu-se da mesma forma que para a inclinação. Para a variável exposição, os valores qualitativos N, NE, NO, S, SE, SO, L e O foram transformados em radianos, e foi testada, no modelo, a interação inclinação multiplicada pelo seno da exposição (Monserud & Sterba, 1994). A degradação do

terreno foi avaliada atribuindo-se os valores zero para local não-degradado, um para local pouco degradado e dois para local muito degradado.

2.4.3.4 Índices morfométricos

A morfometria de uma árvore singular e as variáveis daí derivadas são usadas para transmitir uma idéia das relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, julgar o grau de concorrência de um povoamento e permitem, ainda, inferências sobre a estabilidade, a vitalidade e a produtividade de cada indivíduo. Atualmente, as formas e dimensões das árvores singulares e sua modificação com o tempo adquirem nova importância, dada a possibilidade de elaborar modelos matemático/estatísticos de concorrência e de crescimento a partir desses dados (Hasenauer, 1994; Hasenauer *et al.*, 1995; Pretzsch, 1995).

Muitos autores conduziram diversos estudos sobre a forma das árvores. Dentre eles pode-se citar Burger (1939), a quem se deve as primeiras caracterizações e modelos de copa, Mayer (1958), Assmann (1961), Mitscherlich (1978), Stampfer (1995) e Hasenauer (1997). Atualmente, no meio florestal acadêmico, o DAP, a área basal, a altura (total, comercial, dominante), a área de projeção de copa e o volume de copa são conceitos bem conhecidos.

Menos conhecidos, entretanto, são o manto de copa, o índice de abrangência, o formal de copa, o grau de esbeltez, o índice de saliência e o índice de espaço vital (Assmann, 1961; Sterba, 1991). Tais variáveis são definidas a seguir, usando-se o modelo de árvore (Figura 2) desenvolvido por Burger (1939).

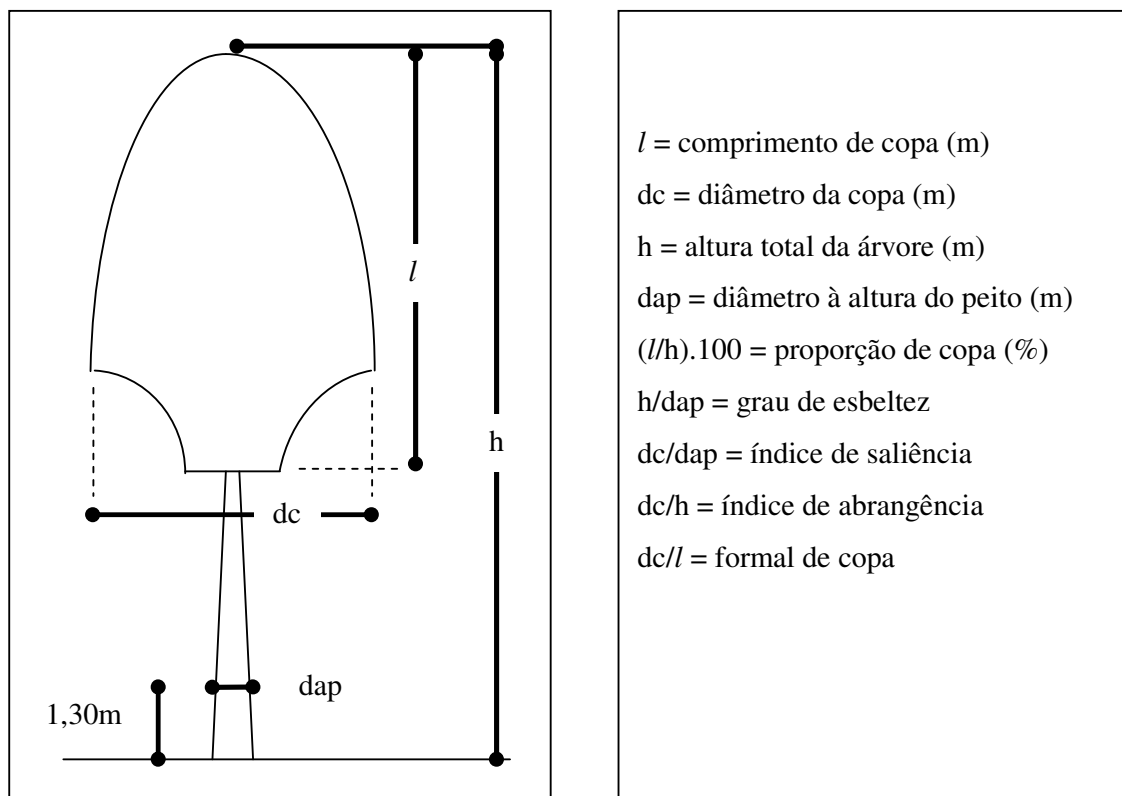


Figura 2 – Modelo de árvore e suas características dimensionais.

O diâmetro de copa é uma variável básica para a dedução de outras características das árvores e corresponde à distância entre as linhas de projeção dos pontos mais externos da copa. Se um povoamento florestal for manejado pela condução de cada árvore individual (Reininger, 1987), precisa-se conhecer o número de árvores que ficarão até o final da rotação, ou seja, as árvores reservadas para o futuro denominadas de árvores-F (Abetz & Ohnemus, 1994). O estoque de árvores-F, por sua vez, pressupõe o conhecimento do espaço vital objetivo (Abetz & Ohnemus, 1994) de cada árvore, ou seja, o espaço que uma árvore ocupará ao atingir sua maturidade. O diâmetro da copa de árvores pré-dominantes ou solitárias com DAP igual ao diâmetro-objetivo é, pois, a variável que permite deduzir o espaço a ser reservado para cada árvore-F e, com isso, revela o número de indivíduos a serem selecionados e conduzidos até o final da rotação.

Como área de projeção da copa entende-se a superfície coberta pela projeção vertical da copa de uma árvore. Normalmente essa área é calculada a partir da medição de um determinado número de raios de projeção da copa (quatro a oito raios). A área de projeção de copa permite que se conheça o espaço ocupado por uma árvore e, quando se dispõe de dados do incremento, que se calcule a produção e a produtividade desta (Mitscherlich, 1978).

O volume de copa, calculado pelo sólido de rotação que melhor modela a copa de cada espécie, assim como o manto de copa, calculado como a área superficial desse mesmo sólido, podem, igualmente, ser usados para calcular a produção e a produtividade. São, entretanto, de difícil obtenção e não produzem respostas sensivelmente melhores que a simples projeção de copa.

A proporção de copa ou porcentagem de copa corresponde à relação entre o comprimento da copa e altura total da árvore. Apesar das dificuldades de determinação do ponto de inserção da copa (Mitscherlich, 1978), essa variável (juntamente com características qualitativas da copa) é um indicador da vitalidade das árvores. Quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais vital e produtiva é a árvore. Por outro lado, a proporção de copa atual de uma árvore dá indicativos do grau de concorrência por ela sofrido no passado, podendo ser usada nos modelos de concorrência (Hasenauer, 1994; Monserud & Sterba, 1994; Durlo, 1996).

O grau de esbeltez, também conhecido como relação h/DAP , é uma variável que caracteriza a estabilidade das árvores. Quanto mais alto o grau de esbeltez, tanto mais instável é a árvore. Em nossas latitudes essa variável perde um pouco em importância, mas pode indicar instabilidade contra o vento, ou mesmo servir como indicativo de desbastes em atraso, especialmente em povoamentos puros e equiâneos.

A relação entre o diâmetro de copa e o DAP, foi denominada índice de saliência. Esse índice expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP. Quando se prevê o manejo de um povoamento não pela sua idade, mas pelo diâmetro atingido por seus componentes, o número máximo de árvores por unidade de área, à medida em que as árvores forem crescendo, pode ser calculado pelo índice de saliência, se existir uma correlação significativa entre este e o DAP.

A correlação entre o índice de saliência e o DAP de árvores solitárias de diversas espécies florestais européias foi usada por Stampfer (1995) para deduzir o número máximo de indivíduos que caberia em um hectare, sem que houvesse concorrência. Esse índice pode, portanto, ser usado como indicador de desbaste. Em povoamentos mistos e inequiâneos, essa variável pode também ser usada para determinar, a qualquer tempo, o espaço a ser liberado ao redor de uma árvore selecionada, para que esta cresça sem concorrência. A relação entre o diâmetro de copa e o DAP, elevada ao quadrado, corresponde ao índice de espaço vital. Quanto menor for esse índice em média num povoamento, tanto maior será sua área basal e, provavelmente, também seu volume por hectare.

O índice de abrangência é calculado pela relação entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore. Se existir uma correlação entre o índice de abrangência e a altura das árvores, esse índice pode ser também usado como indicador de desbaste ao longo da vida do povoamento.

A relação entre o diâmetro de copa e a altura de copa foi denominada de formal de copa. Considerando uma mesma espécie e sítio, quanto menor o formal de copa, melhor é a produtividade da árvore. Isso se deve unicamente à relação entre o manto de copa e a área de projeção de copa. Se duas árvores da mesma espécie tiverem o mesmo diâmetro de copa, produzirá mais por unidade de projeção de copa aquela que tiver um menor formal, ou seja, aquela que tiver copa mais esbelta, pois terá maior manto de copa, para uma mesma área de projeção. O formal de copa serve como critério adicional para a marcação de desbastes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Localização

O presente estudo foi desenvolvido com dados obtidos no distrito de Vale Vêneto, município de São João do Polêsine, distante 40 km de Santa Maria, RS. Nesse distrito, existem diversas encostas cobertas com vegetação florestal nativa em diferentes estágios de desenvolvimento.

Como coordenadas geográficas de referência de Vale Vêneto pode-se citar 29°39'30" de latitude sul e 53°31'20" de longitude oeste. A Figura 3 ilustra a localização de Santa Maria e de Vale Vêneto¹.



Figura 3 – Ilustração da localização de Santa Maria e do distrito de Vale Vêneto.

¹ Fonte: <http://www.valeveneto.net>

Com a vinda dos colonizadores para a região no século passado, instalaram-se os minifúndios em Vale Vêneto. A necessidade de locais para plantio de culturas anuais fez com que fossem exploradas as florestas na busca de terras mais produtivas. Após alguns anos de uso, esses solos foram perdendo a fertilidade e sendo abandonados.

Na região de Vale Vêneto existem muitas áreas abandonadas pela atividade agrícola, fato que propiciou o estabelecimento da floresta secundária que atualmente se apresenta em diferentes estágios sucessionais em razão do tempo de abandono.

3.1.2 Solo

Ocorrem diversos tipos de solo em Vale Vêneto, sendo que o tipo predominante é o Podzólico Vermelho-Amarelo (Klamt *et al.*, 1997). Esses solos são medianamente profundos a profundos e bem drenados. O horizonte A apresenta cor bruno-escuro, textura franco arenosa, estrutura fraca em blocos subangulares pequenos e grandes, ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Os solos são ácidos com soma e saturação de bases baixas, saturação com alumínio alta, capacidade de troca de cátions baixa a média, fósforo muito baixo e baixos teores de matéria orgânica.

3.1.3 Clima

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo “Cfa”, subtropical úmido. A precipitação média anual está entre 1.500 e 1.750 mm, sendo a época de concentração máxima da precipitação os meses de julho, agosto e setembro, enquanto novembro, dezembro e março são os meses que apresentam menor índice pluviométrico. A temperatura média anual situa-se entre 18 e 20°C (Moreno, 1961).

3.2 Coleta de Dados

3.2.1 Espécies estudadas

Neste trabalho, optou-se por estudar três espécies florestais nativas que têm ampla distribuição geográfica, são frequentes nas matas onde se efetuou o estudo e são enquadradas por Inoue *et al.* (1984) como prioritárias para o reflorestamento, a saber: *Cabralea canjerana*,

Cedrela fissilis e *Cordia trichotoma*. Além disso, as três espécies foram escolhidas por produzirem madeira de boa qualidade e de valor comercial, sendo empregadas para inúmeros artefatos e para a construção civil.

3.2.2 Unidades amostrais de observação permanente (UAP's)

No ano de 1994, foram instaladas por Durlo (1996), aleatoriamente, 346 unidades amostrais de observação permanente (UAP's) nas florestas de Vale Vêneto (Tabela 1). Nessas unidades amostrais, encontram-se, entre outras, as três espécies objeto deste estudo, respectivamente 146 canjeranas, 117 cedros e 46 louros.

Na seleção das árvores para o estudo procurou-se distribuí-las nas diferentes posições sociais (pré-dominante, dominante, co-dominante, suprimida), segundo a classificação de Kraft (1884) e abranger uma grande amplitude diamétrica, usando 5,0 cm de DAP como limite inferior para as observações.

As unidades amostrais foram distribuídas em três estágios sucessionais caracterizados em razão do tempo de abandono de áreas anteriormente utilizadas para atividades agrícolas, sendo eles: capoeira, capoeirão e floresta secundária. Em razão dos estágios sucessionais identificados, foram estabelecidas UAP's com raios diferenciados, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Estágios sucessionais, tempo de abandono, raio da parcela, número de UAP's e área total amostrada.

Estágio sucessional	Tempo de abandono	Raio da parcela	N. de UAP's	Área total amostrada (m ²)
Capoeira	15 anos	5,0 m	130	10.210
Capoeirão	25 anos	5,0 m	130	10.210
Mata secundária	40 anos	7,0 m	86	13.239
Total			346	33.659

Enquanto a capoeira e o capoeirão são áreas abandonadas pela atividade agrícola, a mata secundária sofreu apenas exploração seletiva das melhores árvores há 40-50 anos.

Para os três estágios (capoeira, capoeirão e mata secundária), foram estudadas cinco repetições amostrais, nas quais foram estabelecidas as UAP's para estudo da composição florística e do incremento das espécies ocorrentes.

A locação das UAP's foi realizada da seguinte forma: inicialmente foi tomada uma direção e, a cada 20 m, foi instalada uma UAP. A identificação das UAP's seguiu uma numeração seqüencial, consistindo na fixação de uma placa de alumínio na árvore central. No

interior de cada UAP, as árvores foram identificadas e numeradas com pequenas plaquetas de alumínio. Para uma melhor organização e para poder recompor plaquetas eventualmente perdidas, a numeração se deu na primeira árvore na direção norte e seguiu sempre o sentido horário.

Em cada UAP, foram identificados botanicamente e numerados todos os exemplares com DAP igual ou superior a 5,0 cm. Para cada UAP, calcularam-se a área basal individual de todas as árvores e a área basal por ha (G/ha).

3.2.3 Amostragem

A intensidade da amostragem foi testada em razão da variância da população, precisão requerida e confiabilidade fixada, para a variável área basal obtida nas unidades amostrais de observação permanente no ano de 1995.

A intensidade de amostragem foi obtida pela expressão:

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot s_x^2}{N \cdot E^2 + t^2 \cdot s_x^2} \quad (6)$$

Em que:

n = número de unidades amostrais necessárias;

t = valor tabelado de Student ($\alpha = 5\%$ e 10%);

s_x^2 = estimativa da variância;

N = número total de unidades da população;

E = erro de amostragem.

O município de São João do Polêsine tem 18 km² de sua área territorial coberta por vegetação natural, o que representa 1.800 ha. Por não terem sido encontrados dados referentes à cobertura florestal do distrito de Vale Vêneto exclusivamente, utilizou-se como população total os dados obtidos para o município.

3.2.4 Estrutura fitossociológica

A descrição fitossociológica da comunidade florestal estudada foi realizada com base na classificação das espécies pelo índice de valor de importância (IVI). Para cada estágio

sucessional e para a floresta de forma geral, por meio do IVI, identificaram-se quais são as espécies que mais se destacam.

Foram calculados, para cada espécie, os parâmetros densidade, dominância, frequência e índice de valor de importância, parâmetros esses comumente utilizados em análises fitossociológicas (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974; Longhi, 1980 e 1997; Martins, 1991; Vaccaro, 1997).

O índice de valor de importância (IVI) é constituído pela soma de valores de densidade relativa (DR), dominância relativa (DoR) e frequência relativa (FR) de uma determinada espécie da floresta em relação às outras. Segundo Matteucci & Colma (1982), o IVI é a combinação dos valores relativos de cada espécie, com finalidade de dar um valor para elas dentro da comunidade vegetal a que pertencem.

A análise fitossociológica foi baseada nos dados coletados em 1995, primeira medição das unidades amostrais de observação permanente (UAP's).

3.2.5 Variáveis observadas

De cada árvore selecionada (canjerana, cedro e louro) dispunha-se de dados obtidos entre os anos de 1995 e 2000, os quais foram levantados e utilizados parcialmente no estudo efetuado por Durlo (1996). No entorno de cada árvore selecionada, Durlo efetuou as seguintes atividades:

- a) Identificação das espécies ocorrentes;
- b) Medição dos DAP's (cm), com a utilização de fita métrica, em 1995, 1997 e 2000;
- c) Medição das distâncias das árvores circundantes (concorrentes) até as árvores selecionadas (concorridas) considerando os raios fixos de cinco e sete metros, com a utilização de trena. Essas distâncias foram medidas em 1995;
- d) Medição das distâncias das árvores circundantes (concorrentes) até as árvores selecionadas (concorridas) considerando um raio variável, sempre maior que o raio fixo, que foi determinado utilizando-se a banda 4 do Relascópio Bitterlich (Bitterlich, 1984). Essas distâncias foram medidas no ano de 2000. A utilização de um raio variável teve o escopo de agregar às parcelas todas as árvores que, mesmo estando mais afastadas que a distância do raio fixo, pelo porte que apresentavam (grandes diâmetros e alturas), pudessem exercer concorrência sobre as árvores selecionadas;
- e) Caracterização dos sítios circundantes pela observação das variáveis relevo, exposição, inclinação e pedregosidade, efetuada em 1995;

- f) Medição de oito raios de projeção de copa (m), com a utilização de fita métrica, em 1995. Essa medição foi efetuada para se determinar a produtividade ou eficiência das árvores, definida como a relação entre o incremento em área basal de cada árvore selecionada (cm²) e a projeção horizontal de sua respectiva copa (m²);
- g) Medição da altura total (m) e da altura comercial (até a inserção da copa) (m), em 1995;
- h) Determinação da posição sociológica pela observação das árvores selecionadas no dossel da floresta, em 1995.

Para a elaboração deste estudo, além dos dados levantados em 1995, 1997 e 2000, efetuou-se a medição dos DAP's em 2002 e 2003.

Para as três espécies selecionadas, individualmente, no período de 1995 a 2003, foram calculados incrementos em diâmetro e em área basal, índices de concorrência e índices morfométricos.

3.2.6 Incremento em área basal

Para a descrição do incremento em área basal de cada uma das espécies, foi utilizado o modelo descrito por Durlo (1996), adicionando-se a morfometria:

$$ig = f (a + b.\text{dimensão} + c.\text{concorrência} + d.\text{sítio} + e.\text{morfometria}) \quad (7)$$

Em que:

ig = incremento individual em área basal (cm²);

a, b, c, d, e = coeficientes;

dimensão = DAP (cm);

concorrência = teste de diferentes índices de concorrência;

sítio = inclusão de características de sítio;

morfometria = teste de diferentes índices morfométricos.

Pela análise visual da distribuição dos dados de incremento em razão do DAP, foram testadas transformações dessa variável (DAP², 1/DAP e ln DAP) para escolher a que melhor explica o incremento de cada uma das espécies em estudo.

3.2.7 Concorrência

A dependência do incremento em relação à concorrência foi testada por meio de índices de concorrência independentes e dependentes da distância, para cada árvore selecionada. Os índices independentes da distância testados foram:

1. G/ha: densidade do povoamento expressa pela área basal por hectare;
2. DAP/dg: relação entre o DAP da árvore concorrida e o dg (Daniels *et al.* 1986);
3. Basal Area Larger – BAL: soma da área basal das árvores maiores que a árvore concorrida, dentro de um raio subjetivamente fixado (Wykoff, 1990; Durlo, 1996; Della-Flora, 2001).

Os índices dependentes da distância testados foram:

1. Modelo de Hegyi (1974);
2. Modelo derivado de Johann (Durlo, 1996);
3. BAL corrigido (Durlo, 1996) e;
4. BAL relativo (Durlo, 1996).

3.2.8 Caracterização dos sítios

No entorno de cada árvore estudada, foram observadas variáveis definidoras de sítio de fácil determinação como o relevo, a inclinação, a pedregosidade e a exposição. Essas variáveis foram então incluídas em um modelo matemático linear para descrever o sítio.

O relevo do terreno foi classificado em quatro tipos diferentes, com os respectivos valores: encosta inferior (1), encosta média (2), encosta superior (3) e platô (4).

A inclinação foi medida em porcentagem e classificada em classes de dez por cento, com auxílio do dendrômetro Durlo (Durlo, 1998). A variável foi incluída no modelo diretamente em porcentagem da seguinte forma: para terrenos com inclinação entre zero e dez por cento, atribuiu-se o valor médio cinco por cento, para inclinação entre dez e 20%, o valor médio 15%, e assim, sucessivamente.

A pedregosidade foi estimada visualmente, observando-se a quantidade relativa de pedras aparentes recobrando a superfície, dentro e nas proximidades de cada UAP. A pedregosidade foi classificada em classes de dez por cento de cobertura superficial da área e incluída no modelo diretamente em porcentagem.

A exposição do terreno foi determinada com uma bússola e enquadrada em uma das oito situações: norte (N), nordeste (NE), leste (L), sudeste (SE), sul (S), sudoeste (SO), oeste (O) e noroeste (NO). Os valores qualitativos N, NE, NO, S, SE, SO, L e O foram transformados em radianos e testou-se, no modelo, a interação inclinação (tg) x exposição (sen) (Monserud & Sterba, 1994).

A inclinação foi transformada em tangente (inclinação/100) e os valores de exposição utilizados foram os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Transformação dos valores de exposição em π radianos.

Exposição	Valor utilizado
N	6,28
NO	5,50
O	4,71
SO	3,93
S	3,14
SE	2,36
L	1,57
NE	0,78

3.2.9 Produtividade

Para a determinação da produtividade, definida como a relação entre o incremento em área basal de cada árvore selecionada (cm^2) e a projeção horizontal de sua respectiva copa (m^2), foram medidos oito raios de projeção de copa.

A medição dos raios de copa foi iniciada pelo raio posicionado no sentido norte, seguindo no sentido horário, para permitir a remedição no futuro.

3.2.10 Morfometria

Utilizando-se as características dimensionais (DAP, altura total, comprimento de copa, diâmetro de copa e oito raios de copa) das árvores selecionadas, obtidas na medição realizada em 1995, foram calculados os índices morfométricos: proporção de copa, grau de esbeltez, índice de saliência, índice de abrangência e índice formal de copa, conforme as fórmulas apresentadas na Tabela 3. A produtividade das espécies foi calculada pela divisão do incremento periódico anual em área basal individual pela área de copa.

Tabela 3 – Fórmulas dos índices morfométricos.

Índice morfométrico	Fórmula
Grau de esbeltez	h/DAP
Proporção de copa (%)	$l/h.100$
Índice de saliência	dc/DAP
Índice de abrangência	dc/h
Formal de copa	dc/l
Produtividade (cm^2/m^2)	$IPA \text{ g/copa}$

Sendo: h = altura total da árvore (m); DAP = diâmetro à altura do peito (m); l = comprimento de copa (m); dc = diâmetro da copa (m); IPA g/copa = incremento periódico anual em área basal dividido pela área de copa.

3.3 Análise dos Dados

Por meio do programa Microsoft Excel, foram realizados os cálculos de intensidade de amostragem, parâmetros fitossociológicos das espécies em geral, incremento, índices de concorrência, índices morfométricos e produtividade das espécies de interesse.

As médias de DAP, de incremento em área basal e de produtividade, obtidas por espécie, foram comparadas por meio do teste “t” em nível de 5% de probabilidade de erro (Storck *et al.*, 2000).

Utilizando-se o programa estatístico SPSS 7.5, realizou-se a análise de correlação entre as variáveis pelo método Pearson. As variáveis usadas nos testes de correlação foram: crescimento (IPA g), dimensão (DAP e as transformações: DAP^2 , $1/DAP$ e $\ln DAP$), concorrência (G/ha, DAP/dg, BAL, modelo de Hegyi, modelo derivado de Johann, BAL corrigido e BAL relativo) e morfométricas (grau de esbeltez, proporção de copa, índice de saliência, índice de abrangência e formal de copa), sítio (relevo, pedregosidade, inclinação, exposição, interação inclinação x exposição) e posição sociológica das árvores. Todas as variáveis são referentes ao ano de 1995. Para melhor evidenciar a relação do DAP e do incremento periódico anual em área basal (IPA g) das espécies com algumas das variáveis, foi efetuada uma análise gráfica demonstrativa.

Por meio de análise de regressão foram testados modelos (equações) para a estimativa do incremento periódico anual em área basal (IPA g) e da produtividade.

Na análise de regressão, foram testadas as variáveis de dimensão (DAP e as transformações: DAP^2 , $1/DAP$ e $\ln DAP$), concorrência (G/ha, BAL, BAL corrigido, BAL relativo, A-máx., A-2, A-3 e DAP/dg), morfométricas (grau de esbeltez, proporção de copa,

índice de saliência, índice de abrangência e formal de copa) e sítio (pedregosidade, inclinação, exposição, interação inclinação x exposição). As variáveis são referentes ao ano de 1995.

Inicialmente foi incluída a variável de dimensão (DAP) nos modelos. Posteriormente, testaram-se os índices de concorrência de maior correlação com o incremento, os índices morfométricos e as variáveis referentes ao sítio.

A análise de regressão foi executada para as espécies individualmente, utilizando-se o programa estatístico SPSS 7.5 com o procedimento *stepwise*. Para que as variáveis pudessem fazer parte dos modelos, utilizou-se como critério estatístico a significância do valor de F a 5% de probabilidade de erro. Para cada espécie, foram selecionados modelos matemáticos observando-se visualmente a distribuição dos resíduos, o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) e o erro-padrão da estimativa (Syx).

Após a escolha do modelo melhor ajustado para cada espécie, analisou-se ainda a sensibilidade da variável dependente às variações das variáveis independentes, ou seja, em que proporção as variáveis testadas influíam no incremento e na produtividade das espécies.

A análise de sensibilidade foi apresentada graficamente para visualizar a direção e a magnitude de influência de cada variável independente sobre a variável resposta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Amostragem

Considerando as médias de área basal ($0,3644 \text{ m}^2$), variância ($0,0421$) e valor “t” de Student com probabilidade de confiança de 90%, verificou-se que 86 unidades amostrais já seriam representativas para a variável área basal no âmbito municipal. Para um valor “t” de Student com probabilidade de confiança de 95%, seriam necessárias 486 unidades amostrais para a área florestal de todo o município, ou seja, relativa a 1.800 ha, dimensão que não se pretendeu abranger neste estudo. Dessa forma, evidenciou-se que o número de 346 unidades amostrais foi suficiente e confiável para realização deste estudo. Como a área total amostrada é de 3,366 ha, relativa a uma área de 1.800 ha, verifica-se uma intensidade de amostragem equivalente a 0,187%.

Conforme dados do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (Universidade Federal de Santa Maria, 2001) para o tipo fitogeográfico Floresta Estacional Decidual, onde está inserido o município de São João do Polêsine, observa-se que do total de 1.176.245 ha de florestas nativas, foram amostrados 78 ha, o que representa uma intensidade de amostragem de 0,0066%.

Analisando-se os dados da bacia hidrográfica Alto Jacuí, na qual está inserido o município de São João do Polêsine, verifica-se que de um total de 276.963 ha de florestas nativas, foram amostrados 10 ha, o que indica uma intensidade de amostragem de 0,0036%.

4.2 Descrição Geral da Floresta

Nas 346 unidades amostrais de observação permanente (UAP's) distribuídas nas florestas de Vale Vêneto, foram medidas 6.098 árvores durante o período de oito anos, considerando-se mortalidade e ingresso de exemplares, em uma área total de 33.660 m^2 , ou seja, 3,366 ha.

Na Tabela 4, são apresentados os valores de área basal por hectare (G/ha) nos anos de 1995 e 2003 e os incrementos periódico (IP) e periódico anual (IPA) em G/ha obtidos para os três estágios sucessionais em que foi caracterizada a floresta.

Tabela 4 – Variáveis de crescimento obtidas por estágio sucessional nos anos de 1995 e 2003.

Estágio sucessional	G/ha (m ²)	G/ha (m ²)	IP G/ha (m ²)	IPA G/ha/ano
	1995	2003	1995-2003	(m ²)
Capoeira	28,21	36,98	8,76	1,10
Capoeirão	46,47	51,97	5,50	0,69
Floresta secundária	37,64	41,28	3,64	0,46

Sendo: G/ha = área basal por hectare; IP = incremento periódico; IPA = incremento periódico anual.

Verifica-se na Tabela 4 que os incrementos em área basal por hectare são maiores na capoeira, o que pode ser justificado pelo crescimento mais rápido das árvores nesse estágio. O capoeirão foi o estágio que apresentou os maiores valores de G/ha no período abrangido pelas medições, apresentando incrementos menores que a capoeira e maiores que a floresta secundária. Para o estágio floresta secundária, verificaram-se os menores incrementos em G/ha, característica de floresta madura.

Nas unidades amostrais utilizadas neste estudo, verificou-se a existência de 78 espécies, sendo que 73 foram identificadas.

A descrição fitossociológica por estágio sucessional e da floresta de forma geral é contemplada nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, em que as trinta espécies com maior IVI foram classificadas em ordem decrescente. O número de trinta espécies foi escolhido por abranger, em todos os estágios sucessionais e para a floresta de forma geral, as três espécies principais deste estudo.

Tabela 5 – Classificação das trinta espécies com maiores IVI no estágio sucessional capoeira no ano de 1995.

C.	Nome científico	Nome comum	Família	IVI
1	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá-vermelho	Sapindaceae	41,18
2	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-guaicá	Lauraceae	25,29
3	<i>Myrsine umbellata</i> Mart. ex DC.	Capororoca	Myrsinaceae	24,85
4	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Carvalinho	Flacortiaceae	23,50
5	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	Meliaceae	23,43
6	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela-preta	Lauraceae	16,99
7	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Angico-vermelho	Leguminosae	14,55
8	<i>Myrocarpus frondosus</i> M. Allemão	Cabreúva	Leguminosae	13,63
9	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil. et al.) Radlk	Chal-chal	Sapindaceae	13,10
10	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Tanheiro	Euphorbiaceae	10,90
11	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-do-mato	Rosaceae	10,20
12	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Meliaceae	7,62
13	<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	Canela-sebo	Lauraceae	6,66
14	<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá-feijão	Leguminosae	4,60
15	N.I. 1	Canela-forquilha	N.I. 1	4,08
16	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Canela-do-brejo	Leguminosae	3,75
17	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Timbaúva	Leguminosae	3,38
18	<i>Ficus luschnatiana</i> (Miq.) Miq.	Figueira	Moraceae	3,10
19	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	Canela-amarela	Lauraceae	3,00
20	<i>Banara parviflora</i> (A. Gray) Benth.	Guaçatunga-branca	Flacourtiaceae	2,95
21	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macb.	Grápia	Leguminosae	2,88
22	<i>Diospyrus inconstans</i> Jacq.	Maria-preta	Ebenaceae	2,72
23	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	Farinha-seca	Leguminosae	2,70
24	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	Louro	Boraginaceae	2,49
25	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-cadela	Rutaceae	2,32
26	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	Arecaceae	2,02
27	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne.	Caixeta	Araliaceae	1,92
28	<i>Sorocea bonplandii</i> (Bail.) Burger et al.	Cincho	Moraceae	1,85
29	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urtigão-manso	Urticaceae	1,80
30	N.I. 2	N.I. 2	N.I. 2	1,57
	Outras 48 espécies			20,96

C = colocação; IVI = índice de valor de importância; N.I. = Não-identificada.

Verifica-se pela Tabela 5 que o Camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*) foi a espécie que mais se destacou no estágio sucessional capoeira em razão do mais alto IVI. Percebe-se uma larga diferença, de quase 16 pontos, da primeira colocada em relação à segunda (*Ocotea puberula*).

As três espécies eleitas para este estudo, canjerana, cedro e louro, ocuparam, respectivamente, a 5^a, a 12^a e a 24^a posição nesse estágio sucessional.

Tabela 6 – Classificação das trinta espécies com maiores IVI no estágio sucessional capoeirão no ano de 1995.

C.	Nome científico	Nome comum	Família	IVI
1	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá-vermelho	Sapindaceae	47,46
2	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela-preta	Lauraceae	41,64
3	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Carvalinho	Flaucortiaceae	19,25
4	<i>Myrsine umbellata</i> Mart. ex DC.	Capororoca	Myrsinaceae	18,76
5	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	Meliaceae	16,20
6	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Canela-do-brejo	Leguminosae	16,09
7	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Tanheiro	Euphorbiaceae	15,37
8	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-guaicá	Lauraceae	14,91
9	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil. et al.) Radlk	Chal-chal	Sapindaceae	14,06
10	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Meliaceae	9,85
11	<i>Ficus luschnatiana</i> (Miq.) Miq.	Figueira	Moraceae	9,63
12	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-do-mato	Rosaceae	7,67
13	<i>Sorocea bonplandii</i> (Bail.) Burger et al.	Cincho	Moraceae	6,82
14	<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	Canela-sebo	Lauraceae	6,21
15	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Laranjeira-do-mato	Euphorbiaceae	5,18
16	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	Canela-amarela	Lauraceae	5,14
17	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Angico-vermelho	Leguminosae	5,10
18	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macb.	Grápia	Leguminosae	3,82
19	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	Louro	Boraginaceae	3,34
20	<i>Myrocarpus frondosus</i> M. Allemão	Cabreúva	Leguminosae	2,46
21	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	Farinha-seca	Leguminosae	2,45
22	N. I. 3	N.I. 3	N.I. 3	2,45
23	<i>Diospyrus inconstans</i> Jacq.	Maria-preta	Ebenaceae	2,17
24	<i>Banara parviflora</i> (A. Gray) Benth.	Guaçatunga-branca	Flacourtiaceae	2,16
25	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Catiguá-vermelho	Meliaceae	2,13
26	N.I. 1	Canela-forquilha	N.I. 1	1,52
27	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Timbaúva	Leguminosae	1,32
28	N.I. 4	N.I. 4	N.I. 4	1,24
29	<i>Rollinia sylvatica</i> (A. St.-Hil.) Mart.	Ariticum	Annonaceae	0,97
30	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne.	Caixeta	Araliaceae	0,95
	Outras 48 espécies			13,68

C = colocação; IVI = índice de valor de importância; N.I. = Não-identificada.

Constata-se, pela Tabela 6, que embora a espécie *Cupania vernalis* tenha sido a de maior importância no estágio de capoeirão, a diferença para a segunda colocada, *Nectandra megapotamica*, foi bem menor do que em relação à segunda colocada, *Ocotea puberula*, no estágio de capoeira.

Canjerana, cedro e louro ocuparam, no estágio sucessional capoeirão, respectivamente, a 5^a, a 10^a e a 19^a posição.

Tabela 7 – Classificação das trinta espécies com maiores IVI no estágio sucessional floresta secundária no ano de 1995.

C.	Nome científico	Nome comum	Família	IVI
1	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	Meliaceae	40,29
2	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela-preta	Lauraceae	39,94
3	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá-vermelho	Sapindaceae	32,60
4	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Tanheiro	Euphorbiaceae	25,31
5	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Carvalinho	Flaucortiaceae	14,35
6	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-guaicá	Lauraceae	12,82
7	<i>Sorocea bonplandii</i> (Bail.) Burger <i>et al.</i>	Cincho	Moraceae	12,18
8	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil. <i>et al.</i>) Radlk	Chal-chal	Sapindaceae	11,82
9	<i>Myrsine umbellata</i> Mart. ex DC.	Capororoca	Myrsinaceae	9,61
10	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Meliaceae	9,57
11	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-do-mato	Rosaceae	8,37
12	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Laranjeira-do-mato	Euphorbiaceae	8,22
13	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Angico-vermelho	Leguminosae	7,96
14	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Catiguá-vermelho	Meliaceae	7,46
15	<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	Canela-sebo	Lauraceae	4,74
16	<i>Banara parviflora</i> (A. Gray) Benth.	Guaçatunga-branca	Flacourtiaceae	4,71
17	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne.	Caixeta	Araliaceae	3,68
18	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	Pau-de-ervilha	Meliaceae	3,66
19	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	Canela-amarela	Lauraceae	3,50
20	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urtigão-manso	Urticaceae	3,22
21	<i>Myrocarpus frondosus</i> M. Allemão	Cabreúva	Leguminosae	3,00
22	N.I. 1	Canela-forquilha	N.I. 1	2,99
23	<i>Rollinia sylvatica</i> (A. St.-Hil.) Mart.	Ariticum	Annonaceae	2,76
24	<i>Ficus luschnatiana</i> (Miq.) Miq.	Figueira	Moraceae	2,71
25	<i>Diospyrus inconstans</i> Jacq.	Maria-preta	Ebenaceae	2,25
26	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macb.	Grápia	Leguminosae	2,18
27	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Canela-do-brejo	Leguminosae	2,07
28	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Cerejeira	Myrtaceae	1,80
29	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	Farinha-seca	Leguminosae	1,69
30	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	Louro	Boraginaceae	1,44
	Outras 48 espécies			13,08

C = colocação; IVI = índice de valor de importância; N.I. = Não-identificada.

Ao contrário dos estágios sucessionais capoeira e capoeirão, em que *Cupania vernalis* ocupou a primeira colocação em ordem de importância, na Tabela 7, observa-se que a *Cabralea canjerana* destacou-se como sendo a espécie com maior IVI no estágio sucessional caracterizado como floresta secundária.

Cedrela fissilis ocupou a 10^a posição, enquanto *Cordia trichotoma* foi a 30^a espécie em ordem de importância.

Tabela 8 – Classificação e parâmetros fitossociológicos das trinta espécies com maiores IVI das florestas nativas de Vale Vêneto no ano de 1995.

C.	Nome científico	N.	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	IVI
1	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1275	20,92	8,42	10,86	40,20
2	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	462	7,58	18,99	7,40	33,98
3	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	482	7,91	11,86	7,10	26,86
4	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	516	8,47	3,12	7,40	19,00
5	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	225	3,69	9,56	4,41	17,66
6	<i>Myrsine umbellata</i> Mart. ex DC.	411	6,74	4,29	6,41	17,44
7	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	196	3,22	10,00	4,03	17,24
8	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil. et al.) Radlk	323	5,30	2,02	5,68	13,00
9	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	95	1,56	5,27	2,45	9,29
10	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	179	2,94	3,35	2,84	9,13
11	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	141	2,31	2,99	3,26	8,56
12	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	190	3,12	1,67	2,57	7,36
13	<i>Sorocea bonplandii</i> (Bail.) Burger et al.	179	2,94	0,27	3,45	6,66
14	<i>Myrocarpus frondosus</i> M. Allemão	141	2,31	1,74	2,15	6,20
15	<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	125	2,05	1,05	2,72	5,83
16	<i>Ficus luschnatiana</i> (Miq.) Miq.	66	1,08	3,25	1,04	5,37
17	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	115	1,89	0,14	2,72	4,75
18	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	59	0,97	1,82	1,15	3,94
19	<i>Banara parviflora</i> (A. Gray) Benth.	76	1,25	0,23	1,76	3,24
20	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	81	1,33	0,17	1,57	3,07
21	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macb.	53	0,87	0,99	1,19	3,05
22	N.I. 1	56	0,92	0,38	1,57	2,87
23	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	34	0,56	0,76	1,11	2,43
24	<i>Diospyrus inconstans</i> Jacq.	53	0,87	0,38	1,11	2,36
25	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	34	0,56	0,84	0,92	2,32
26	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne.	29	0,48	0,96	0,81	2,24
27	<i>Inga marginata</i> Willd.	52	0,85	0,43	0,73	2,01
28	<i>Rollinia sylvatica</i> (A. St.-Hil.) Mart.	33	0,54	0,19	1,00	1,73
29	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	42	0,69	0,09	0,92	1,70
30	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	13	0,21	1,00	0,27	1,49
	Outras 48 espécies	358	5,87	3,77	9,40	19,04

C = colocação; N. = número de exemplares; DR = densidade relativa; DoR = dominância relativa; FR = frequência relativa; IVI = índice de valor de importância; N.I. = Não-identificada.

Verifica-se, pela Tabela 8, que o Camboatá-vermelho (*Cupanis vernalis*) foi a espécie que mais se destaca nas florestas estudadas em razão do mais alto IVI. Com relação à densidade relativa (DR), essa espécie representa 20,9% dos exemplares medidos.

As três espécies eleitas para este estudo, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* também apresentaram grande importância fitossociológica, pois alcançaram, respectivamente, a 3^a, a 9^a e a 24^a posição em valor de importância, dentre as 78 espécies observadas.

Para a dominância relativa (DoR), que representa a razão da área basal total de cada espécie pela área basal total das árvores de todas as espécies por unidade de área, a *Nectandra*

megapotamica alcançou o valor mais alto (19,0%), seguida pela *Cabralea canjerana* (11,9%) e pela *Ocotea puberula* (10,0%).

Com relação à frequência relativa (FR), que é o percentual de ocorrência de uma espécie em relação à soma das frequências absolutas de todas as espécies, observou-se que *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*, respectivamente com 7,1; 2,5 e 1,1%, representam juntas, 10,7% das árvores estudadas.

4.3 Variáveis de Crescimento

A amplitude diamétrica abrangida pelas árvores estudadas em Vale Vêneto e o número de exemplares por espécie em cada classe de DAP no ano de 1995 estão representados na Figura 4.

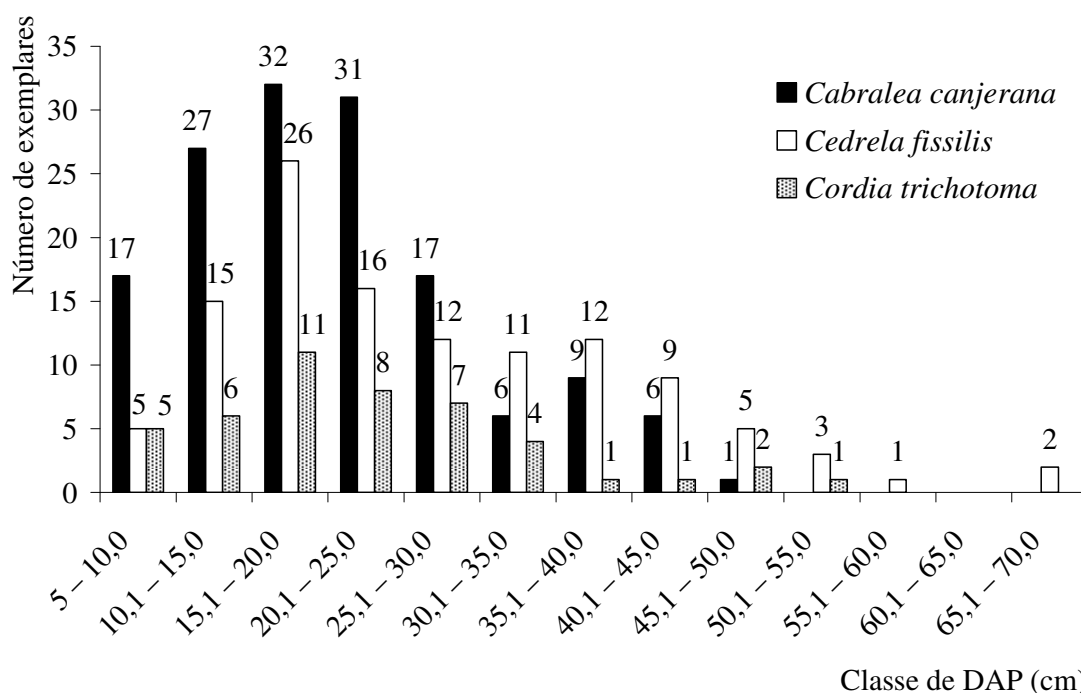


FIGURA 4 – Número de exemplares de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* por classe de DAP no ano de 1995.

Na Figura 5 pode-se observar a distribuição dos dados de altura total (h) e DAP das espécies estudadas no ano de 1995.

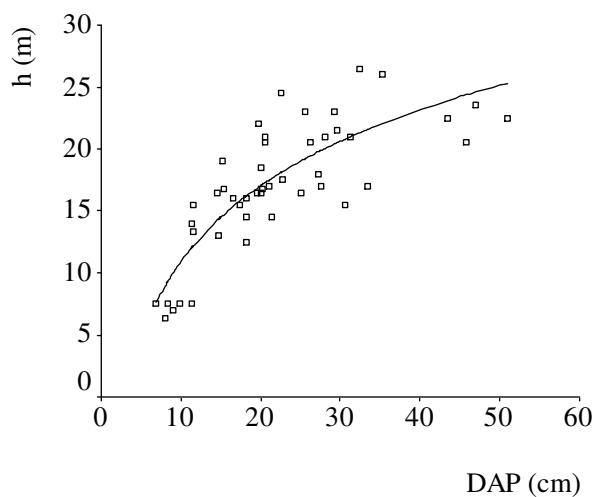
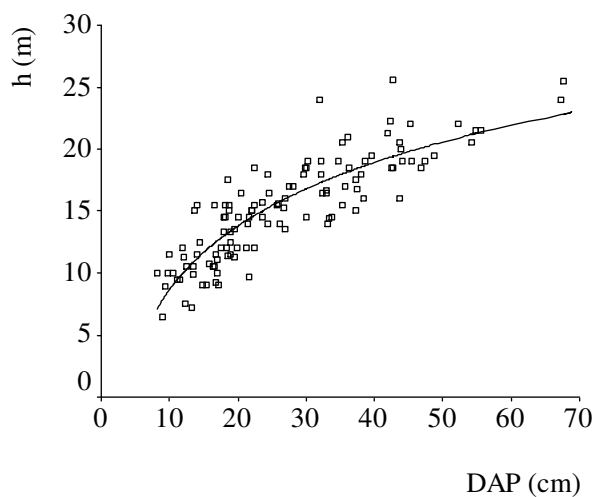
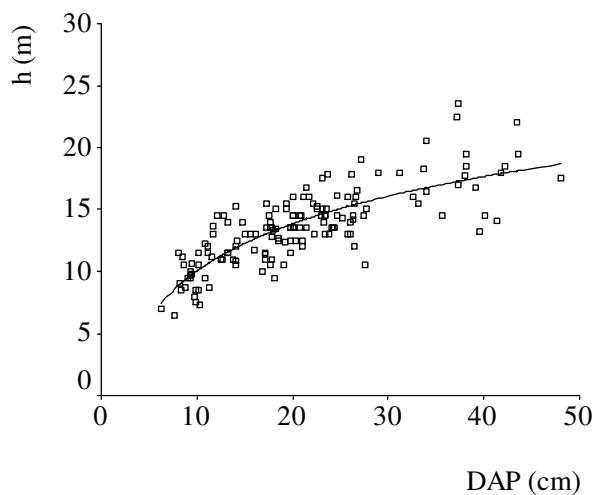


FIGURA 5 – Altura total em razão do DAP de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

A Tabela 9 contempla variáveis de crescimento observadas para as três espécies nas florestas nativas de Vale Vêneto nos anos de 1995 e 2003.

Tabela 9 – Variáveis de crescimento obtidas para *Cabranea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* nos anos de 1995 e 2003.

Variáveis	<i>Cabranea canjerana</i>				
	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
DAP 1995 (cm)	146	6,2	20,9	48,0	9,26
DAP 2003 (cm)	146	6,3	24,4	53,7	10,14
IP DAP (cm)	146	0,0	3,5	13,7	2,47
IPA DAP (cm)	146	0,0	0,4	1,7	0,31
IP g (cm ²)	146	0,0	138,8	633,8	129,92
IPA g (cm ²)	146	0,0	17,4	79,2	16,24
Variáveis	<i>Cedrela fissilis</i>				
	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
DAP 1995 (cm)	117	8,1	27,1	67,6	12,91
DAP 2003 (cm)	117	8,8	32,5	76,1	14,21
IP DAP (cm)	117	0,1	5,5	12,1	2,78
IPA DAP (cm)	117	0,0	0,7	1,5	0,35
IP g (cm ²)	117	1,3	277,6	1111,5	226,89
IPA g (cm ²)	117	0,2	34,7	138,9	28,36
Variáveis	<i>Cordia trichotoma</i>				
	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
DAP 1995 (cm)	46	6,9	22,5	50,9	10,54
DAP 2003 (cm)	46	7,4	25,3	55,9	11,07
IP DAP (cm)	46	0,3	2,9	8,8	1,96
IPA DAP (cm)	46	0,0	0,4	1,1	0,25
IP g (cm ²)	46	5,6	117,1	420,5	100,80
IPA g (cm ²)	46	0,7	14,6	52,6	12,60

Sendo: DAP = diâmetro à altura do peito; IP DAP = Incremento Periódico em DAP de 1995 a 2003; IPA DAP = incremento periódico anual em DAP; g = área basal; IP g = incremento periódico em área basal de 1995 a 2003; IPA g = incremento periódico anual em área basal.

Os valores de incremento em área basal representam melhor o crescimento de uma árvore do que os valores de incremento em diâmetro, tendo em vista que árvores com diferentes diâmetros podem ter o mesmo incremento em diâmetro; porém, a de maior diâmetro terá também maior incremento em área basal.

Observa-se que o cedro, embora tivesse em 1995, aproximadamente, DAP médio 6 cm maior que a canjerana e 5 cm maior que o louro, obteve até 2003, praticamente, o dobro do incremento periódico anual em área basal obtido pelas outras duas espécies.

Para a verificação de eventuais diferenças entre as médias de DAP e IPA g das três espécies, efetuou-se a comparação pelo teste “t”, conforme a Tabela 10.

Tabela 10 – Teste “t” para as médias de DAP (1995) e IPA g (1995-2003) das três espécies estudadas.

Comparação	DAP (cm) 1995		Comparação	IPA g (cm ²) 1995 - 2003	
canjerana x cedro	20,9 27,1	NS	canjerana x cedro	17,4 34,7	NS
canjerana x louro	20,9 22,5	NS	canjerana x louro	17,4 14,6	NS
cedro x louro	27,1 22,5	*	cedro x louro	34,7 14,6	*

NS: Diferença não-significativa.

*: Diferença significativa entre médias pelo teste “t”, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Mediante a comparação de médias, percebe-se que foram encontradas diferenças significativas de DAP (1995) e IPA g (1995-2003) entre cedro e louro. Dessa forma, não se pode excluir a probabilidade de que a diferença significativa de incremento em área basal entre as espécies esteja associada com a diferença significativa em DAP verificada desde 1995.

Embora a diferença de DAP entre cedro e canjerana (6,2 cm) seja maior do que a diferença de DAP entre cedro e louro (4,6 cm), verifica-se pelo teste “t” que não houve diferença significativa na primeira comparação.

Analisando-se os dados apresentados por Scheeren *et al.* (2002) em estudo de crescimento de dois exemplares de *Cordia trichotoma* em Santa Maria, RS, com utilização da técnica de dendrocronologia, verifica-se incremento periódico anual médio em DAP em torno de 0,5 cm e incremento periódico anual médio em área basal de aproximadamente 15 cm² em um período de 68 anos.

Na região de Vale Vêneto, em trabalho realizado com *Ocotea puberula* e *Nectandra megapotamica*, abrangendo um período de três anos de medições, Della-Flora (2001) verificou, respectivamente, incremento periódico anual em DAP de 0,51 cm e 0,32 cm e em área basal de 22,00 cm² e 13,60 cm².

Conforme os dados apresentados no estudo sobre o crescimento de *Grevillea robusta* na Depressão Central do RS, desenvolvido por Canto & Schneider (2004) por meio de análise de tronco de três árvores dominantes, pode-se obter incremento periódico anual médio em área basal de aproximadamente 40,83 cm².

Pesquisando o incremento em DAP de *Ocotea pulchella* (Canela-lageana) no Município de Itaara, RS, por meio de análise dendrocronológica em cinco exemplares, Spathelf *et al.* (2000) observaram incremento médio anual de 0,44 cm para árvores do estrato superior e de 0,28 cm para árvore do estrato médio.

Estudando o crescimento de floresta tropical três anos após a colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental, município de Paragominas, PA, Vidal *et al.* (2002) constataram que espécies de interesse comercial na região como *Parkia gigantocarpa*, *Tachigalia myrmecophylla*, *Ocotea rubra* e *Cordia goeldiana*, com DAP acima de 30 cm, apresentaram, respectivamente, incremento periódico anual médio em DAP de 1,40 cm; 1,38 cm; 0,38 cm e 0,28 cm.

De acordo com estas citações, verifica-se que as três espécies nativas escolhidas para este estudo têm potencial produtivo, pois o crescimento destas é semelhante ao de outras espécies nativas, tanto a nível estadual, quanto nacional.

4.4 Variáveis de Concorrência

Nas Tabelas 11, 12 e 13, são apresentados índices de concorrência calculados para canjerana, cedro e louro no ano de 1995.

Tabela 11 – Índices de concorrência obtidos para *Cabralea canjerana* no ano de 1995.

Variáveis	<i>Cabralea canjerana</i>				
	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
G/ha (m ² ha ⁻¹)	146	2,0	26,3	110,8	15,82
BAL (m ² ha ⁻¹)	146	0,0	14,2	102,2	16,32
BAL corrigido (m ² ha ⁻¹)	146	0,0	9,0	123,9	16,39
BAL relativo	146	0,0	0,5	1,0	0,34
A-máx.	146	1,9	10,4	53,0	7,65
A-2	146	3,7	16,5	58,6	9,91
A-3	146	5,2	21,0	62,7	11,57
Hegyi	146	0,5	3,6	13,8	2,37
DAP/dg	146	0,4	1,4	4,2	0,62

Sendo: G/ha = área basal por hectare; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore concorrida; BAL corrigido = BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL relativo = BAL dividido por G/ha; A-máx. = Índice de Johann referente à árvore que exerce o maior grau de concorrência; A-2 = Índice de Johann referente às duas árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-3 = Índice de Johann referente às três árvores que exercem o maior grau de concorrência; Hegyi = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; DAP/dg = relação entre o dap da árvore concorrida e o dg. N. = número de árvores.

Tabela 12 – Índices de concorrência obtidos para *Cedrela fissilis* no ano de 1995.

Variáveis	<i>Cedrela fissilis</i>				
	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
G/ha (m ² ha ⁻¹)	117	1,2	28,9	88,7	15,14
BAL (m ² ha ⁻¹)	117	0,0	8,1	63,7	11,71
BAL corrigido (m ² ha ⁻¹)	117	0,0	4,8	90,0	10,52
BAL relativo	117	0,0	0,3	1,0	0,28
A-máx.	117	2,1	9,6	43,6	7,81
A-2	117	3,2	15,2	52,2	10,47
A-3	117	4,3	19,3	59,5	12,02
Hegyi	117	0,4	3,4	12,6	2,39
DAP/dg	117	0,0	2,1	4,8	0,90

Sendo: G/ha = área basal por hectare; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore concorrida; BAL corrigido = BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL relativo = BAL dividido por G/ha; A-máx. = Índice de Johann referente à árvore que exerce o maior grau de concorrência; A-2 = Índice de Johann referente às duas árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-3 = Índice de Johann referente às três árvores que exercem o maior grau de concorrência; Hegyi = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; DAP/dg = relação entre o dap da árvore concorrida e o dg. N. = número de árvores.

Tabela 13 – Índices de concorrência obtidos para *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

Variáveis	<i>Cordia trichotoma</i>				
	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
G/ha (m ² ha ⁻¹)	46	5,5	33,0	72,4	16,13
BAL (m ² ha ⁻¹)	46	0,0	15,3	57,2	15,57
BAL corrigido (m ² ha ⁻¹)	46	0,0	8,0	45,4	10,40
BAL relativo	46	0,0	0,4	1,0	0,29
A-máx.	46	2,6	10,3	24,6	4,83
A-2	46	4,6	17,2	35,8	7,46
A-3	46	6,5	23,5	47,7	9,86
Hegyí	46	1,2	4,0	10,6	2,07
DAP/dg	46	0,8	1,7	3,7	0,64

Sendo: G/ha = área basal por hectare; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore concorrida; BAL corrigido = BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL relativo = BAL dividido por G/ha; A-máx. = Índice de Johann referente à árvore que exerce o maior grau de concorrência; A-2 = Índice de Johann referente às duas árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-3 = Índice de Johann referente às três árvores que exercem o maior grau de concorrência; Hegyi = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; DAP/dg = relação entre o dap da árvore concorrida e o dg. N. = número de árvores.

Para a maioria dos índices de concorrência calculados (G/ha, BAL, A-2, A-3 e Hegyi), verificou-se que o louro apresentou os maiores valores médios. Tal fato demonstra que os exemplares estudados dessa espécie estão submetidos a uma maior concorrência do que os exemplares das outras espécies, o que pode justificar os menores valores médios de incremento periódico anual em DAP (IPA DAP) e de incremento periódico anual em área basal (IPA g).

A canjerana apresentou os maiores valores médios para BAL corrigido e BAL relativo, sendo pouco superiores aos valores observados para o louro.

O cedro obteve o maior valor médio apenas para o índice DAP/dg, sendo que para a maioria dos índices de concorrência apresentou as menores médias, indicando assim, menor concorrência e probabilidade de maior crescimento.

4.5 Índices Morfométricos e Produtividade

Na Tabela 14, são apresentados os índices morfométricos calculados para canjerana, cedro e louro no ano de 1995.

Tabela 14 – Índices morfométricos e produtividade obtidos para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

Índices	<i>Cabralea canjerana</i>					
	Fórmula	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
Grau de esbeltez	h/DAP	146	33,33	72,70	141,98	21,78
Proporção de copa (%)	l/h.100	146	21,43	48,56	76,9	11,65
Índice de saliência	dc/dap	146	5,56	21,88	36,63	6,11
Índice de abrangência	dc/h	146	0,06	0,32	0,88	0,12
Formal de copa	dc/l	146	0,13	0,69	1,79	0,28
Produtividade (cm ² m ⁻²)	IPA g/copa	146	0,03	1,26	7,38	1,19
Índices	<i>Cedrela fissilis</i>					
	Fórmula	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
Grau de esbeltez	h/DAP	117	35,71	62,85	123,46	18,44
Proporção de copa (%)	l/h.100	117	24,32	49,47	84,38	12,22
Índice de saliência	dc/dap	117	3,38	21,06	37,28	6,17
Índice de abrangência	dc/h	117	0,04	0,37	0,75	0,15
Formal de copa	dc/l	117	0,09	0,76	1,51	0,30
Produtividade (cm ² m ⁻²)	IPA g/copa	117	0,03	1,42	9,20	1,09
Índices	<i>Cordia trichotoma</i>					
	Fórmula	N.	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-padrão
Grau de esbeltez	h/DAP	46	44,20	83,09	134,78	21,85
Proporção de copa (%)	l/h.100	46	14,29	42,68	67,44	11,50
Índice de saliência	dc/dap	46	4,79	19,82	30,20	6,21
Índice de abrangência	dc/h	46	0,04	0,26	0,53	0,12
Formal de copa	dc/l	46	0,12	0,63	1,22	0,26
Produtividade (cm ² m ⁻²)	IPA g/copa	46	0,07	1,44	6,78	1,58

Na Tabela 14, verifica-se que o louro foi a espécie com a maior média de grau de esbeltez, seguido pela canjerana. Verifica-se, pelos valores mínimos e máximos dessa variável, grande amplitude de variação para as três espécies. Observa-se, que dentre as três espécies estudadas, o cedro apresenta a maior relação entre o comprimento da copa e altura total da árvore, ou seja, a proporção de copa, com aproximadamente 50%. Essa variável é um indicador de vitalidade, e quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais produtiva é a árvore. A proporção de copa de uma árvore também é uma característica indicativa do grau de concorrência por ela sofrido no passado. Percebe-se que, tanto para o cedro, como para as outras duas espécies, a proporção de copa é bastante variável. Acredita-se que essa amplitude seja resultado dos diferentes graus de concorrência a que as árvores estão submetidas, podendo estar associada também às dimensões dos exemplares.

Para canjerana, a proporção de copa verificada nesta pesquisa (48,6%), confirma os resultados dessa variável obtidos por Durlo & Denardi (1998) em estudo de morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul, mencionando valor médio ao redor de 50%.

É possível observar na Tabela 14, por meio do índice de saliência, que as três espécies estudadas têm diâmetro de copa aproximadamente vinte vezes maior que o DAP. O índice de saliência pode ser usado como indicador do espaço necessário para cada árvore, ao ser atingido determinado diâmetro. Tomando-se o valor médio do índice de saliência do canjerana (21,9) e aceitando-se que este é invariável com a mudança nas dimensões das árvores, para produzir canjeranas com 50 cm de DAP, ter-se-ia um diâmetro de copa de 11 m (0,50 m x 21,9) e, supondo-se copas redondas, caberiam, aproximadamente, 110 árvores por hectare, sem que houvesse concorrência significativa entre elas.

Para o índice de abrangência, que é calculado pela relação entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore, houve maior diferença entre os valores médios das três espécies, sendo que o cedro obteve a maior média. Supondo existir uma correlação entre o índice de abrangência e a altura das árvores, pode-se utilizar esse índice como indicador de desbaste ao longo da vida do povoamento. Considerando o valor médio obtido para o cedro (0,4) e supondo-se igualmente que o índice de abrangência não muda com a altura, cedros com 20 m teriam uma copa com diâmetro de 8,0 m (20 m x 0,4). Nesse caso, caberiam aproximadamente 200 cedros por hectare, sem que houvesse concorrência significativa entre eles.

A relação entre o diâmetro de copa e a altura de copa é denominada de formal de copa. Os valores mínimos e máximos do formal de copa demonstram que existem grandes diferenças entre os exemplares, com respeito a essa variável, ou seja, existem árvores com copas esbeltas (formal de copa baixo) e outras com copas achatadas, com diâmetro de copa atingindo quase o dobro do comprimento (1,8), valor máximo obtido para a canjerana.

Observa-se ainda na Tabela 14 que o formal de copa médio para canjerana foi de 0,7. Durlo & Denardi (1998) obtiveram valor médio igual a 0,74 para essa variável em estudo com canjeranas de mata secundária nativa no Rio Grande do Sul.

Verifica-se valores médios semelhantes para a variável produtividade (Tabela 14). Sendo a produtividade obtida pela relação do incremento periódico anual em área basal (IPA g) e a área de copa, percebe-se uma tendência de eficiência similar entre as espécies quanto ao aspecto produtivo.

Para a verificação de eventuais diferenças entre as médias de produtividade das três espécies, efetuou-se a comparação pelo teste “t”, conforme a Tabela 15.

Tabela 15 – Teste “t” para as médias de produtividade das três espécies estudadas.

Comparação	Produtividade (cm ² m ⁻²)	
canjerana	1,25	NS
x cedro	1,42	
canjerana	1,25	NS
x louro	1,44	
cedro	1,42	NS
x louro	1,44	

NS: Diferença não-significativa entre médias pelo teste “t”.

Mediante a comparação de médias, verificou-se que não foram encontradas diferenças significativas de produtividade, indicando que as espécies apresentam comportamento semelhante quanto a essa variável.

4.6 Análise de Correlação

Inicialmente, efetuaram-se testes preliminares de correlação entre todas as variáveis obtidas neste estudo (crescimento, dimensão, concorrência, índices morfológicos, sítio e posição sociológica), sendo, posteriormente, selecionadas aquelas que obtiveram maior correlação com o incremento periódico anual em área basal (IPA g), as quais são apresentadas nas Tabelas 16 a 24, para cada espécie individualmente.

Tabela 16 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis de concorrência para *Cabralea canjerana*.

Variáveis	IPA g	DAP	DAP ²	A-2	A-3	A-máx.	BAL	BAL corr.	BAL rel.	DAP/dg	G/ha	Hegyí
IPA g	1,000	0,628*	0,629*	-0,207*	-0,249*	-0,125	-0,352*	-0,292*	-0,439*	0,587*	-0,141	-0,396*
DAP		1,000	0,974*	-0,259*	-0,308*	-0,162	-0,284*	-0,266*	-0,544*	0,770*	0,048	-0,550*
DAP ²			1,000	-0,255*	-0,298*	-0,171*	-0,273*	-0,245*	-0,491*	0,751*	0,029	-0,475*
A-2				1,000	0,984*	0,946*	0,398*	0,567*	0,315*	-0,346*	0,352*	0,577*
A-3					1,000	0,890*	0,439*	0,564*	0,354*	-0,386*	0,384*	0,650*
A-máx.						1,000	0,300*	0,537*	0,247*	-0,259*	0,264*	0,412*
BAL							1,000	0,812*	0,736*	-0,609*	0,861*	0,416*
BAL corr.								1,000	0,533*	-0,490*	0,698*	0,378*
BAL rel.									1,000	-0,783*	0,415*	0,438*
DAP/dg										1,000	-0,336*	-0,487*
G/ha											1,000	0,320*
Hegyí												1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal; DAP = diâmetro à altura do peito; A-2 = Índice de Johann referente às duas árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-3 = Índice de Johann referente às três árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-máx = Índice de Johann referente à árvore que exerce o maior grau de concorrência; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore concorrida; BAL corrigido é o BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL relativo = BAL dividido por G/ha; DAP/dg = relação entre o DAP da árvore concorrida e o dg (diâmetro da árvore de área basal média); Hegyi = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas.

Tabela 17 – Análise de correlação entre o IPA g, variáveis de sítio e posição sociológica para *Cabrlea canjerana*.

Variáveis	IPA g	Inclinação	Exposição	Inclinação x Exposição	Pedregosidade	Relevo	Posição Sociológica
IPA g	1,000	-0,089	-0,003	-0,096	0,048	0,023	-0,585*
Inclinação		1,000	0,317*	0,903*	0,348*	0,409*	0,081
Exposição			1,000	0,046	0,375*	0,231*	0,042
Inclinação x Exposição				1,000	0,212*	0,309*	0,038
Pedregosidade					1,000	0,384*	0,054
Relevo						1,000	0,091
Posição Sociológica							1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = Incremento periódico anual em área basal.

Tabela 18 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis morfométricas para *Cabrlea canjerana*.

Variáveis	IPA g	DAP	Índice de abrangência	Grau de esbeltez	Formal de copa	Proporção de copa	Índice de saliência
IPA g	1,000	0,628*	0,451*	-0,499*	0,259*	0,210*	0,028
DAP		1,000	0,518*	-0,825*	0,219*	0,370*	-0,243*
Índice de abrangência			1,000	-0,629*	0,747*	0,236*	0,572*
Grau de esbeltez				1,000	-0,362*	-0,315*	0,179*
Formal de copa					1,000	-0,421*	0,572*
Proporção de copa						1,000	-0,044
Índice de saliência							1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal.

Tabela 19 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis de concorrência para *Cedrela fissilis*.

Variáveis	IPA g	DAP	DAP ²	A-2	A-3	A-máx.	BAL	BAL corr.	BAL rel.	DAP/dg	G/ha	Hegyí
IPA g	1,000	0,786*	0,789*	-0,341*	-0,355*	-0,301*	-0,316*	-0,283*	-0,478*	0,768*	0,125	-0,490*
DAP		1,000	0,971*	-0,365*	-0,377*	-0,338*	-0,230*	-0,242*	-0,469*	0,817*	0,287*	-0,631*
DAP ²			1,000	-0,327*	-0,336*	-0,303*	-0,230*	-0,219*	-0,419*	0,803*	0,245*	-0,540*
A-2				1,000	0,993*	0,966*	0,424*	0,421*	0,423*	-0,441*	0,259*	0,715*
A-3					1,000	0,943*	0,442*	0,432*	0,443*	-0,463*	0,278*	0,742*
A-máx.						1,000	0,424*	0,422*	0,420*	-0,402*	0,229*	0,633*
BAL							1,000	0,847*	0,808*	-0,538*	0,602*	0,300*
BAL corr.								1,000	0,633*	-0,425*	0,497*	0,335*
BAL rel.									1,000	-0,702*	0,224*	0,354*
DAP/dg										1,000	-0,118	-0,530*
G/ha											1,000	0,135
Hegyí												1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal; DAP = diâmetro à altura do peito; A-2 = Índice de Johann referente às duas árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-3 = Índice de Johann referente às três árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-máx = Índice de Johann referente à árvore que exerce o maior grau de concorrência; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore concorrida; BAL corrigido é o BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL relativo = BAL dividido por G/ha; DAP/dg = relação entre o DAP da árvore concorrida e o dg (diâmetro da árvore de área basal média); Hegyí = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas.

Tabela 20 – Análise de correlação entre o IPA g, variáveis de sítio e posição sociológica para *Cedrela fissilis*.

Variáveis	IPA g	Inclinação	Exposição	Inclinação x Exposição	Pedregosidade	Relevo	Posição Sociológica
IPA g	1,000	0,023	0,199*	-0,036	-0,050	0,337*	-0,685*
Inclinação		1,000	-0,140	0,903*	-0,047	0,028	-0,043
Exposição			1,000	-0,480*	0,186*	0,029	-0,069
Inclinação x Exposição				1,000	-0,142	0,010	-0,018
Pedregosidade					1,000	-0,093	-0,008
Relevo						1,000	-0,278*
Posição Sociológica							1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal

Tabela 21 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis morfométricas para *Cedrela fissilis*.

Variáveis	IPA g	DAP	Índice de abrangência	Grau de esbeltez	Formal de copa	Proporção de copa	Índice de saliência
IPA g	1,000	0,786*	0,694*	-0,602*	0,462*	0,368*	0,353*
DAP		1,000	0,680*	-0,770*	0,349*	0,517*	0,171
Índice de abrangência			1,000	-0,761*	0,779*	0,426*	0,744*
Grau de esbeltez				1,000	-0,517*	-0,459*	-0,268*
Formal de copa					1,000	-0,189*	0,763*
Proporção de copa						1,000	0,105
Índice de saliência							1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal

Tabela 22 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis de concorrência para *Cordia trichotoma*.

Variáveis	IPA g	DAP	DAP ²	A-2	A-3	A-máx.	BAL	BAL corr.	BAL rel.	DAP/dg	G/ha	Hegyí
IPA g	1,000	0,705*	0,733*	-0,267	-0,287	-0,247	-0,434*	-0,438*	-0,557*	0,590*	-0,085	-0,617*
DAP		1,000	0,970*	-0,151	-0,209	-0,138	-0,186	-0,270	-0,408*	0,546*	0,293*	-0,716*
DAP ²			1,000	-0,207	-0,261	-0,171	-0,249	-0,283	-0,452*	0,608*	0,210	-0,646*
A-2				1,000	0,969*	0,936*	0,500*	0,614*	0,472*	-0,540*	0,401*	0,431*
A-3					1,000	0,906*	0,517*	0,629*	0,515*	-0,609*	0,386*	0,456*
A-máx.						1,000	0,436*	0,587*	0,438*	-0,477*	0,346*	0,408*
BAL							1,000	0,895*	0,824*	-0,625*	0,804*	0,387*
BAL corr.								1,000	0,719*	-0,603*	0,713*	0,577*
BAL rel.									1,000	-0,813*	0,444*	0,426*
DAP/dg										1,000	-0,309*	-0,489*
G/ha											1,000	0,124
Hegyí												1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal; DAP = diâmetro à altura do peito; A-2 = Índice de Johann referente às duas árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-3 = Índice de Johann referente às três árvores que exercem o maior grau de concorrência; A-máx = Índice de Johann referente à árvore que exerce o maior grau de concorrência; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore concorrida; BAL corrigido é o BAL multiplicado pela relação do diâmetro da concorrente e da concorrida, e multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL relativo = BAL dividido por G/ha; DAP/dg = relação entre o DAP da árvore concorrida e o dg (diâmetro da árvore de área basal média); Hegyi = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore concorrida, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas.

Tabela 23 – Análise de correlação entre o IPA g, variáveis de sítio e posição sociológica para *Cordia trichotoma*.

Variáveis	IPA g	Inclinação	Exposição	Inclinação x Exposição	Pedregosidade	Relevo	Posição Sociológica
IPA g	1,000	0,015	0,195	-0,125	-0,114	0,425*	-0,658*
Inclinação		1,000	0,096	0,764*	0,220	-0,324*	0,070
Exposição			1,000	-0,324*	0,202	0,099	0,037
Inclinação x Exposição				1,000	0,132	-0,378*	0,070
Pedregosidade					1,000	-0,014	0,038
Relevo						1,000	-0,220
Posição Sociológica							1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento periódico anual em área basal.

Tabela 24 – Análise de correlação entre o IPA g e variáveis morfométricas para *Cordia trichotoma*.

Variáveis	IPA g	DAP	Índice de abrangência	Grau de esbeltez	Formal de copa	Proporção de copa	Índice de saliência
IPA g	1,000	0,705*	0,596*	-0,529*	0,484*	0,208	0,327*
DAP		1,000	0,629*	-0,692*	0,328*	0,515*	0,225
Índice de abrangência			1,000	-0,769*	0,803*	0,404*	0,743*
Grau de esbeltez				1,000	-0,488*	-0,501*	-0,244
Formal de copa					1,000	-0,169	0,732*
Proporção de copa						1,000	0,209
Índice de saliência							1,000

*: Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro.

Sendo: IPA g = incremento Periódico Anual em área basal.

Observando-se os resultados da análise de correlação para a espécie *Cabralea canjerana*, conforme as Tabelas 16, 17 e 18, pode-se observar que a variável dependente, representada pelo incremento periódico anual em área basal, tem maior correlação com as variáveis independentes DAP e DAP² (crescimento), DAP/dg e BAL relativo (concorrência), inclinação x exposição (sítio), posição sociológica e grau de esbeltez (morfometria).

Com o DAP, existe uma correlação positiva, assim, quanto maior o DAP, maior é o incremento em área basal. Para a modelagem do crescimento de uma floresta composta por numerosas espécies, com uma grande diversidade e diferentes estágios sucessionais, é necessário conhecer-se a idade dos povoamentos, aspecto de difícil determinação nas florestas nativas do Rio Grande do Sul. Por isso, a variável DAP foi usada em substituição à variável idade, sob a hipótese de que quanto mais grossa a árvore, maior é a sua idade.

Dentre as variáveis de concorrência, o DAP/dg mostrou a maior correlação com a variável resposta, sendo esta positiva. À medida que DAP/dg aumenta, o incremento em área basal da *Cabralea canjerana* também aumenta. De outra forma, pode-se mencionar que quanto maior a superioridade de DAP das canjeranas em relação às árvores concorrentes, maior será o incremento destas. Entretanto, na formulação de modelos matemáticos de estimativa de incremento, optou-se por não utilizar a variável DAP/dg como índice de concorrência, tendo em vista que o aumento dessa variável, que tem correlação positiva com o incremento, provoca aumento de incremento em vez de diminuição, fato que não representa diretamente o aumento da pressão competitiva.

Na Tabela 16, verifica-se que a variável BAL relativo tem uma correlação inversa com a variável resposta, ou seja, à medida que BAL relativo aumenta, o incremento em área basal da *Cabralea canjerana* diminui. Isso mostra que o BAL relativo consegue expressar corretamente a pressão competitiva existente que, de maneira geral, é um fator limitante ao crescimento das árvores, conforme vários autores (Vanclay, 1994; Durlo 1996; Mäkinen, 1996; Hasenauer, 1997).

Na Tabela 17, observa-se que a variável definida como inclinação x exposição, a qual apresentou a maior correlação entre as variáveis de sítio para *Cabralea canjerana*, tem baixa correlação negativa com o incremento em área basal. Verifica-se também que a posição sociológica se correlaciona bem com o incremento em área basal. As correlações são inversas, ou seja, quanto maior a classe numérica de posição sociológica, menor é o IPA g. Essa correlação segue a lógica de Kraft (1884) que estabelece que árvores da classe 1 (pré-dominantes) ocupam melhor posição no povoamento, tendo assim maior DAP, maior incremento e menor concorrência, do que árvores da classe 4 (dominadas) ou 5 (suprimidas

ou mortas). Dessa forma, as árvores pré-dominantes não sofrem, mas oferecem concorrência às árvores de estratos inferiores.

Todavia, por ser a posição sociológica uma variável formada por valores arbitrados (1, 2, 3, 4 e 5) e não por valores medidos a campo, esta será desconsiderada na formulação de modelos matemáticos de estimativa de incremento.

Das variáveis morfométricas testadas, verifica-se para *Cabrlea canjerana* (Tabela 18) maior correlação entre o grau de esbeltez (relação h/DAP) e o incremento em área basal.

As correlações mais baixas da variável resposta (IPA g) para a *Cabrlea canjerana* ocorrem com a variável de concorrência Índice de Johann (A-máx.), com a variável de sítio exposição e com a variável morfométrica índice de saliência.

Nas Tabelas 19, 20 e 21, observa-se que o incremento em área basal de *Cedrela fissilis* possui alta correlação com DAP, DAP², DAP/dg, Hegyi, posição sociológica e índice de abrangência. Para o cedro, também foi desconsiderada a variável de concorrência DAP/dg, optando-se pelo uso da variável Hegyi. Verifica-se que a correlação da variável resposta (IPA g) é inversa com a variável Hegyi. Assim, com o aumento dessa variável, ou seja, com o aumento da concorrência, ocorre uma diminuição de incremento.

Dentre as variáveis de sítio estudadas, observa-se para *Cedrela fissilis* (Tabela 20) que há maior correlação entre incremento em área basal e relevo. Essa correlação é positiva, indicando que árvores situadas em encosta superior ou platô têm maior incremento. Porém, por considerar-se o relevo uma variável formada por valores arbitrados ou subjetivos (1, 2, 3 e 4) optou-se por desconsiderá-lo na formulação de modelos matemáticos de estimativa de incremento.

Com relação às variáveis morfométricas, observa-se para *Cedrela fissilis* (Tabela 21) que há correlação alta e positiva do incremento em área basal com o índice de abrangência (dc/h). As correlações mais baixas da variável resposta (IPA g) ocorreram com a variável de concorrência G/ha, com a variável de sítio inclinação e com a variável morfométrica índice de saliência.

Para *Cordia trichotoma*, conforme Tabelas 22, 23 e 24, observa-se que o incremento em área basal possui correlação significativa com DAP, DAP², Hegyi, DAP/dg, relevo, posição sociológica e índice de abrangência.

A variável Hegyi tem correlação inversa com a variável resposta (Tabela 22). À medida que o índice de Hegyi aumenta, o incremento em área basal de *Cordia trichotoma* diminui. Para as variáveis de sítio testadas, verifica-se, na Tabela 23, que há maior correlação, sendo esta positiva, entre o IPA g e o relevo.

Com relação às variáveis morfométricas, observa-se para *Cordia trichotoma*, na Tabela 24, que há correlação positiva do incremento em área basal com o índice de abrangência (dc/h), sendo esta de magnitude superior à correlação negativa existente entre o incremento e o grau de esbeltez.

As correlações mais baixas da variável resposta (IPA g) para a *Cordia trichotoma* são observadas com a variável de concorrência G/ha, com a variável de sítio inclinação e com a variável morfométrica proporção de copa.

A tendência de algumas correlações pôde ser observada nas medições a campo como, por exemplo: árvores com grandes diâmetros e árvores que ocupavam a posição sociológica pré-dominante apresentaram maiores incrementos, ou também, de que a maior pressão competitiva ocasionaria menores incrementos.

De acordo com as correlações obtidas, observa-se que algumas variáveis que têm o mesmo propósito como, por exemplo, a mensuração da competição, e que são de difícil medição, poderiam ser suprimidas dos trabalhos a campo por apresentarem baixas correlações com a variável resposta (IPA g).

Conforme verificado nos testes de correlação, para as três espécies, dos índices morfométricos testados, o DAP tem maior correlação com o grau de esbeltez (h/DAP). Como a correlação é negativa, quanto maior o DAP, menor será o grau de esbeltez.

Na Figura 6, pode-se observar a variação do grau de esbeltez de acordo com o aumento do DAP para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*.

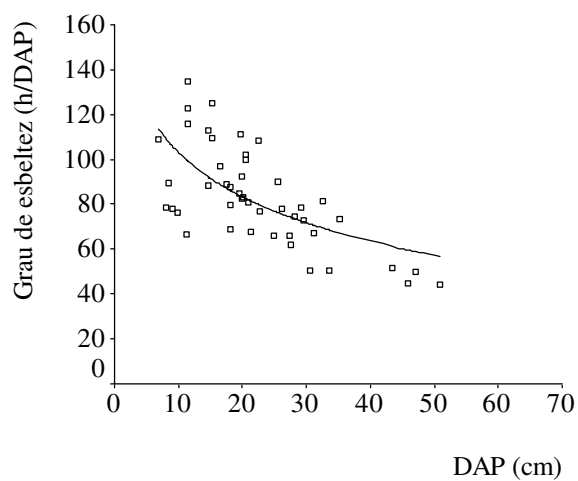
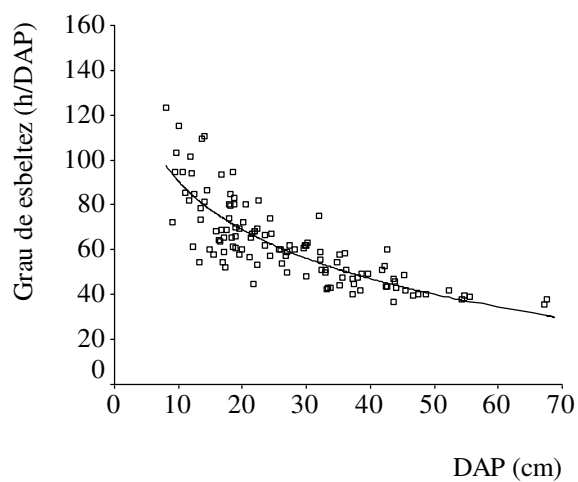
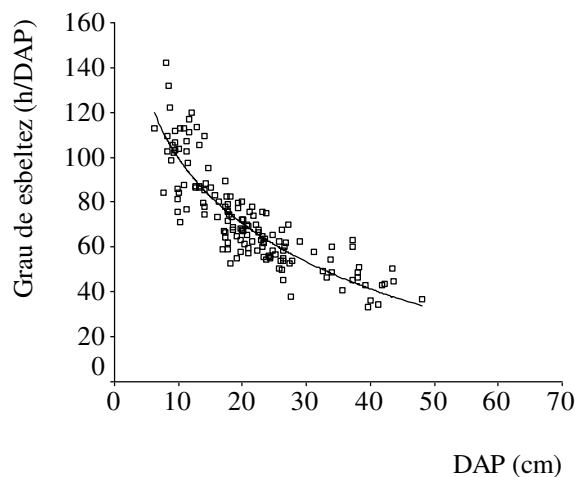


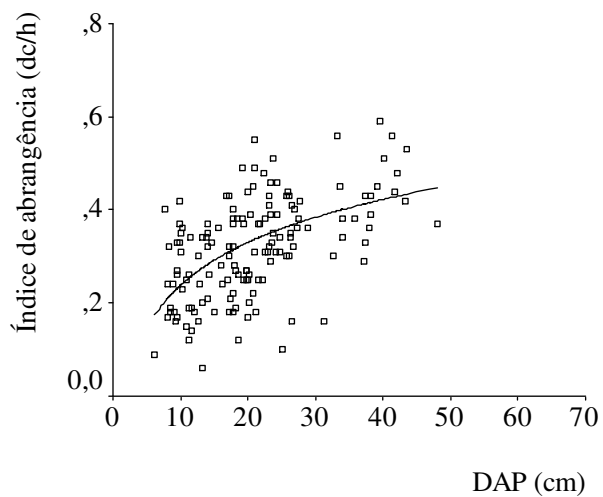
Figura 6 – Grau de esbeltez em razão do DAP obtido para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

A análise gráfica evidencia que as três espécies apresentam diminuição do grau de esbeltez à medida que aumenta o diâmetro. Valores mais baixos de grau de esbeltez representam maior estabilidade para as árvores.

O índice de abrangência (dc/h) obteve a segunda maior correlação com o DAP, sendo uma correlação positiva. Na relação dessas variáveis, demonstrada na Figura 7, verifica-se a tendência de crescimento. Quanto maior o DAP, maior também é o índice de abrangência, ou seja, o diâmetro da copa torna-se mais próximo da altura total da árvore, embora poucas árvores alcancem valor de índice de abrangência superior a 0,6.

A proporção de copa ($I/h.100$), que dentre os índices morfométricos apresenta a terceira maior correlação com o DAP, é representado na Figura 8. Por ser positiva a correlação entre essas variáveis, observa-se que há tendência de crescimento à medida que os DAP's são maiores. Isso é um indicativo de que as espécies estudadas apresentam vitalidade e produtividade em ascensão.

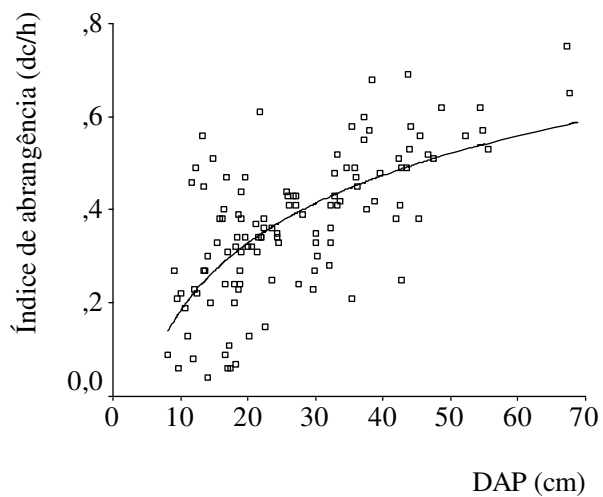
Na Figura 9, está representado o incremento periódico anual em área basal (IPA g) em razão do diâmetro à altura do peito (DAP). Verifica-se que as espécies estudadas têm incremento em área basal ascendente à medida que apresentam maiores diâmetros e que ainda não foram atingidos os pontos de inflexão das curvas de incremento.



Cabralea canjerana

$$r^2 = 0,263$$

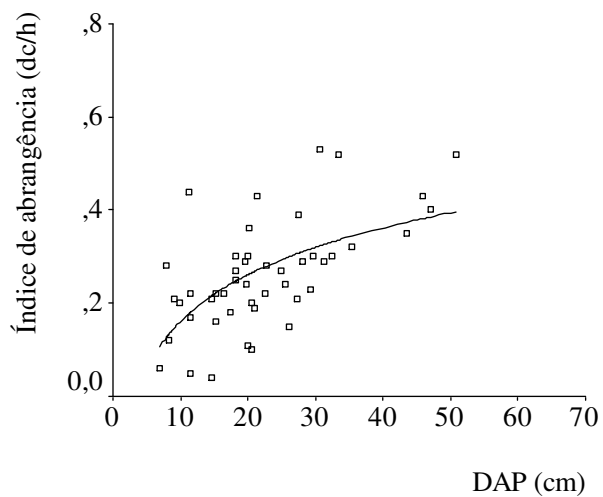
$$dc/h = -0,0684 + 0,133 \cdot \ln(\text{DAP})$$



Cedrela fissilis

$$r^2 = 0,438$$

$$dc/h = -0,2997 + 0,2099 \cdot \ln(\text{DAP})$$



Cordia trichotoma

$$r^2 = 0,350$$

$$dc/h = -0,1737 + 0,1451 \cdot \ln(\text{DAP})$$

Figura 7 – Índice de abrangência em razão do DAP obtido para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

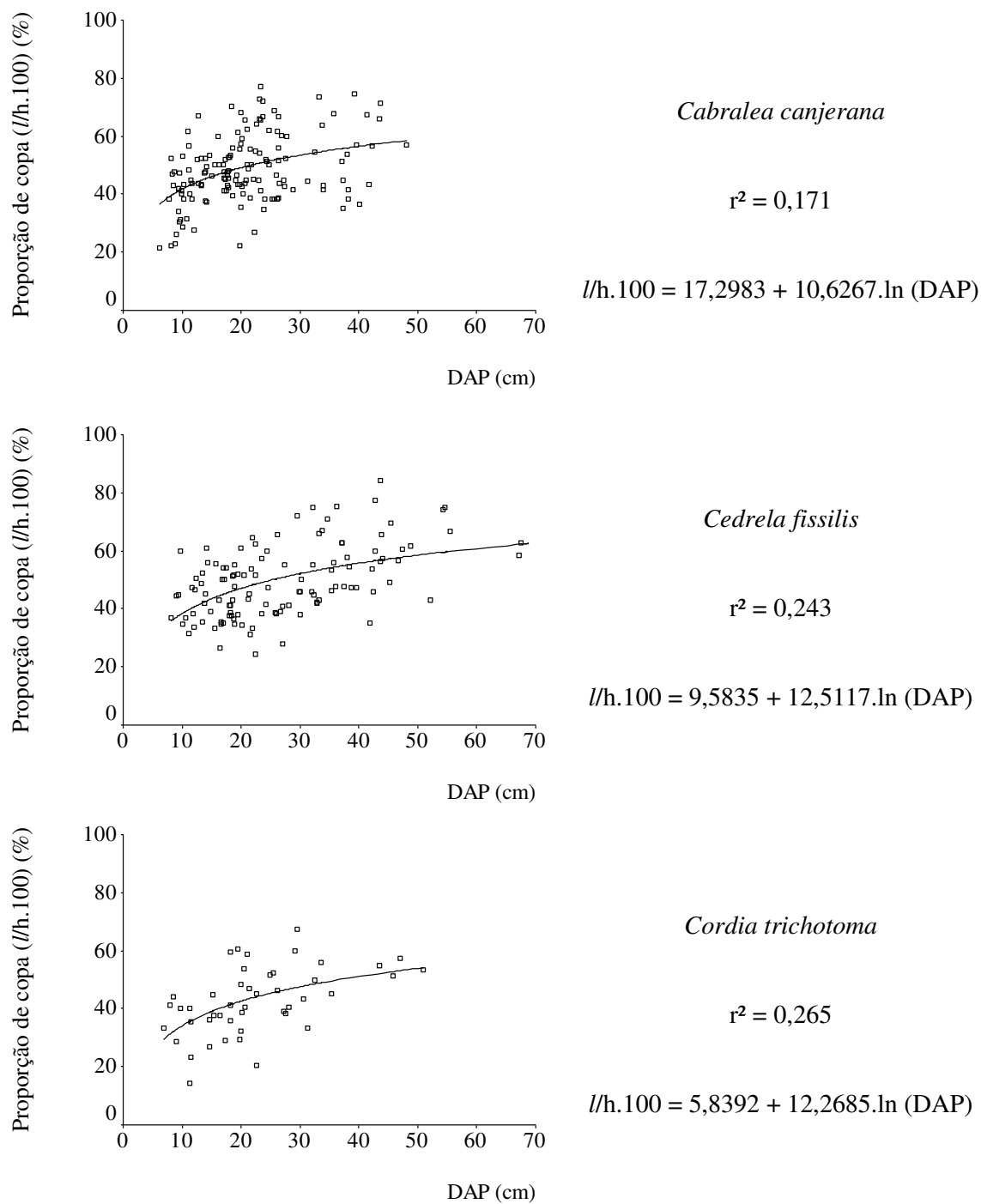


Figura 8 – Proporção de copa em razão do DAP obtido para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

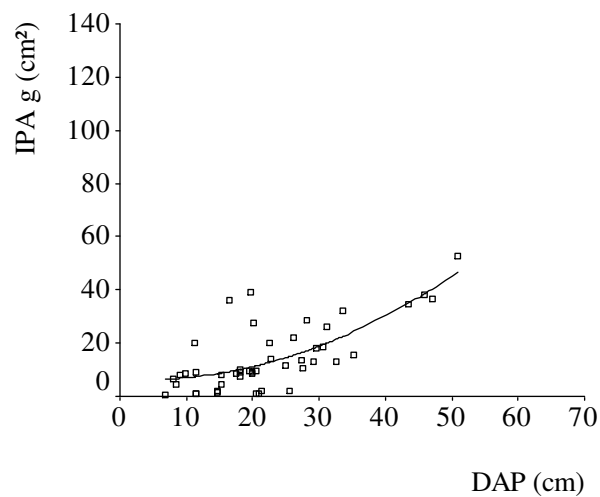
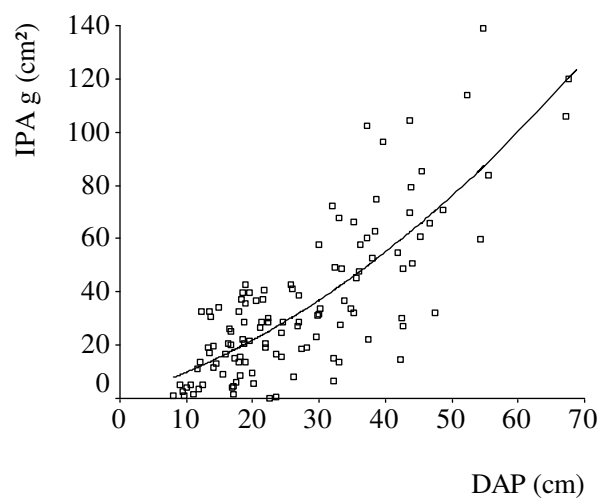
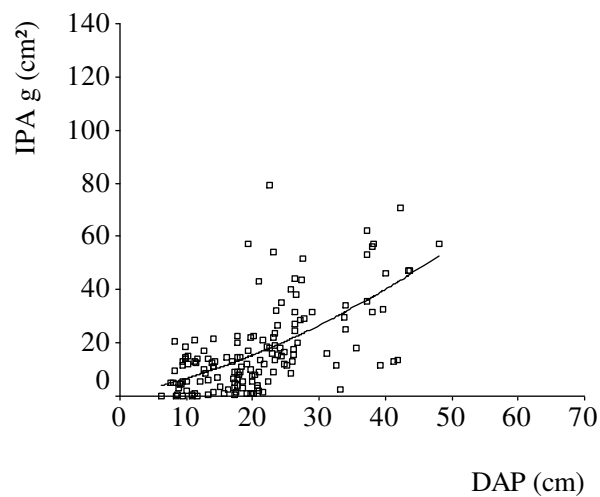


Figura 9 – IPA g em razão do DAP obtido para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* no ano de 1995.

Ao desenvolver modelos de incremento em diâmetro para *Flindersia pimenteliana*, *Xanthostemon whitei*, *Beilschmiedia bancroftii*, entre outras espécies, em florestas tropicais, Vanclay (1994) relatou que o incremento em diâmetro era maior nas árvores com DAP até 50 cm, decrescendo depois.

Ocotea puberula apresentou incremento em área basal ascendente à medida que os diâmetros eram maiores (faixa de dez a 50 cm), sendo que, a partir daí, o incremento tendia a estabilizar, conforme observado por Della-Flora (2001).

A maioria dos exemplares de *Cabrlea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* analisados apresentam DAP de até 50 cm, como pode ser visualizado na Figura 9. Até esse patamar de DAP, verifica-se incremento em área basal ascendente para as três espécies, evidenciando que ainda não foram atingidos os pontos de inflexão das curvas de incremento, ou seja, a estabilização destes, não sendo possível deduzir se as taxas de incremento são maiores nessa faixa diamétrica (zero a 50 cm) ou se em faixa superior. Tal constatação induz à realização de novos estudos sobre o tema, que incluam árvores de maiores DAP's.

A diferença na tendência de incremento entre as espécies pesquisadas neste estudo, e as espécies estudadas por Vanclay (1994) e Della-Flora (2001) é um exemplo da grande diversidade de crescimento existente entre as espécies. Dessa forma, pode-se inferir que algumas espécies têm ciclo de vida mais curto, atingindo o ápice do incremento em faixa diamétrica inferior quando comparadas a outras espécies que, na mesma amplitude de DAP, ainda apresentam incremento em ascensão.

De forma geral, analisando o crescimento das espécies estudadas, observa-se que, nas florestas nativas, há bom incremento mesmo na ausência de qualquer intervenção silvicultural.

As Figuras 10, 11 e 12 demonstram a influência dos índices de concorrência BAL, BAL corrigido, BAL relativo, A-máx., A-2, A-3, G/ha, Hegyi e DAP/dg no incremento periódico anual em área basal (IPA g) de *Cabrlea canjerana*. Todos os índices demonstram que há decréscimo de incremento à medida que há aumento da concorrência. O índice DAP/dg demonstra isso de forma inversa. Valores mais altos do índice indicam superioridade de DAP da árvore concorrida (canjerana) em relação ao DAP das árvores concorrentes (representadas por dg), resultando em maior incremento da canjerana. Já a superioridade de DAP das árvores concorrentes em relação ao DAP da canjerana reflete em menor incremento desta.

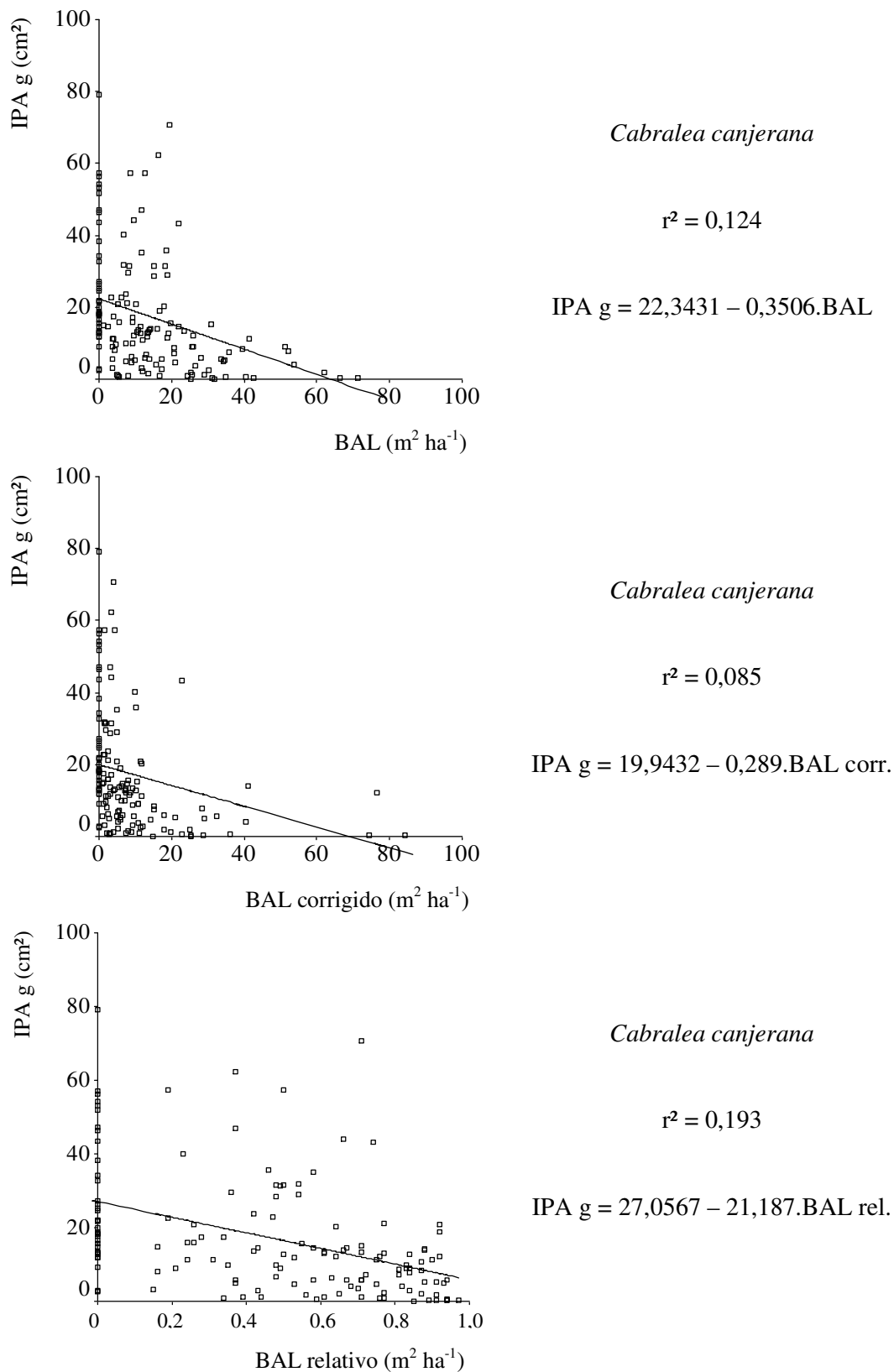


Figura 10 – Influência de BAL, BAL corrigido e BAL relativo no IPA g de *Cabralea canjerana*.

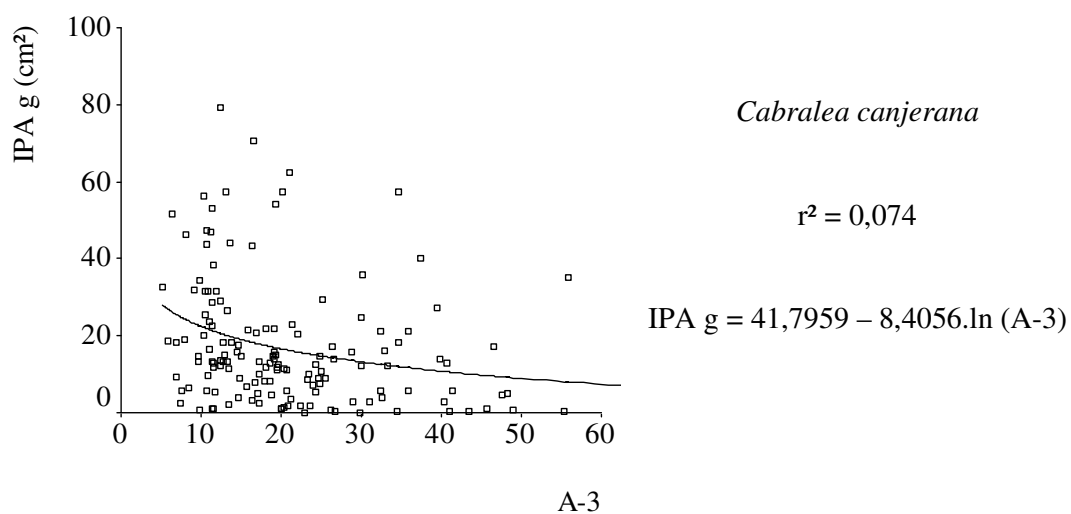
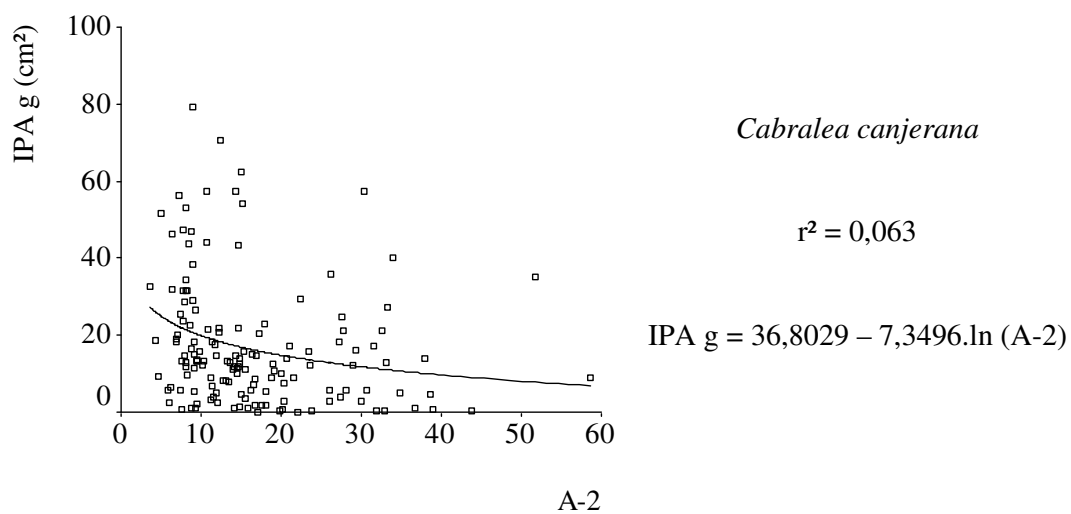
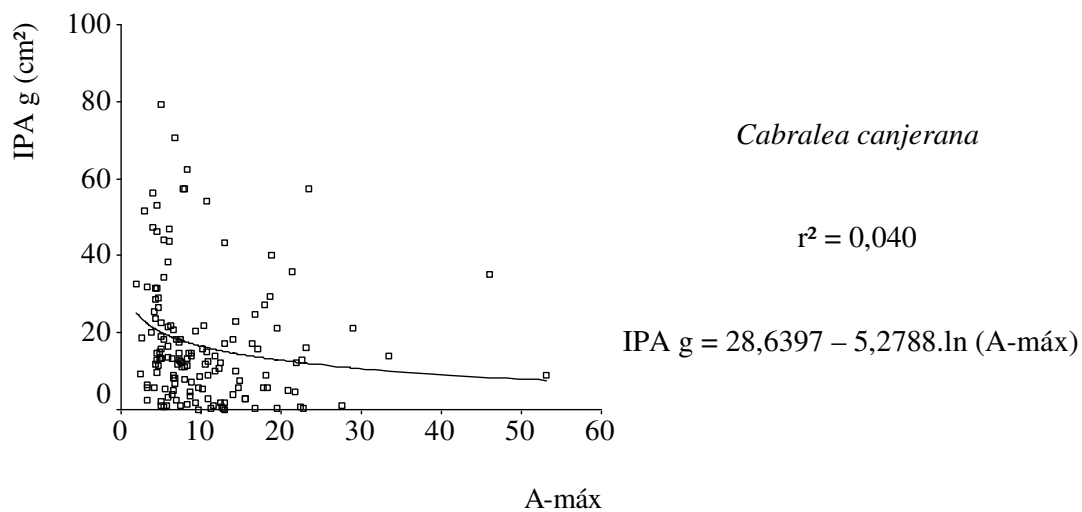


Figura 11 – Influência de A-máx., A-2 e A-3 no IPA g de *Cabralea canjerana*.

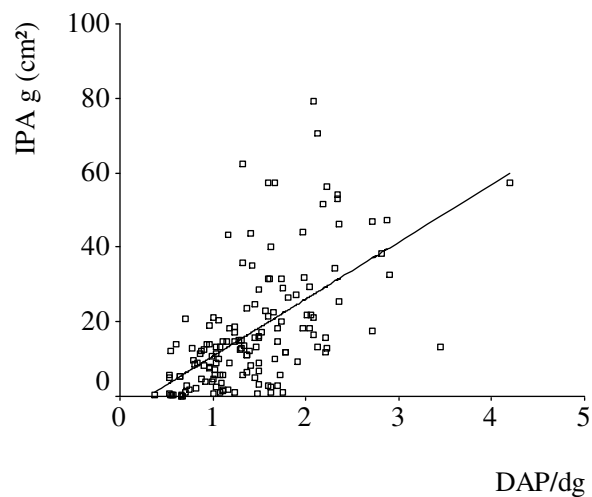
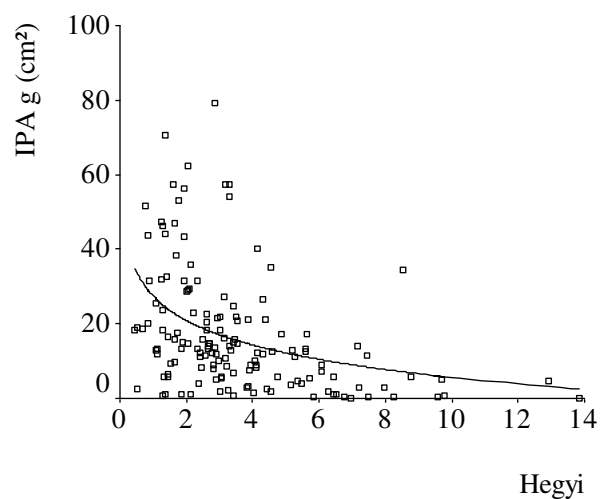
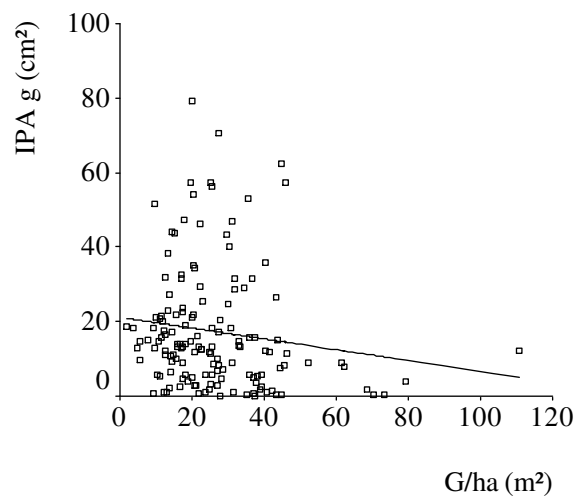


Figura 12 – Influência de G/ha, Índice de Hegyi e DAP/dg no IPA g de *Cabralea canjerana*.

Na Figura 10, para BAL e BAL corrigido, observa-se que os maiores incrementos de *Cabralea canjerana* ocorreram com os menores valores de concorrência. O mesmo fato ocorre com G/ha e Hegyi, na Figura 12. Com exceção do índice DAP/dg, ao longo de toda a faixa das demais variáveis de concorrência, até mesmo para valores bem baixos, observam-se árvores que tiveram um incremento muito pequeno (pontos próximos do eixo X). Isso ocorre em razão do desbaste natural, no qual as árvores menos favorecidas vão sendo suprimidas e as árvores de maior vigor se beneficiam do espaço disponível e dos fatores indispensáveis ao seu crescimento (luz, nutrientes e água).

Ao aumentar a densidade do povoamento, o crescimento das árvores é menor, conforme relata Mäkinen (1996). O número de árvores por hectare é uma variável inadequada para expressar a concorrência segundo o autor, pois não avalia o efeito do tamanho, proximidade e distribuição espacial das árvores vizinhas. O autor concluiu ainda que a competição reduz o crescimento da espécie por ele estudada, *Pinus sylvestris*, e também de outras espécies.

Esse fato também foi comprovado com as espécies neste estudo, no qual a competição reduziu o incremento destas.

Tendo em vista que foi apresentada graficamente a influência de cada índice de concorrência utilizado sobre o incremento de *Cabralea canjerana*, optou-se, para as espécies *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*, por apresentar apenas os modelos obtidos para estimar o IPA g com o uso dos mencionados índices, conforme as Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Modelos obtidos para estimar o IPA g de *Cedrela fissilis* com o uso de índices de concorrência.

Índice	Modelo	r ²
BAL	IPA g = 40,8655 – 0,7657.BAL	0,100
BAL corrigido	IPA g = 38,387 – 0,7619.BAL corrigido	0,080
BAL relativo	IPA g = 46,67 – 48,658.BAL relativo	0,228
A-máx.	IPA g = 65,7217 – 15,37.ln (A-máx.)	0,130
A-2	IPA g = 80,5086 – 18,06.ln (A-2)	0,143
A-3	IPA g = 89,7506 – 19,636.ln (A-3)	0,144
G/ha	IPA g = 27,9451 + 0,2341.G/ha	0,016
Hegyi	IPA g = 56,2567 – 21,494.ln (Hegyi)	0,274
DAP/dg	IPA g = – 15,107 + 24,3322.DAP/dg	0,590

Tabela 26 – Modelos obtidos para estimar o IPA g de *Cordia trichotoma* com o uso de índices de concorrência.

Índice	Modelo	r ²
BAL	IPA g = 20,0273 – 0,3514.BAL	0,189
BAL corrigido	IPA g = 18,8698 – 0,5298.BAL corrigido	0,191
BAL relativo	IPA g = 24,2412 – 23,867.BAL relativo	0,311
A-máx.	IPA g = 29,8709 – 6,8342.ln (A-máx.)	0,067
A-2	IPA g = 37,4982 – 8,2995.ln (A-2)	0,085
A-3	IPA g = 42,4001 – 9,0529.ln (A-3)	0,098
G/ha	IPA g = 16,8239 – 0,0663.G/ha	0,007
Hegyi	IPA g = 36,3722 – 17,074.ln (Hegyi)	0,483
DAP/dg	IPA g = – 5,6828 + 11,6463.DAP/dg	0,349

Assim como para *Cabralea canjerana*, para *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*, os modelos matemáticos mais bem ajustados para descrever a relação entre o IPA g e os índices de concorrência foram os lineares e os logarítmicos. Entretanto, verifica-se que os coeficientes de determinação (r²) são baixos para a maioria dos modelos, o que reflete em baixa precisão nas estimativas. Tais valores significam que há pouca correlação entre as variáveis, ou seja, baseando-se apenas em um dos índices de competição testados, torna-se impreciso estimar o incremento em área basal. Todavia, os valores baixos de r² são justificados pela alta variabilidade presente nas florestas nativas, as quais são heterogêneas e inequidâneas.

4.7 Análise de Regressão

Por meio de análise de regressão, obtiveram-se modelos matemáticos (equações) que permitem observar em que grau o incremento periódico anual em área basal (IPA g) pode ser explicado pelas demais variáveis estudadas. Os modelos obtidos para estimar o IPA g das três espécies estudadas são apresentados nas Tabelas 27, 28 e 29. Nestas tabelas optou-se por apresentar os modelos matemáticos de forma que houvesse a inclusão de uma nova variável em cada novo modelo obtido. Assim, inicialmente foi incluída a variável DAP, sendo, posteriormente, incluídos os índices de concorrência, as variáveis de sítio e os índices morfométricos. Dessa forma, na hipótese de eventual utilização dos modelos para estimativa do IPA g de outros exemplares das espécies estudadas, dispõe-se, tanto de modelos mais

sucintos, como por exemplo, àqueles compostos somente pela variável DAP, quanto de modelos mais complexos, compostos pelo DAP e também pelas outras variáveis, dentre as quais, algumas de maior dificuldade de obtenção a campo.

Tabela 27 – Modelos de IPA g para *Cabralea canjerana*.

N.	Modelo	R ² aj.	Syx
1	IPA g = 5,827 + 0,02205.DAP ²	0,392	12,67
2	IPA g = 9,566 + 0,02018.DAP ² -0,194.BAL	0,423	12,33
3	IPA g = 13,929 + 0,02089.DAP ² -0,189.BAL -0,165.Inc.	0,445	12,10
4	IPA g = 4,173 + 0,02216.DAP ² -0,179.BAL -0,157.Inc. + 0,398.Sal.	0,463	11,91

Sendo: Inc. = Inclinação; Sal. = Saliência.

De acordo com a Tabela 27, observa-se que, à medida que são inseridas mais variáveis correlacionadas com o incremento periódico anual em área basal (IPA g) nos modelos matemáticos, melhor se torna a quantidade de variação explicada pelo coeficiente de determinação ajustado (R² aj.), o que é previsível.

Tabela 28 – Modelos de IPA g para *Cedrela fissilis*.

N.	Modelo	R ² aj.	Syx
1	IPA g = 11,300 + 0,02601.DAP ²	0,620	17,48
2	IPA g = 17,976 + 0,02355.DAP ² -18,142.BAL rel.	0,643	16,94
3	IPA g = 22,207 + 0,02434.DAP ² -18,871.BAL rel. -0,237.Ped.	0,672	16,23
4	IPA g = -0,149 + 0,02006.DAP ² + 58,546.Abr. -0,24.Ped.	0,701	15,51

Sendo: BAL rel. = BAL relativo; Ped. = Pedregosidade; Abr. = Abrangência.

Para *Cedrela fissilis*, conforme a Tabela 28, verifica-se que o modelo mais bem ajustado é o de n. 4, ou seja, aquele que possui o maior número de variáveis independentes, com R² aj. = 0,701 e Syx = 15,51.

Observa-se que a variação de incremento explicada pelo modelo n. 4, que é formado por três variáveis, é maior em torno de 8%, do que a variação explicada pelo modelo n. 1, que é constituído somente pelo DAP².

Tabela 29 – Modelos de IPA g para *Cordia trichotoma*.

N.	Modelo	R ² aj.	Syx
1	IPA g = 4,965 + 0,01578.DAP ²	0,527	8,66
2	IPA g = 9,175 + 0,01434.DAP ² -0,217.BAL	0,587	8,10
3	IPA g = 2,321 + 0,01306.DAP ² -0,175.BAL +11,169.Formal de copa	0,625	7,72

Na Tabela 29, observa-se que, para *Cordia trichotoma*, o modelo mais bem ajustado é o de n. 3, pois obteve os melhores índices estatísticos (R² aj. e Syx).

Verifica-se que, para cada espécie, foi selecionado um índice morfométrico diferente para compor o modelo de incremento. Enquanto para *Cabrlea canjerana*, houve a inclusão do índice de saliência, para *Cedrela fissilis*, foi contemplado o índice de abrangência e para *Cordia trichotoma* o formal de copa.

Em estudo realizado na região de Vale Vêneto, Della-Flora (2001) obteve modelos para estimar o incremento corrente anual em área basal de *Ocotea puberula* com R² aj. = 0,359 e Syx = 0,002, e para *Nectandra megapotamica* com R² aj. = 0,339 e Syx = 0,002. Nos modelos testados, foram incluídas variáveis como DAP, BAL, posição sociológica e variáveis de sítio.

Testando modelos da relação altura/diâmetro para algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista, Gatto *et al.* (1996) obtiveram coeficiente de determinação entre 0,05 e 0,63 e erro-padrão da estimativa de 0,026 a 0,042.

4.8 Análise de Sensibilidade

4.8.1 Incremento

Para análise da sensibilidade do incremento periódico anual em área basal, utilizando-se os modelos matemáticos anteriormente definidos, foram variados e testados valores mínimos, médios e máximos para cada variável independente de interesse, enquanto as demais variáveis do modelo foram mantidas em seu valor médio.

Na Tabela 30, constam os modelos matemáticos obtidos na análise de regressão já apresentada, os quais evidenciaram melhor ajuste, sendo utilizados na análise de sensibilidade do IPA g de cada espécie. Na Tabela 31 encontram-se os valores mínimos, médios e máximos utilizados nos modelos para estimar o IPA g.

Tabela 30 – Modelos utilizados na análise de sensibilidade do IPA g de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*.

<i>Cabralea canjerana</i>		R ² aj.	Syx
IPA g = 4,173 + 0,02216.DAP ² – 0,179.BAL – 0,157.Inc. + 0,398.Sal.		0,463	11,91
<i>Cedrela fissilis</i>			
IPA g = – 0,149 + 0,02006.DAP ² + 58,546.Abr. – 0,24.Ped.		0,701	15,51
<i>Cordia trichotoma</i>			
IPA g = 2,321 + 0,01306.DAP ² – 0,175.BAL + 11,169.Formal copa		0,677	7,16

Sendo: Inc. = Inclinação; Sal. = Saliência; Abr. = Abrangência; Ped. = Pedregosidade.

Tabela 31 – Valores utilizados na análise de sensibilidade do IPA g de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*.

Valores	<i>Cabralea canjerana</i>			
	DAP (cm)	BAL (m ² ha ⁻¹)	Inclinação (%)	Saliência (dc/DAP)
Mínimo	10	0	5	5
Médio	40	15	30	20
Máximo	70	30	60	35
Valores	<i>Cedrela fissilis</i>			
	DAP (cm)	Abrangência (dc/h)	Pedregosidade (%)	
Mínimo	10	0,05	5	
Médio	40	0,40	25	
Máximo	70	0,75	50	
Valores	<i>Cordia trichotoma</i>			
	DAP (cm)	BAL (m ² ha ⁻¹)	Formal de copa (dc/l)	
Mínimo	10	0	0,1	
Médio	40	15	0,5	
Máximo	70	30	1,0	

Por meio de representação gráfica, são apresentadas as variações obtidas na análise de sensibilidade do incremento das três espécies estudadas.

Observa-se nas Figuras 13 a 19, independentemente da sensibilidade do incremento à influência das variáveis testadas, que conforme maior é o DAP, maior também é o incremento.

Nas Figuras 13 e 18, que representam a influência de BAL no incremento de *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma*, respectivamente, verifica-se que quando BAL é mínima, ou seja, não há concorrência sendo exercida sobre a árvore, esta tem maior incremento do que quando há concorrência (média ou extrema). Na Figura 14, observa-se que quanto maior for a inclinação do terreno, menor será o incremento em área basal de *Cabralea canjerana*.

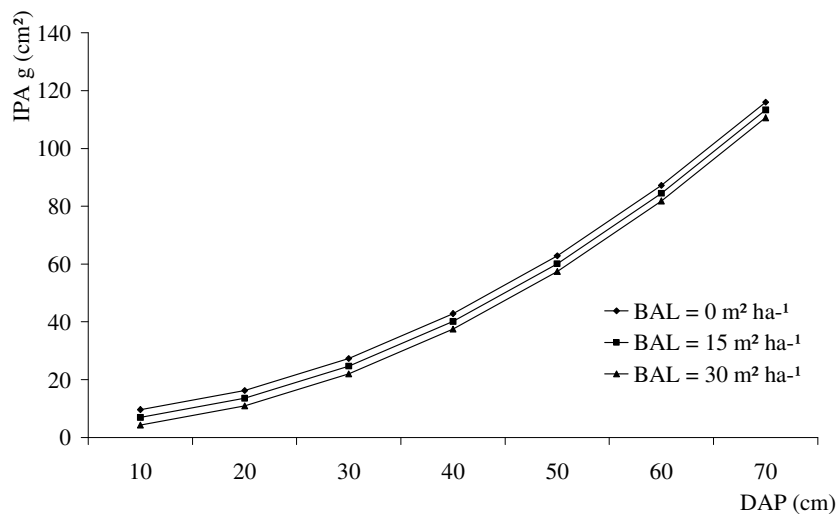


Figura 13 – Influência de BAL no IPA g de *Cabralea canjerana*.

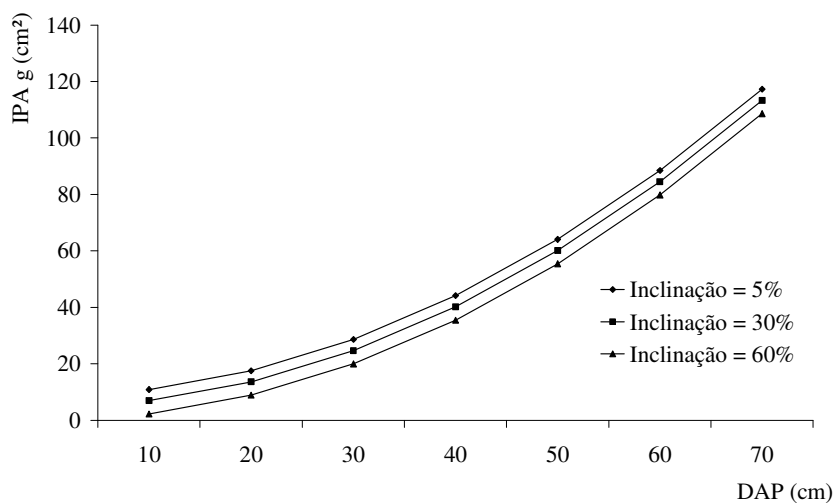


Figura 14 – Influência da inclinação do terreno no IPA g de *Cabralea canjerana*.

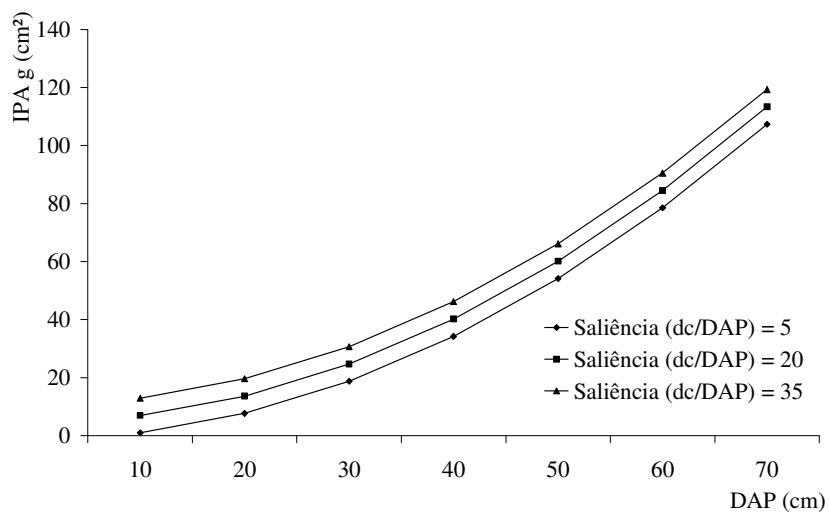


Figura 15 – Influência do índice de saliência no IPA g de *Cabralea canjerana*.

A Figura 15 ilustra o comportamento do incremento de *Cabralea canjerana* em relação à variação do índice de saliência (dc/DAP), mostrando que, quanto maior for esse índice, ou seja, quanto maior for o diâmetro de copa em relação ao diâmetro à altura do peito, maior também será o incremento. Para *Cedrela fissilis*, observa-se a mesma tendência, porém, na relação entre o incremento e o índice de abrangência (dc/h). Na Figura 16, verifica-se que quanto maior é o índice de abrangência, ou seja, a relação entre o diâmetro da copa e a altura total da árvore, maior também é o incremento em área basal.

Com relação à pedregosidade, variável de sítio contemplada no modelo de incremento para *Cedrela fissilis*, verifica-se, na Figura 17, que há diferença de incremento entre os valores testados. Quanto menor a pedregosidade do sítio, maior é o incremento em área basal.

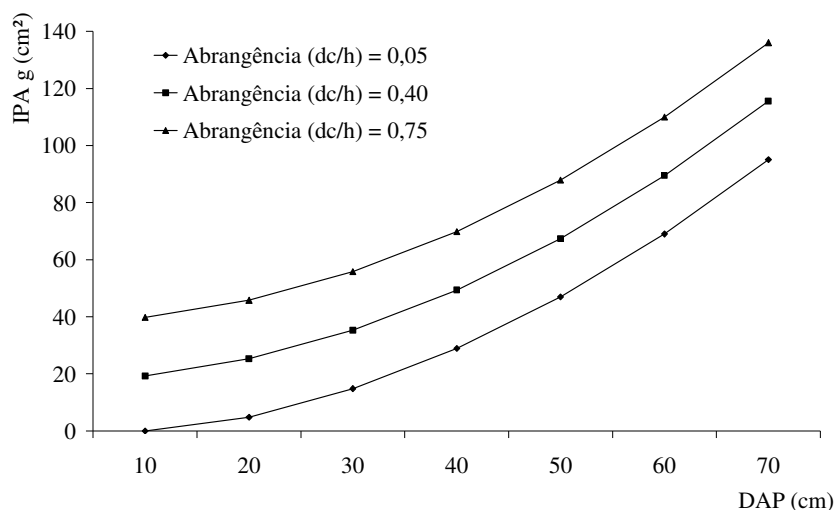


Figura 16 – Influência do índice de abrangência no IPA g de *Cedrela fissilis*.

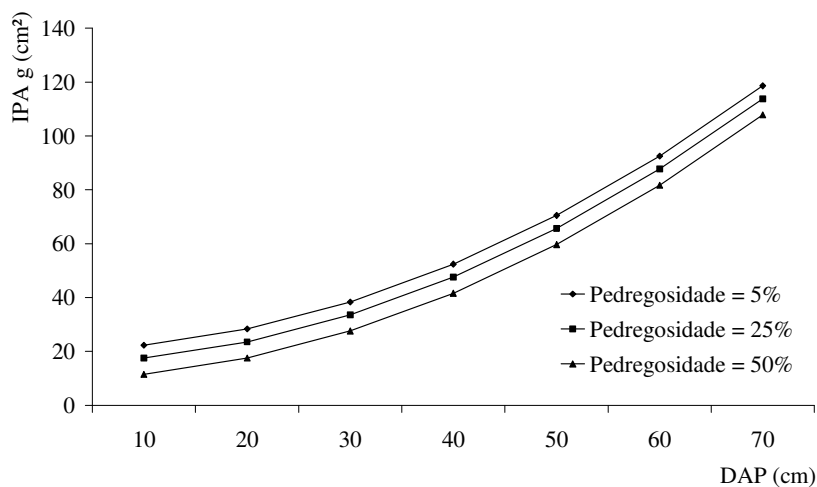


Figura 17 – Influência da pedregosidade no IPA g de *Cedrela fissilis*.

A Figura 19 ilustra o comportamento do incremento de *Cordia trichotoma* em relação à variação da variável forma de copa (dc/l = relação entre diâmetro de copa e comprimento de copa), mostrando que árvores com maior valor para esse índice apresentam maior incremento em área basal.

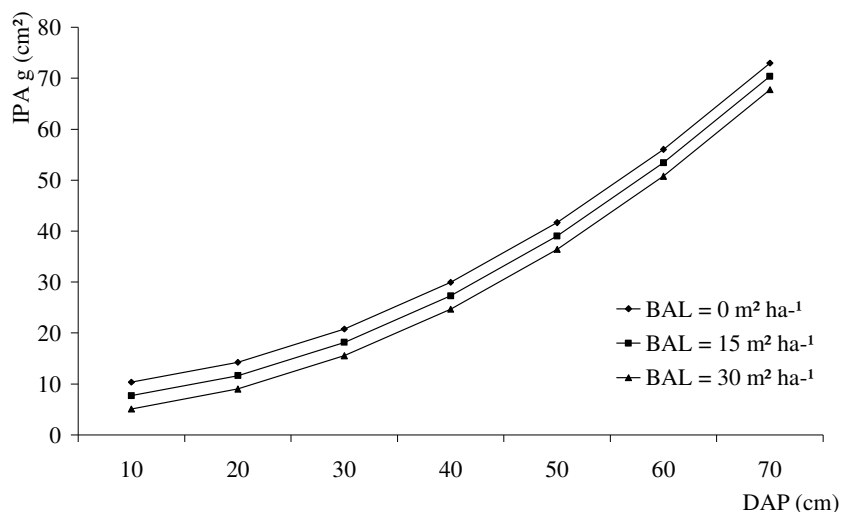


Figura 18 – Influência do BAL no IPA g de *Cordia trichotoma*.

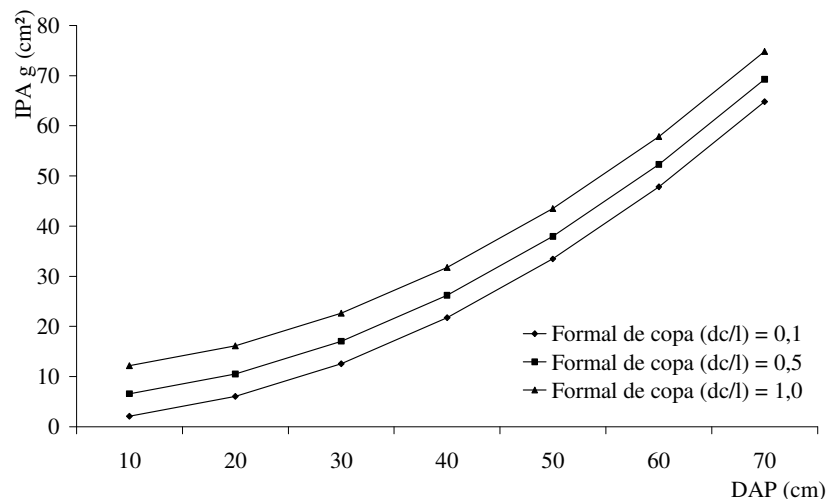


Figura 19 – Influência do índice formal de copa no IPA g de *Cordia trichotoma*.

Outra forma de visualização do grau de influência das variáveis independentes utilizadas nos modelos sobre cada uma das espécies deste estudo pode ser obtida quando se considera o valor do incremento obtido sob a melhor condição, como um valor relativo (100%). Assim, pode-se avaliar com mais clareza e fazer um comparativo da influência de variáveis testadas sobre o incremento das espécies estudadas.

Para essa análise, considerou-se um DAP de 50 cm para todas as espécies. Para o maior valor de incremento em área basal estimado por meio da modelagem, utilizando-se os valores mínimo, médio e máximo de uma determinada variável, foi atribuído o valor de 100%. Para os demais valores de incremento obtidos, calculou-se o respectivo percentual relativo ao maior valor de incremento.

Em razão dos modelos de estimativa de incremento das espécies não terem muitas variáveis em comum, com exceção dos modelos de *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma* que são constituídos pela variável BAL, não foi possível a comparação de sensibilidade entre as espécies para a maioria das variáveis que formam os modelos.

A Figura 20 ilustra a sensibilidade de *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma* à concorrência (expressa por BAL), mostrando que *Cordia trichotoma* é mais sensível à concorrência do que *Cabralea canjerana*. A análise da Figura 20 demonstra ainda que o incremento de *Cordia trichotoma* cai de 100%, quando não há competição para, aproximadamente, 87%, quando BAL é igual a 30 m² ha⁻¹. Para *Cabralea canjerana* o incremento cai para aproximadamente 91% na maior intensidade de competição.

Na Figura 21, percebe-se que o incremento relativo de *Cabralea canjerana* é afetado pela inclinação do terreno. Observa-se que quanto maior a inclinação, menor é o incremento, pois este decresce, respectivamente, em torno de seis e 13%, quando a inclinação atinge os valores de 30 e 60%.

Na Figura 22 pode-se observar que canjeranas com índice de saliência (dc/DAP) mínimo (5) têm incremento em torno de oito por cento menor do que árvores que têm valor médio observado para este índice morfométrico (20). De outra maneira, observa-se que quanto maior o índice de saliência, maior também é o incremento de *Cabralea canjerana*.

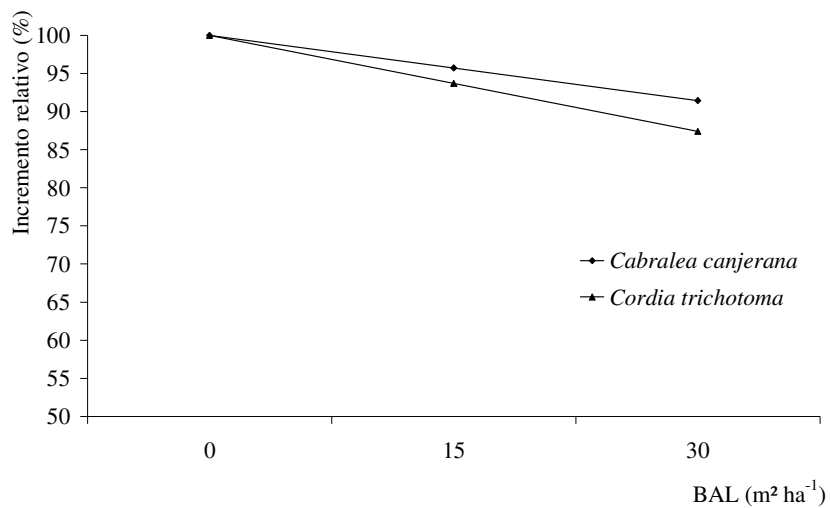


Figura 20 – Influência de BAL no incremento relativo de *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma*.

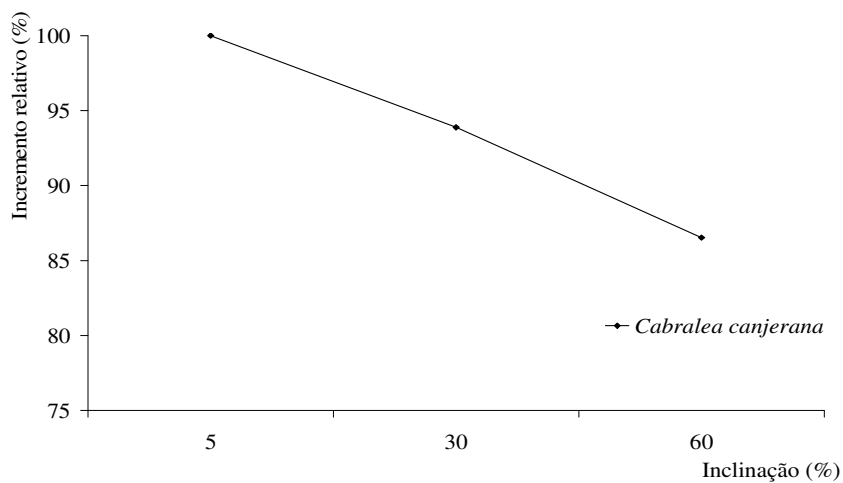


Figura 21 – Influência da inclinação do terreno no incremento relativo de *Cabralea canjerana*.

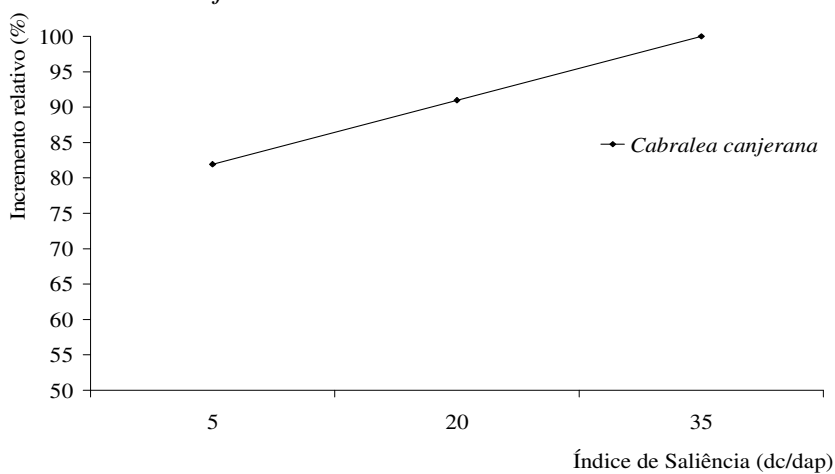


Figura 22 – Influência do índice de saliência no incremento relativo de *Cabralea canjerana*.

Na Figura 23, observa-se que cedros com índice de abrangência (dc/h) mínimo (0,05) têm incremento em torno de 23% menor do que árvores que detêm o valor médio para essa variável (0,40). Com o aumento do índice de abrangência, verifica-se maior incremento para *Cedrela fissilis*.

O aumento da pedregosidade do terreno faz com que o incremento de *Cedrela fissilis* seja menor. Na Figura 24, verifica-se uma diminuição de incremento em torno de sete por cento quando o terreno tem pedregosidade média (25%) e uma diminuição de cerca de 15% quando a pedregosidade atinge 50%.

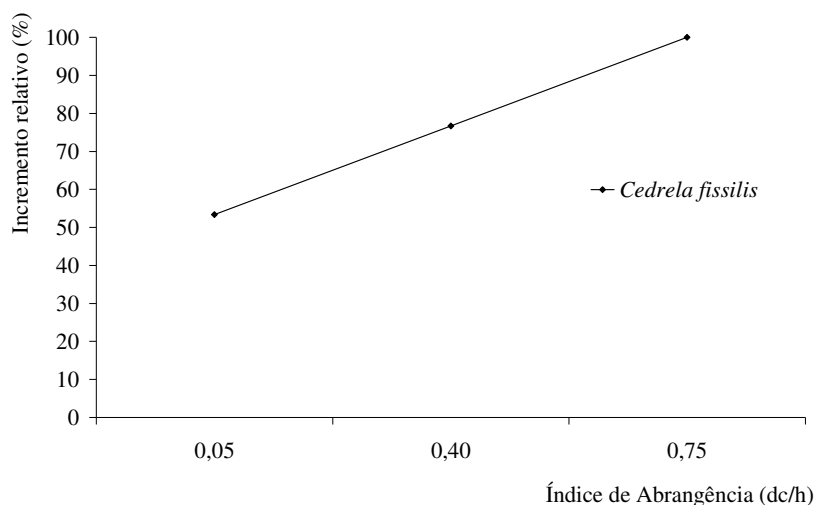


Figura 23 – Influência do índice de abrangência no incremento relativo de *Cedrela fissilis*.

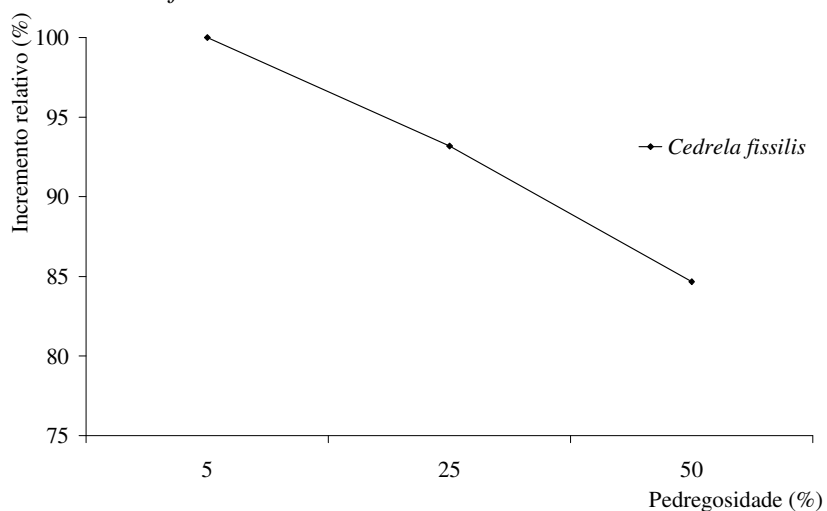


Figura 24 – Influência da pedregosidade no incremento relativo de *Cedrela fissilis*.

Na Figura 25, observa-se que louros com formal de copa (dc/l) mínimo (0,1) têm incremento em torno de 13% menor do que árvores que têm valor médio observado para esse índice morfométrico (0,5). De outra forma, percebe-se que exemplares de *Cordia trichotoma* com valores mais altos de formal de copa apresentam maiores incrementos.

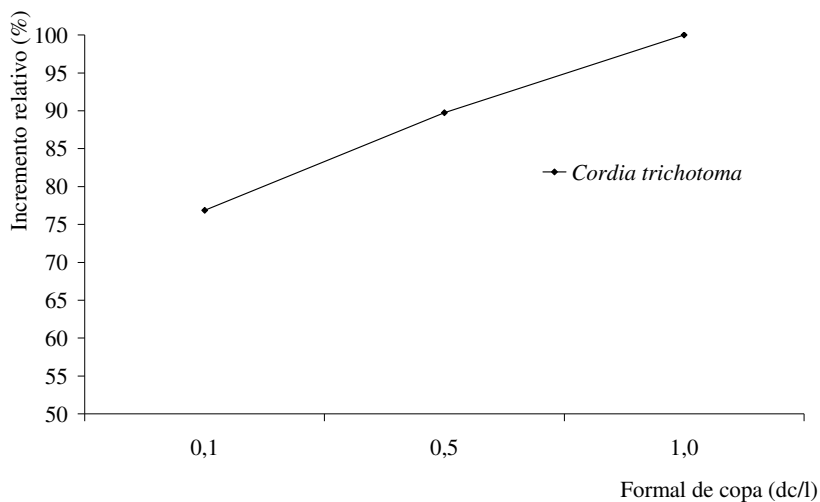


Figura 25 – Influência do índice formal de copa no incremento relativo de *Cordia trichotoma*.

4.8.2 Produtividade

Além da análise de sensibilidade referente ao incremento em área basal de cada espécie, efetuou-se também uma análise gráfica para a variável produtividade (IPA g/área de copa), com a finalidade de se observar o comportamento dessa variável em relação às diferentes posições sociológicas para cada espécie.

A análise gráfica da produtividade foi efetuada utilizando-se como variável independente a área de copa das árvores, as quais foram classificadas segundo a posição sociológica em pré-dominantes, dominantes, co-dominantes e dominadas.

Pela análise dos gráficos de dispersão dos dados de produtividade, verificou-se que havia poucas observações em determinadas posições sociológicas de cada espécie, motivo pelo qual se optou por analisar a variável e elaborar gráficos de duas formas: sem segregação e com segregação por posição sociológica. Na Figura 26, observa-se a representação gráfica da produtividade para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* sem segregação por posição sociológica.

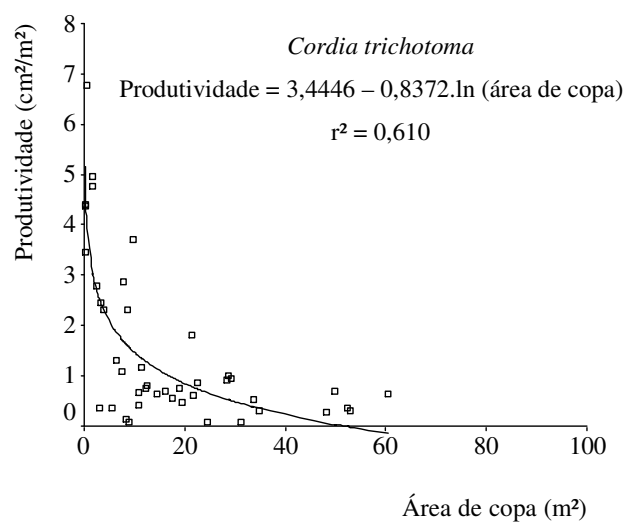
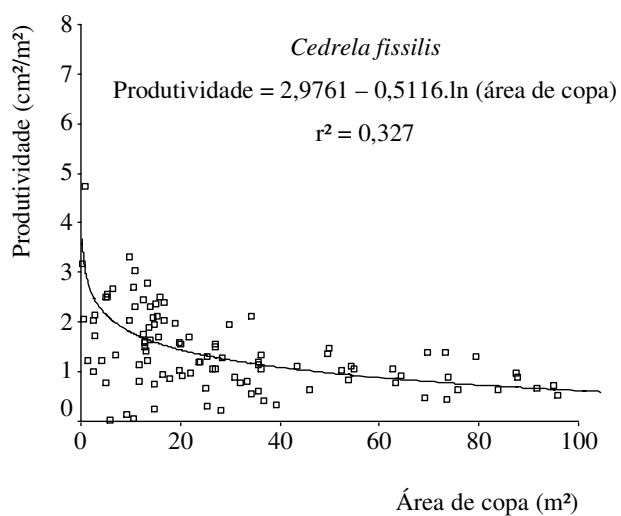
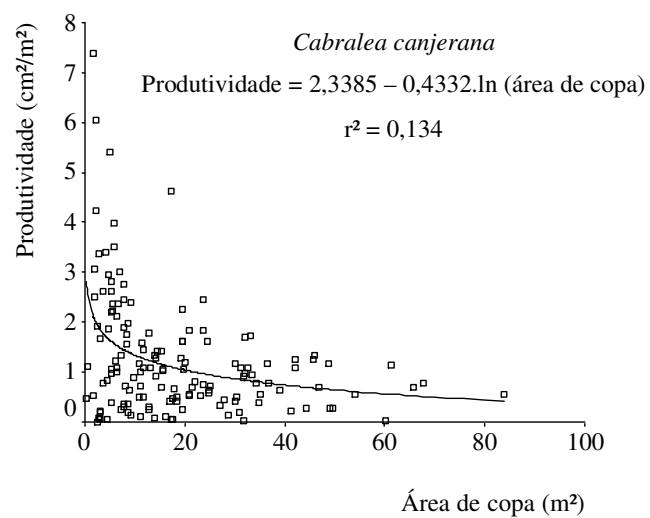


Figura 26 – Influência da área de copa na produtividade de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*.

De acordo com a distribuição dos dados na Figura 26, observa-se que a produtividade decresce à medida que aumenta a área de copa das espécies. Interpretando-se de outra forma, pode-se deduzir que árvores jovens têm maior produtividade do que árvores adultas ou senis.

Dentre os modelos testados para descrever a produtividade das espécies, os logarítmicos foram os que apresentaram melhor ajuste. Para *Cabralea canjerana* e *Cedrela fissilis*, o grau de ajuste dos modelos foi baixo. Para *Cordia trichotoma* o grau de ajuste foi considerado razoável.

Na Figura 27, é apresentada a representação gráfica da produtividade para *Cabralea canjerana* com segregação por posição sociológica. Embora haja poucas árvores pré-dominantes, pela observação da curvas, verifica-se clara tendência de que a produtividade é maior nas posições sociológicas que dominam o dossel e que têm maior disponibilidade de luz (pré-dominantes e dominantes).

O grau de ajuste do modelo obtido para árvores pré-dominantes foi alto ($r^2 = 0,816$) em virtude do baixo número de observações (sete). Para árvores dominantes, co-dominantes e dominadas, o coeficiente de determinação foi baixo, respectivamente, 0,229; 0,374 e 0,100.

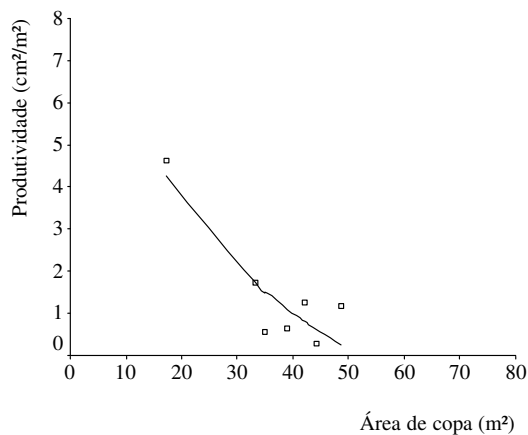
Mesmo se verificando o baixo grau de ajuste dos modelos, apenas a título de exemplo, fixando-se a área de copa em 20 m² e efetuando-se os cálculos com os respectivos modelos de cada posição sociológica, obtém-se produtividade de 3,7 cm² m⁻² para árvores pré-dominantes; 1,2 cm² m⁻² para árvores dominantes; 0,6 cm² m⁻² para árvores co-dominantes e 0,1 cm² m⁻² para árvores dominadas, evidenciando-se assim a tendência de maior produtividade das árvores do dossel superior das florestas estudadas.

A produtividade, nas diferentes posições sociológicas de *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*, tem comportamento similar à produtividade nas diferentes posições sociológicas de *Cabralea canjerana*.

Cabralea canjerana
(Árvores pré-dominantes)

$$r^2 = 0,816$$

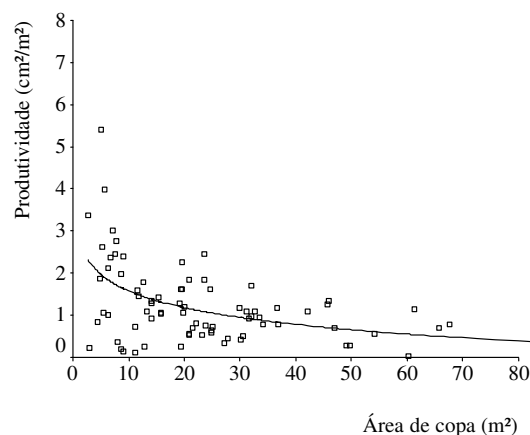
$$\text{Produtividade} = 15,1999 - 3,8491 \cdot \ln(\text{área de copa})$$



Cabralea canjerana
(Árvores dominantes)

$$r^2 = 0,229$$

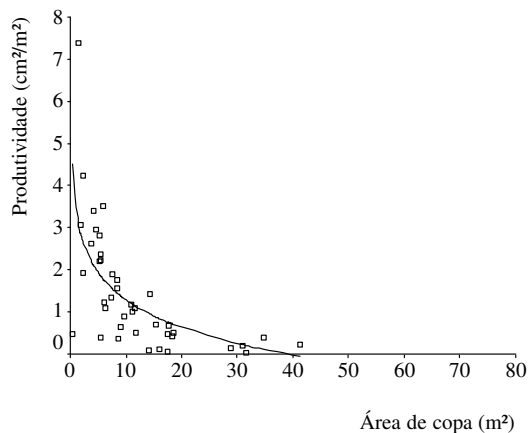
$$\text{Produtividade} = 2,8898 - 0,5718 \cdot \ln(\text{área de copa})$$



Cabralea canjerana
(Árvores co-dominantes)

$$r^2 = 0,374$$

$$\text{Produtividade} = 3,4558 - 0,9437 \cdot \ln(\text{área de copa})$$



Cabralea canjerana
(Árvores dominadas)

$$r^2 = 0,100$$

$$\text{Produtividade} = 1,5379 - 0,4916 \cdot \ln(\text{área de copa})$$

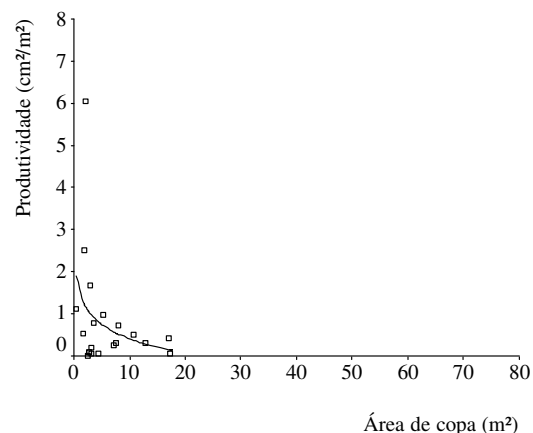


Figura 27 – Influência da área de copa na produtividade de árvores de *Cabralea canjerana* em diferentes posições sociológicas.

5 CONCLUSÕES

As florestas escolhidas para estudo puderam ser caracterizadas em diferentes estágios sucessionais por meio dos dados de crescimento obtidos. O estágio sucessional capoeira apresentou a maior média de incremento em área basal (IPA G/ha) com $1,10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para o capoeirão, o valor obtido foi de $0,69 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e para a floresta secundária foi de $0,46 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

O estudo da composição florística demonstrou que *Cupania vernalis* (camboatá-vermelho) foi a espécie com maior IVI nos estágios sucessionais capoeira e capoeirão. Na floresta secundária a *Cabralea canjerana* obteve o maior IVI. Na análise efetuada sem distinção de estágio, *Cupania vernalis* foi a espécie de maior destaque nas florestas estudadas quanto ao aspecto fitossociológico, obtendo IVI de 40,2.

Os incrementos periódico e periódico anual em área basal mais altos foram observados para *Cedrela fissilis*, seguido pela *Cabralea canjerana* e pela *Cordia trichotoma*. Houve diferenças significativas de diâmetro à altura do peito (1995) e incremento periódico anual em área basal (1995-2003) entre *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma*.

Para a maioria dos índices de concorrência testados, *Cordia trichotoma* apresentou os maiores valores médios, demonstrando que os exemplares estudados dessa espécie estão submetidos a uma maior concorrência do que os exemplares das outras espécies, o que pode justificar os menores incrementos em DAP e em área basal.

Os índices morfométricos calculados auxiliaram no entendimento dos resultados obtidos para o incremento das espécies.

Não foram encontradas diferenças significativas de produtividade média entre as espécies.

As espécies estudadas têm incremento em área basal ascendente à medida que apresentam maiores diâmetros.

A variável DAP foi selecionada para todas as espécies como variável de grande importância para explicar o incremento destas.

Todos os índices de concorrência testados demonstraram que as três espécies, em diferentes graus, têm redução de incremento com o aumento da concorrência.

O modelo que melhor descreveu o incremento de *Cabralea canjerana* foi:
$$\text{IPA g} = 4,173 + 0,02216.\text{DAP}^2 - 0,179.\text{BAL} - 0,157.\text{Inclinação} + 0,398.\text{Saliência}$$

O modelo que melhor descreveu o incremento de *Cedrela fissilis* foi:

$$\text{IPA g} = -0,149 + 0,02006.\text{DAP}^2 + 58,546.\text{Abrangência} - 0,24.\text{Pedregosidade}$$

O modelo que melhor descreveu o incremento de *Cordia trichotoma* foi:

$$\text{IPA g} = 2,321 + 0,01306.\text{DAP}^2 - 0,175.\text{BAL} + 11,169.\text{Formal de copa}$$

A produtividade ($\text{cm}^2 \text{ m}^{-2}$) das espécies decresce à medida que aumenta a área de copa.

O modelo que melhor descreveu a produtividade de *Cabralea canjerana* foi:

$$\text{Produtividade} = 2,3385 - 0,4332.\ln(\text{área de copa})$$

O modelo que melhor descreveu a produtividade de *Cedrela fissilis* foi:

$$\text{Produtividade} = 2,9761 - 0,5116.\ln(\text{área de copa})$$

O modelo que melhor descreveu a produtividade de *Cordia trichotoma* foi:

$$\text{Produtividade} = 3,4446 - 0,8372.\ln(\text{área de copa})$$

Para *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* houve comportamento similar à *Cabralea canjerana* quanto a produtividade nas diferentes posições sociológicas.

Nas florestas nativas estudadas há bom incremento mesmo na ausência de qualquer intervenção silvicultural, o que permite inferir que o manejo dessas florestas com vistas a maior produção pode ser possível, desde que sejam implementados os tratamentos adequados, objetivando o manejo sustentado.

Conclui-se que as três espécies nativas estudadas têm potencial produtivo, pois o crescimento destas é semelhante ao de outras espécies nativas, tanto a nível estadual, quanto nacional.

Acredita-se que formas de manejo adequadas, provavelmente, conduzirão exemplares de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* e *Cordia trichotoma* a obterem maior incremento e produtividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABETZ, P.; OHNEMUS, K. Der Z-Baum-Bestockungsgrad (Definition, Herleitung, Anwendung) **Allg. Forst- u. J.-Ztg.** 165. Jg.,10-12: 177-185. 1994.

ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. Bayr. Landw. Verlag. München. 1961. 490p.

BITTERLICH, W. **The relascope idea. Relative measurements in forestry**. Norfolk: Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, 1984. 242p.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal. 1965. Capturado em 06 março de 2006. On line. Disponível na Internet: <http://www.mp.rs.gov.br/meioambiente/legislação>.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. **Inventário florestal da região da Quarta Colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul – Santa Maria, RS**. Santa Maria, 1998. 213p.

BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. **Mitt. Schweiz. Anst. f. forstl. Vers. Wesen** 21: 147-176. 1939.

CAMPOS, J. C. C. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. **Revista árvore**, Viçosa, UFV, v. 7, n. 2, p. 110-122, 1983.

CANTO, J. L.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento da *Grevillea robusta* A. Cunn. na Depressão Central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 14, n. 2, p. 29-35, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 640p.

COSTA NETO, F.; COUTO, J.; RAMALHO, R.S.; GOMES, J. M. Subsídios técnicos para um plano de manejo sustentado em áreas de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, UFV, v. 15, n. 3, p. 241-256, 1991.

DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Can. J. For. Res.**, v. 16, p. 1230-1237, 1986.

DELLA-FLORA, J. B. **Modelos de Crescimento para Árvores Singulares – *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. e *Ocotea puberula* Ness.** Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria. 2001. 60p.

DRAPER, N. R.; GUTTMAN, I. Incorporating overlap effects from neighbouring units into surface models. Applied statistics. **Journal of the Royal Statistics Society (C)**, v. 29, p. 128-134, 1980.

DURLO, M. A. **Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern Südbrasilien.** 1996. 175 p. Dissertation. Institut für Waldwachstumsforschung. Universität für Bodenkultur. Wien, Austria. 1996.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.

DURLO, M. A. Dendrômetro Durlo: Um instrumento para medição da altura de árvores a partir de múltiplas distâncias. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n. 2, p. 287-298, 1998.

FORD, E. D.; DIGGLE, P. J. Competition for light in a plant monoculture modelled as a spatial stochastic process. **Annals of Botany**, 48, 481-500. 1981.

GATTO, A.; WENDLING, I.; BORSOI, G. A.; ROETHIG, P. C.; BRENA, D. A. Teste de modelos da relação altura/diâmetro para algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista na Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 16, 1996. **Anais...** Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 1996, 309p.

GUNTHER, M. Untersuchungen über das Ertragsvermögen der Hauptholzarten im Bereich verschiedener Standortseinheiten des württ. Neckerlandes. **Mitt. d. Vereins f. forstl. Standortskartierung** 4:5-60, 1955.

GURTSEV, A. I.; NIKOLAEV, D. K. Model of trees competition and population dynamics. **Lesovedenie**, n. 5, p. 48-57, 1994.

HASENAUER, H. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. **Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur**, Wien. Band 8, 152p. 1994.

_____. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management** 96 (1997): 197-206. 1997.

HASENAUER, H.; MOSER, M.; ECKMÜLLNER, O. Ein Programm zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. **Allgemeine Forstzeitung** 4: 216-218, 1995.

HEGYI, F. A simulation model for managing jack-pine stands. In **Growth models for tree and stand simulation**. Edited by J. Fries. Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden: 74-90, 1974.

HUANG, S.; TITUS, S. J. An age-independent individual tree height prediction model for boreal spruce-aspen stands in Alberta. **Can. J. For. Res.**, v. 24, p. 1295-1301, 1994.

HUANG, S.; TITUS, S. J. An Individual tree diameter increment model for white spruce in Alberta. **Can. J. For. Res.**, v. 25, p. 1455-1465, 1995.

HÜHN, M. Populationsgenetische untersuchungen zur hänotypischen selektion in pflanzenständen mit konkurrenz. **Silvae genetica**, v. 22, p. 2-145, 1973.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. (3rd Edition). New York: Wiley, 1982. 402p.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, S. Y. **Projeto madeira do Paraná**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba, 1984. 260p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Inventário Florestal Nacional**: Floresta Nativa, Rio Grande do Sul. Brasília, 1983.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. da R. **Solos do município de São João do Polêsine. características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso**. Santa Maria: Departamento de solos, CCR, Pró-Reitoria de Extensão, UFSM, 1997.

KLEIN, R. M. Aspectos fitofisionômicos da floresta estacional da fralda da Serra Geral (RS). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34, Porto Alegre, 1983. **Anais...** Porto Alegre, Academia Brasileira de Ciências, 1983a. v. 1, p. 73-110.

KRAFT, G. **Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben**. Hannover, 1884.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschbom: GTZ, 1990, 343p.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2. p. 113-150.

LEONARDECZ-NETO, E.; VENCOVSKY, R.; SEBBENN, A. M. Ajuste para competição entre plantas em teste de progênies e procedências de essências florestais. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 136-149, 2003.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no Sul do Brasil**. Curitiba: UFPR, 1980, 198 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1980.

_____. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Passo Fundo – RS**. Curitiba: UFPR, 1997. 193 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1997.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 1. 352p.

MAGIN, R. Standortgerechte Ertragsermittlung als Teil der Forsteinrichtung. **Allgemeine Forstzeitschrift** n. 8. 1963.

MAGNUSSEN, S.; YEATMAN, C. W. Adjusting for interrow competition in Jack pine provenance trial. **Silvae genetica**, v. 36, n. 5/6, p. 206-214, 1987.

MÄKINEN, H. Effect of Intertree Competition on Branch Characteristics of *Pinus sylvestris* Families. **Scand. J. For. Res.**, v. 11, p. 129-136, 1996.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 246p.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: The General Secretarial of the Organization of American States, 1982. 167p. (Série Biologia – Monografia, 22).

MAYER, R. Untersuchungen über die Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. **AFJZ** 129: 105-114. 151-163, 193-201. 1958.

MAYER, H. **Waldbau**: auf soziologisch-ökologischer Grundlage Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 1977. 482p.

_____. Urwald-Holzplantage - Urwald: Quo vadis Waldbau? Auf Umwegen zu einer naturnahen Waldwirtschaft. **Osterreichische Forstzeitung**, 104(4): 35-39, 1993.

MITSCHERLICH, G. Der Fichten-Tannen-(Buchen)-Plenterwald. **Schriftenr. Bad. Forstl. Versuchsanstalt**, Freiburg i. Br., v. 8, p. 3-42, 1952.

_____. **Wald, Wachstum und Umwelt**. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Erster Band: Form und Wachstum von Baum und Bestand. II Auflage. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 1978. 144p.

MONSERUD, R. A.; STERBA, H. **PROGNAUS ein Einzelbaumsimulator für ungleichaltrige Bestände in Österreich**. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: **Bestimmung der Parameter des Waldwachstumssimulator PROGNOISIS für Österreichische Baumarten, gefördert von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft** (GZ 56.820/09-VA2b/94). 1994.

MOORE, J. A.; BUDELSKY, C. A.; SCHLESINGER, R. C. A new index representing individual tree competitive status. **Can. J. For. Res.** p. 495-500, 1973.

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

MUELLER-DOMBOIS, E.; ELLENBERG, F. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley & Sons, 1974.

NUTTO, L. **Neue Perspektiven für die Begründung und Pflege von jungen Eichenbeständen**: Ergebnisse einer Untersuchung zur Kronenentwicklung, Astreinigung und Dickenwachstum junger Stiel- und Traubeneichen in Europa (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung Band 5. Freiburg i. Brsg, 1999. 190p.

_____. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 11, n. 2, p. 9-25, 2001.

NUTTO, L.; SPIECKER, H. Production of valuable wood: a software aided decision tool for managing oak stands (*Quercus petraea* Liebl. and *Q. robur* L.) in Europe. **Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis**, v. 37, p. 37-49, 2000.

OPIE, J. E. Predictability of individual tree growth using definitions of competing basal area. **For. Sci.**, v. 14, p. 314-323, 1968.

PARRESOL, B. R. Basal area growth for 15 tropical tree species in Puerto Rico. **Forest Ecology and management**, Elsevier, v. 73, p. 211-219, 1995.

PRETZSCH, H. Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung. **Forstwissenschaftliches Centralblatt** 114: 188-209, 1995.

REININGER, H. **Zielstärken-Nutzung**. Zweite Auflage. Österreichischer Agrarverlag, Wien. 1987. 163p.

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

RIO GRANDE DO SUL. Lei n. 9.519 de 21 de janeiro de 1992 – Código Florestal Estadual. Capturado em 6 março de 2006. On line. Disponível na Internet: <http://www.mp.rs.gov.br/meioambiente/legislação>.

_____. Decreto n. 38.355 de 01 de abril de 1998. Capturado em 6 março de 2006. On line. Disponível na Internet: <http://www.mp.rs.gov.br/meioambiente/legislação>.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 296p.

SAGL, W. Betriebswirtschaftliche Aspekte zur naturnahen Waldwirtschaft. **Osterreichische Forstzeitung**, 104 (4): 8-11, 1993.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996. 48p. (Série Didática, 8).

SANTOS, E. **Nossas Madeiras**. Belo Horizonte. Ed. Itatiaia Ltda. 1987. 313p.

SARAIVA, C. L. M. **Desenvolvimento de um Método de Manejo de Mata Natural Mista, pela Utilização da Distribuição Diamétrica**. Viçosa. Tese de Mestrado. 1988. 105p.

SCHEEREN, L. W.; SCHNEIDER, P. S. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento do Louro-Pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 12, n. 2, p. 169-176, 2002.

SCHNEIDER, J.; DURLO, M. A. **Modelle für das Wachstum tropischer und subtropischer Wälder**. Bodenkulturwissenschaften in Entwicklungsländern. Seminar ss 13p, 1995.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. Modelo de produção para floresta nativa com base para manejo sustentado. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

SILVA, J. N. M.; DE CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; DE ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; VANCLAY, J. K., SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Elsevier, v. 71, p. 267-274, 1995.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nessel et Mart. ex Ness (Canela lageana) na Serra Geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 10, n. 1, p. 95-108, 2000.

SPIECKER, H. **Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen**. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung B.-W. 72, 1991. 155p.

STAMPFER, E **Solitärdimensionen österreichischer Baumarten**. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. 1995. 102p.

STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre**. Heft 4. Institut für Waldwachstumsforschung. Universität für Bodenkultur. Wien. 1991. 160p.

_____. Nachhaltskontrolle in einem Zielstarkenutzungsbetrieb. **Osterreichische Forstzeitung** 104 (4):12-13, 1993.

STORCK, L.; LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. **Introdução à experimentação**. Santa Maria: UFSM/CCR/DF, 2000. 54p.

TUCKHEIM, B. de Naturnahe Waldwirtschaft als Grundlage einer multifunktionalen Nutzung des Waldes. **Osterreichische Forstzeitung** 4 (5-7), 1993.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Convênio UFSM/SEMA, 2001. 706 p. (Relatório final original). Capturado em 10 março de 2006. On line. Disponível na Internet: <http://www.coralx.ufsm.br/ifc>.

VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza – RS**. Santa Maria: UFSM, 1997. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

VACCARO, S.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; LONGHI, S. J. **Incremento em área basal de árvores de uma floresta estacional decidual, em três fases sucessionais, no município de Santa Tereza, RS**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 131-142. 2003.

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield. Applications to mixed tropical Forests**. CAB International. Wallingford. 1994. 312p.

VIDAL, E.; VIANA, V. M.; BATISTA, J. L. F. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 133-143, 2002.

WEST, P. W. Use of diameter increment and basal area increment in tree growth studies. **Can. J. For. Res.**, v.10, p. 71-77, 1980.

WYKOFF, W. R. A basal area increment model for individual conifers in the Northern Rocky Mountains. **For. Sci.**, v.36, p.1077-1104, 1990.

ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees Structure and Function**. New York: Springer Verlag, 1971. 336p.