

Crescimento de seis espécies nativas na região central do estado do Rio Grande do Sul

Growth of six native species in the central area of the state of Rio Grande do Sul

Gerson Luiz Selle¹
Elisabete Vuaden²

Resumo

Este trabalho visa reunir informações sobre pesquisas realizadas, na região central do estado do Rio Grande do Sul, sobre crescimento de espécies arbóreas nativas adultas. Foram reunidos dados de revisão sobre pesquisas com *Ocotea pulchella*, *Tabebuia impetiginosa*, *Astronium balansae*, *Cordia trichotoma*, *Cedrela fissilis* e *Cabralea canjerana*. Os resultados obtidos referentes à *Ocotea pulchella* indicam que a modelagem do crescimento em diâmetro e volume comercial sem casca, o incremento corrente anual e o fator de forma podem ser estimados pela função Quadrática, sendo que o modelo de Backman apresentou o melhor ajuste. Também é correto afirmar que as árvores no estrato superior da floresta apresentaram tendências de crescimento diamétrico superiores às árvores do estrato médio. Para a espécie ipê-roxo, o modelo de Backman ajustou bem o diâmetro à altura do peito, volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial. Quanto ao pau-ferro, pelo método Stepwise, foi possível desenvolver modelos que descrevem bem o crescimento em diâmetro, incremento corrente anual e volume comercial, para árvores dominantes e dominadas. Para o louro-pardo, a função Quadrática ajustou melhor os dados do crescimento em diâmetro, fator de forma comercial, tem como modelo a função, enquanto o incremento corrente anual em percentagem do volume comercial tem seu melhor ajuste feito pelo modelo de Backman. A pesquisa com cedro, feita na região central do Rio Grande do Sul, apresentou uma metodologia simples e eficaz para modelar a forma da copa da espécie, sendo possível a formulação de alguns modelos, como o de volume, manto da copa e grau de esbeltez. Quanto à canjerana é possível afirmar que a metodologia de substituição da cronossérie por uma série diamétrica produzem resultados aproveitáveis para a percepção de várias relações morfométricas da canjerana, podendo-se afirmar que existem relações estatísticas significativas entre diversas variáveis morfométricas para a espécie.

Palavras-chave: crescimento; espécies nativas; modelagem.

1 Dr.; Engenheiro Florestal; Servidor Público do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (RS); E-mail: gersonluizselle@gmail.com.

2 Msc.; Engenheira Florestal; Universidade Federal de Santa Maria (RS); Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Departamento de Ciências Florestais do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria (RS); E-mail: elisabetevuaden@yahoo.com.br.

Abstract

The present work seeks to gather information on accomplished research in the central area of the state of Rio Grande do Sul, on growth of native arboreal adult species. It was considered data from research on *Ocotea pulchella*, *Tabebuia impetiginosa*, *Astronium balansae*, *Cordia trichotoma*, *Cedrela fissilis* and *Cabralea canjerana*. The results obtained referring to *Ocotea pulchella* indicate that the growth in diameter and commercial volume without peel can be determined by the Quadratic function and, for the annual average increment, as well as the form factor, the best model is the Backman. It is also correct to state that located trees in the superior stratum of the forest presented tendencies of diametrically superior growth to the trees of the medium stratum. However, for the species *Tabebuia impetiginosa*, the model of Backman represented the diameter to the height of the chest, commercial volume, annual average increment in percentage of the commercial volume and factor in a commercial way. Regarding the *Astronium balansae*, through the Stepwise method it was possible to develop models that describe the growth in diameter, annual average increment and commercial volume, for dominant and dominated trees. For the *Cordia trichotoma*, the growth in diameter and factor in a commercial way has as model the representative Quadratic function, the annual average increment in percentage of the commercial volume has its best adjustment done by the model of Backman. The research with *Cedrela fissilis*, carried out in the central area of Rio Grande do Sul presented a simple and effective methodology to model the top of the trees, making possible the formulation of some models, as the one of the volume and mantle of the top, slope degree. Concerning the *Cabralea canjerana* it is possible to state that the methodology of substitution of the diameter series instead of growth sequences produces profitable results for the perception of several morphometric relations of the *Cabralea canjerana* and, it can be affirmed that significant statistical relationships exist among several morphometric variables of the species.

Key word: growth; native species; modelling.

Introdução

A silvicultura de nosso País está voltada principalmente para produção de matéria-prima destinada a suprir as necessidades das indústrias de transformação da madeira e fibras através de plantios, quase que exclusivamente de espécies exóticas de *Pinus* e *Eucalyptus sp.*, por estas atenderem as necessidades do mercado madeireiro em termos de produtividade.

No entanto, na atualidade tem-se dado atenção à cultura de algumas espécies nativas. Porém, como as informações sobre as mesmas são escassas, busca-se reunir neste trabalho subsídios sobre o crescimento de algumas destas espécies, para auxiliar o silvicultor quanto à formação de povoamentos puros ou mistos com espécies de florestas nativas.

Entre as espécies que já foram alvo de pesquisas, na região central do estado do Rio

Grande do Sul, e que serão abordadas, pode-se citar: canela-lageana (*Ocotea pulchella*), ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), pau-ferro (*Astronium balansae*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), cedro (*Cedrela fissilis*) e canjerana (*Cabralea canjerana*).

Ocotea pulchella

Pertencente a família das lauráceas, popularmente conhecida como canela-lageana, é uma árvore que alcança nas formações campestres, de 25 a trinta metros de altura e de cinquenta a oitenta centímetros de diâmetro na floresta pluvial. A madeira pode ser utilizada em tabuados, moirões e vigas, podendo também ser empregada na construção civil. A espécie apresenta anéis de crescimento facilmente distinguíveis, pois no lenho tardio a coloração é pardo-escura, contrastando com o lenho inicial, de coloração creme-amarelado. Sua madeira apresenta cerne e alborno indistintos, com superfície levemente áspera, sendo moderadamente pesada (0,65 g/cm³ a 12% de umidade), tendo cheiro e gosto indistintos (RIZZINI, 1971).

A espécie é encontrada no Rio Grande do Sul nas submatas dos pinhais e na região do Escudo Riograndense, nas florestas das planícies quaternárias úmidas do litoral, também com ocorrência rara nas florestas da bacia do Alto Ibicuí, Alto Uruguai e na Fralda da Serra Geral (REITZ et al., 1988).

Tabebuia impetiginosa

Pertencente a família Bignoniaceae, a *Tabebuia impetiginosa* é uma árvore com oito a doze metros de altura e, de vinte a trinta metros no interior da floresta. Planta decídua durante o inverno, sendo característica das florestas semidecídua e pluvial, com ocorrência tanto no interior da floresta primária densa, como nas formações abertas e secundárias,

com florescimento nos meses de maio e agosto (LORENZI, 1998).

Conhecida como ipê-roxo e pertencente à família Bignoniaceae, ocorre em quase todo o Brasil, Paraguai, Argentina, entre outros países. No Rio Grande do Sul, a espécie é característica da mata latifoliada do Alto Uruguai, apresentando distribuição irregular e descontínua, também ocorrendo em outras regiões como na Bacia do Ibicuí e na fralda da Serra Geral, atingindo a bacia do rio dos Sinos (REITZ et al., 1988; CARVALHO, 1994).

Árvore caducifólia que atinge de dez a 35 metros de altura e trinta a quarenta centímetros de diâmetro com fuste reto e cilíndrico. Sua casca externa é grisácea, levemente áspera, com sulcos longitudinais rasos e fissuras horizontais curtas e irregulares, desprendendo-se em escamas retangulares e grossas. Internamente a casca é fibrosa de coloração marrom-clara e levemente rosada. As folhas são opostas digitadas, as flores são grandes, rosadas a lilás, tubulares, vistosas, reunidas em panícula terminal. O fruto é silíquo cilíndrico estreito, deiscente, com numerosas sementes. As sementes são codiformes, tendendo à oblonga plana, apresentam superfície lisa lustrosa de cor marrom-clara, com presença de asa membranácea nas duas extremidades de coloração marrom clara transparente de até três centímetros de comprimento, sendo sua dispersão anemocórica (REITZ et al., 1988; CARVALHO, 1994).

A principal característica silvicultural da espécie é ser heliófila, com tolerância ao sombreamento moderado em sua fase jovem, aceitando plantios puros a sol pleno, principalmente nos solos férteis em plantios mistos associada com espécies pioneiras e, em enriquecimento de capoeiras ou capoeirões ao ser plantada em linhas ou faixas. Também apresenta desrama natural satisfatória, em

plantios adensados, porém na maioria dos casos necessita de poda, apresentando uma boa cicatrização. A espécie adapta-se bem aos solos com textura arenosa, úmidos, com boa drenagem, entretanto em solos com baixos teores de nutrientes o seu crescimento é limitado. Sua madeira é de excelente qualidade, maleável, resistente, com massa específica aparente entre 0,92 e 1,08 g/cm³ a 15% de umidade, sendo sua massa específica básica de 0,79 g/cm³. É considerada madeira de lei e utilizada para vários fins nobres, como móveis e aberturas. Porém, em um povoamento implantado com espaçamento de 2 x 2 m, num solo latossolo vermelho-amarelo, distrófico e podozólico, em Rio Formoso (PE), seu crescimento foi lento, obtendo-se, aos treze anos, um incremento médio anual com casca de 5,5 m³/ha/ano, um diâmetro médio de dez centímetros e altura média de 7,30 m (CARVALHO, 1994).

Em experimento de Toledo Filho e Parente (1982), em São Paulo, sob a sombra de povoamentos de *Pinus elliottii*, após vários desbastes, o ipê-roxo apresentou altura média de 2,44 m e diâmetro médio de 1,67 cm, aos oito anos de idade. Estudando o comportamento silvicultural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, *Cedrela fissilis* e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), em vegetação de capoeira originada da exploração intensiva em Floresta Estacional Decidual, na borda superior da Serra Geral do estado do Rio Grande do Sul, sob condições naturais, Schneider et al. (1992), a *Tabebuia impetiginosa* apresentou, aos 8 anos de idade, um desenvolvimento moderado tendo sofrido queima das ponteiros pelas baixas temperaturas (geadas), porém com tendências à recuperação, apresentando uma altura média de 1,4 m e máxima de 3,1 m, diâmetro médio de 2,3 cm com máximo de 4,5 cm. O problema da suscetibilidade do ipê-roxo às geadas, também foi constatado por Carvalho (1982) ao analisar

o comportamento de essências florestais nativas em dois locais no estado do Paraná, aos doze e 24 meses após o plantio.

Astronium balansae

O *Astronium balansae* tem sua madeira usada em postes, moirões e estruturas afins por apresentar alta resistência natural ao apodrecimento, apresentando também elevada dureza e alta resistência à flexão e ao choque. Como lenha também é apreciada apresentando poder calorífico superior à 4500 cal/g (REITZ et al., 1988; BELTRÃO et al., 1984; SCHULTZ, 1953).

Ocorre naturalmente na região da Campanha do Rio Grande do Sul, ao longo do Vale do rio Ibicuí, preferindo locais com afloramentos rochosos associados a solos mais evoluídos. Neste tipo de habitat (pedregoso) formam maciços com até 85% do volume comercial com casca da floresta (LONGHI, 1987).

A espécie é caracterizada como decídua, mediana e comumente apresenta de dez a quinze metros de altura com vinte a quarenta centímetros de diâmetro. Apresenta tronco um pouco tortuoso e casca densamente corticosa, estriada no corte transversal (REITZ et al., 1988; SCHULTZ, 1953). Tem um crescimento considerado rápido segundo Schultz (1953), com diâmetro médio de quinze centímetros aos 23 anos.

Sua madeira é empregada para confecção de postes, moirões e estruturas afins devido à alta resistência natural ao apodrecimento, tem elevada dureza e alta resistência à flexão e ao choque, com poder calorífico superior a 4.500 cal (REITZ et al., 1988; BELTRÃO et al., 1984; SCHULTZ, 1953).

Cordia trichotoma

Cordia trichotoma é conhecida com o nome popular de louro-pardo e ocorre no

sul, sudeste, centro-oeste e parte do nordeste do Brasil e países vizinhos. Trata-se de uma espécie secundária com tendência de pioneira, ocorrendo em vegetação no estágio de capoeira e capoeirão (CARVALHO, 1994). Árvore decidual de 25 a trinta metros de altura; atinge até um metro de diâmetro no DAP e cujo fuste reto e cilíndrico atinge até quinze metros de comprimento (REITZ et al., 1983). Quando jovem é tolerante ao frio, mas sofre com geadas tardias, sendo que, em florestas naturais, árvores adultas suportam até -11°C. Seu crescimento é do tipo monopodial quando jovem, apresentando crescimento moderado no Brasil. Chegando a incrementos volumétricos, aos dez anos, de 9,65 m³/ha/ano, e 10,70 m³/ha/ano. Na Argentina, pesquisas registraram 23 m³/ha/ano com casca aos treze anos de idade (CARVALHO, 1994). Reitz et al. (1983) cita que, em povoamentos tecnicamente manejados, pode atingir crescimentos superiores a 20 m³/ha/ano.

Sua madeira é amplamente empregada na confecção de mobiliário, revestimentos decorativos e na fabricação de aberturas e construção de embarcações. Na tornearia é uma madeira de bom acabamento que permite o fabrico de peças valiosas, como esculturas (LORENZI, 1998).

Segundo Reitz et al. (1983), as características silviculturais mais importantes são: o rápido crescimento inicial e a regeneração abundante e fácil, especialmente em lugares desflorestados ou degradados pela agricultura. A massa específica do louro fica entre 0,57 e 0,78 g/cm³ a 15% de umidade e possui grã direita. Suas propriedades físico-mecânicas mostram resistência mecânica e retratibilidade médias.

***Cedrela fissilis* Vellozo**

Cedrela fissilis Vellozo, conhecida popularmente como cedro-rosa ou cedro-

branco, é uma *Meliaceae* de porte arbóreo, com características de planta parcialmente umbrófila, no estágio juvenil, e heliófila, no estágio adulto. Por apresentar maior desenvolvimento sob condição menos intensa de luz, é adequada para plantios mistos (INOUE, 1977).

Encontrada nas florestas da Argentina e da Costa Rica, do nível do mar a cerca de 800 metros de altitude, a espécie é conhecida popularmente como cedro, sendo classificada como de ampla adaptação em toda a América Latina (MATOS, 1980; PENNINGTON; STYLES, 1981). Contudo, é uma espécie uniformemente rara (BAWA; ASHTON, 1991), ou seja, ocorre tipicamente em populações de baixa densidade (menos de um indivíduo por hectare). Apresenta dicogamia (protoginia), onde suas flores unissexuais amadurecerem em épocas diferentes. Portanto, considerada como uma espécie alógama (STYLES, 1972; CARVALHO, 1994). Sua polinização é entomófila, sendo as mariposas e as abelhas seus prováveis agentes polinizadores (MORELLATO, 1991; CARVALHO, 1994).

Dentre as principais espécies, cuja madeira é considerada leve, o cedro é a que apresenta maior diversidade de utilização. Com uma densidade aparente de 0,53 g/cm³ é indicada para móveis finos, folhas faqueadas para decoração, molduras, construções internas como venezianas, rodapés e outros usos (MAINIERI; CHIMELO, 1989). Estas características nobres da madeira provocaram a sua intensa e irracional exploração (PINAZZO, 1992), colocando a espécie sob severa erosão genética devido a perdas de indivíduos (FAO, 1986).

Por ser uma espécie que ocorre em baixas densidades, é vista com interesse por ambientalistas como uma espécie indicadora para a definição de áreas de reserva genética, pois necessita de grandes áreas para a sua conservação,

possibilitando assim sua preservação (KAGEYAMA; GANDARA, 1993).

Cabralea canjerana

A *Cabralea canjerana* é uma espécie arbórea pertencente à família Meliaceae, conhecida popularmente como canjarana (CARVALHO, 1994). Pode ser encontrada na Costa Rica, Guiana, Perú, Bolívia, Argentina, Paraguai (BACKES; IRGANG, 2002) e em vários estados do Brasil (CARVALHO, 1994). Sua madeira é uma das mais valiosas do Sul do Brasil, devido à sua ótima qualidade e à resistência satisfatória ao ataque de organismos xilófagos em condições favoráveis à decomposição (CARVALHO, 1994; BACKES; IRGANG, 2002), sendo usada nas construções civis, dormentes, marcenaria, confecção de caixas, embalagens, carpintaria e obras de escultura (CARVALHO, 1994; LONGHI, 1995).

Muitos autores conduziram estudos sobre as formas, as dimensões e as relações morfométricas da *Cabralea canjerana*, dentre eles, Burger (1939), Mayer (1958), Assmann (1961), Mitschelich (1978), Stampfer (1995), Durlo (1996) e Hasenauer (1997) a quem devem-se as primeiras caracterizações e modelos de copa.

A definição das principais características morfométricas das árvores, como manto de copa, volume de copa, grau de esbeltez, índice de saliência, índice de abrangência e formal de copa foram claramente expostas por Durlo e Denardi (1998).

A influência da posição sociológica sobre o tamanho e a forma das copas é muito marcante, como ressaltam Zimmermann e Brown (1974) e Mitscherlich (1978). Logo após o início da concorrência entre as árvores, em consequência do fechamento do espaço

aéreo pelas copas, começa a diferenciação de classes sociológicas, com alguns indivíduos se sobressaindo do dossel da floresta, enquanto outros são dominados por seus vizinhos. Por outro lado, também é conhecida a influência da proporção e vitalidade da copa sobre o crescimento diamétrico das árvores. Como consequência, as características morfométricas, que dependem de uma ou mais destas variáveis da copa, também serão determinadas pela posição sociológica dos indivíduos, tornando necessária a análise dessas relações, segregadas por estrato social. Para caracterizar as classes sociais das árvores, muitos pesquisadores propuseram diferentes formas de classificação sociológica, sendo a de Kraft (1884) uma das mais aceitas e conhecidas.

Para verificar as relações morfométricas, Stampfer (1995), em um estudo de árvores solitárias na Áustria, utilizou uma função logarítmica dupla. As funções logarítmicas provocam um aumento da dispersão dos menores valores e uma aproximação da nuvem de pontos na região dos valores extremos que, em geral, variam mais que os menores. Dessa forma, consegue-se satisfazer um dos condicionantes da regressão que exige a constância dos resíduos com a modificação da variável independente. Por outro lado, nas funções logarítmicas, a variável dependente não é a própria grandeza procurada, mas sim seu logaritmo. Ao deslogaritmizar os valores estimados pela regressão, resultam valores médios menores que os valores médios dos dados observados, não logaritmizados (MEYER, 1941). Para eliminar a discrepância logarítmica, deve-se, segundo Miller (1984), corrigir os valores estimados, somando-se a eles, a metade da variância ($S_e^2/2$).

A pesquisa das relações interdimensionais das árvores é importante, pois permite prever o espaço exigido pela árvore ao longo de

seu desenvolvimento, julgar a concorrência a que está submetida, além de possibilitar inferências sobre a estabilidade, vitalidade e produtividade de cada indivíduo. Assim sendo, serve como instrumento prático para intervenções silviculturais, especialmente quando não se conhece a idade das plantas. As relações das formas das árvores como diâmetro e altura, são importantes à medida que se trabalhe com o conceito de árvores-F (ABETZ; OHNEMUS, 1994). Conhecendo-se tais relações, a altura-meta (DURLO; DENARDI 1998) ou o diâmetro-meta (REINNINGER, 1987; DURLO; DENARDI, 1998) das árvores-F esses dados podem ser usados como indicativos de intervenções silviculturais, pois permitem antever o número adequado de árvores por unidade de área durante o desenvolver da floresta, liberando as demais para eventuais desbastes.

Atualmente, as variáveis de forma, de dimensões das árvores, as relações morfométricas e suas respectivas modificações, com o tempo, adquirem enorme importância, dada a possibilidade de criação de modelos de concorrência e de crescimento, valendo-se de árvores solitárias (HASENAUER, 1994; HASENAUER et al., 1995; PRETZSCH, 1995).

Pesquisas Locais

Ocotea pulchella (canela-lageana)

Scheeren et al. (2003) pesquisaram o crescimento em diâmetro, volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e a determinação do fator de forma comercial, para a espécie.

Para o ajuste dos dados de crescimento em diâmetro à altura do peito (dap) e volume comercial sem casca (VC_{sc}), foram testadas três equações matemáticas, sendo que todas apresentaram bom ajuste e poderiam ser utilizadas. No entanto, os autores deram

ênfase à equação Quadrática por ser prática e, portanto, a indicada para estimar os dados. Na estimativa do diâmetro e volume comercial sem casca, os valores estatísticos ficaram em 0,84 e 0,95, para o coeficiente de determinação; já o erro padrão da estimativa foi de 0,06 para o volume comercial sem casca e 0,05 para o diâmetro, apresentando coeficientes de determinação de 16,05 e 20,20% para o volume comercial sem casca e diâmetro respectivamente. As equações selecionadas ajustadas ficaram assim descritas:

$$VC_{sc} = 0,01170 + 0,00010 * t + 0,0000945 * t^2$$

$$dap = -0,01050 + 0,00610 * t - 0,0000091 * t^2$$

Onde: t = idade; VC_{sc} = volume comercial com casca; dap = diâmetro medido a 1,30 m do solo.

Graficamente, pode-se observar que o crescimento em diâmetro tende a uma reta proporcional (Figura 1) e o volume comercial sem casca apresentou uma curva também ascendente predizendo que as árvores ainda não atingiram a assíntota (Figuras 2).

Para o incremento corrente anual percentual em volume comercial sem casca (ICA%) e o fator de forma comercial (f), o modelo selecionado pelos autores e que apresentou as melhores estatísticas foi o de Backman, e coeficientes de determinação de 0,76 e 0,50, erro padrão da estimativa de 0,39 e 0,07, com coeficientes de variação de 7,14% e 8,63% respectivamente:

$$ICA\% = e^{-1,444 - 2,881 * \ln t - 0,482 * \ln^2 t}$$

$$f = e^{-0,581 - 0,655 * \ln t - 0,254 * \ln^2 t}$$

Onde: ICA% = incremento corrente anual em percentagem; ln = logaritmo natural; e = exponencial; t = idade; f = fator de forma comercial.

Observa-se que o incremento corrente anual percentual em volume comercial sem casca apresenta forma exponencial negativa,

diminuindo progressivamente com o aumento do diâmetro, indicando valores de 17,48% com dez anos e diâmetro de cinco centímetros, e na idade de cem anos, com um diâmetro de 50,9cm, o valor foi de 1,33% (Figura 3).

Na figura 4, observa-se que o fator de forma comercial aumenta até o diâmetro de 32cm ($f = 0,85$) e, após, sofre um decréscimo.

Outro estudo com a espécie foi feito por Spathelf et al. (2000), com cinco árvores, sendo quatro pertencentes ao estrato superior e uma do estrato médio, localizadas em Itaara (RS). As árvores de número 1, 2 e 3 com idade de 65 anos e a de número 5, com 62 anos, todas pertencentes ao estrato superior, apresentaram tendências de crescimento diamétrico

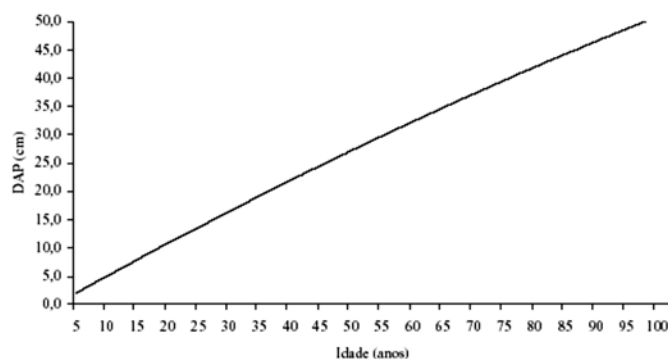


Figura 1. Crescimento em diâmetro em função da idade
Fonte: SCHEEREN et al., 2003

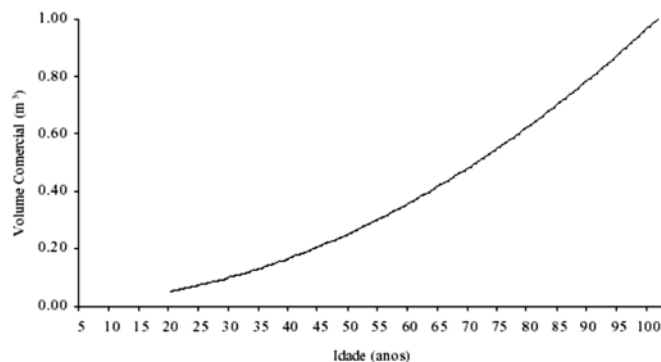


Figura 2. Crescimento do volume comercial sem casca em função da idade
Fonte: SCHEEREN et al., 2003

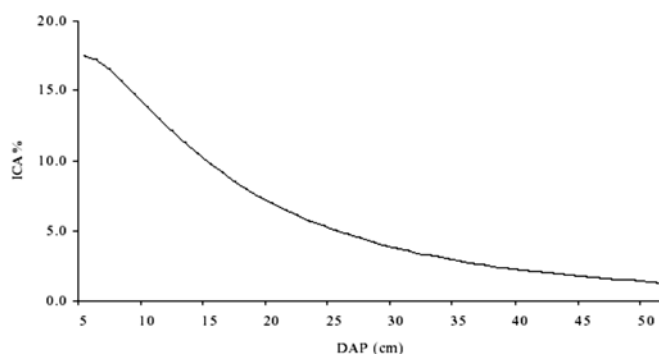


Figura 3. Incremento corrente anual em porcentagem do volume comercial sem casca em função do dap
Fonte: SCHEEREN et al., 2003

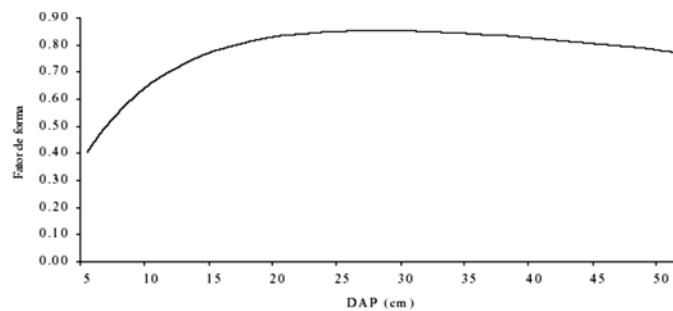


Figura 4. Evolução do fator de forma comercial em função do dap
 Fonte: SCHEEREN et al., 2003

semelhantes, alcançando um diâmetro entre 26,0 e 29,9 cm, representando um crescimento médio anual de 0,44 cm. A árvore de número 4, com quarenta anos, pertencente ao estrato médio, possui incremento inferior às demais, com crescimento médio anual em diâmetro de 0,28 cm, refletindo o estado de competição em que se encontrava na floresta (Figura 5).

***Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo)**

O estudo com a espécie foi realizado por Schneider et al. (2000), avaliando as

tendências de crescimento em diâmetro, volume comercial, incremento corrente anual em porcentagem do volume comercial, e o fator de forma comercial, utilizando três árvores adultas da espécie.

O modelo matemático que melhor representou os crescimentos em diâmetro e volume comercial, em função da idade, foi o de Backman, com coeficientes de determinação de 0,99 para ambos, erro padrão da estimativa de 0,03 e 0,05, com coeficientes de variação de 1,15% e -1,86% respectivamente, cujas funções com os coeficientes são:

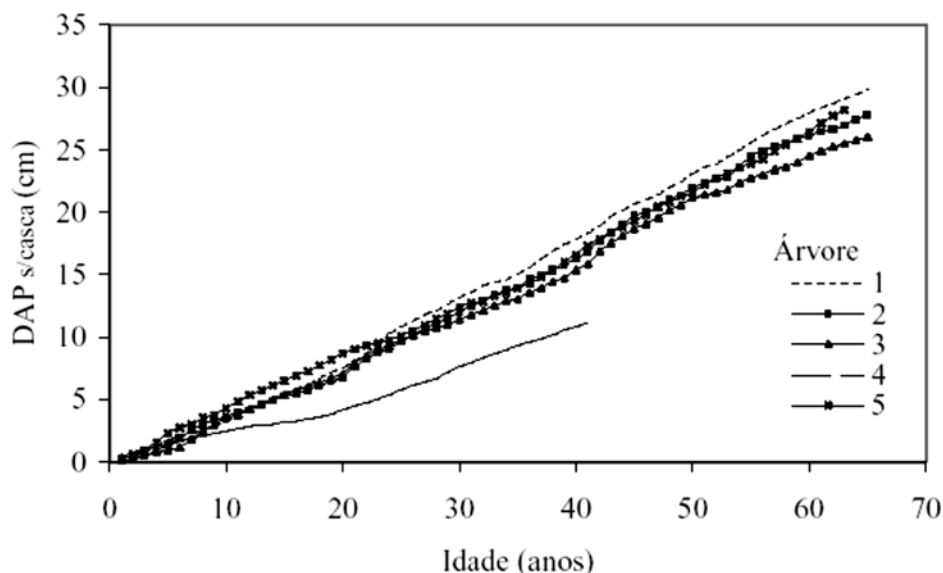


Figura 5. Crescimento diamétrico em função da idade
 Fonte: SCHEEREN et al., 2003

$$DAP = e^{-0,9686 + 1,1869 * \ln t + 0,0815 * \ln^2 t}$$

$$V = e^{-20,5238 + 10,3935 * \ln t - 1,3088 * \ln^2 t}$$

$$V = e^{-0,0193 + 0,0024 * \ln DAP + 0,0004 * \ln^2 DAP}$$

Onde: DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo; t = idade; e = exponencial; ln = logaritmo natural; V = volume comercial.

Observa-se na figura 6A e 6B que, tanto para o diâmetro como para o volume comercial, o crescimento apresenta-se ascendente, representando apenas a fase inicial de crescimento da espécie, demonstrando a necessidade da coleta de informações de árvores com idades maiores para atingir a assíntota.

A função de Backman também foi escolhida para estimar o incremento corrente anual em percentual do volume comercial (ICA%) e fator de forma comercial (f), cujas estatísticas apresentaram, para o coeficiente de determinação, valores de 0,99 e 0,34, com erro padrão da estimativa de 0,022 e 0,031, e coeficientes de variação de 0,71% e -9,09% respectivamente. Segundo os autores, a equação utilizada para estimar o fator de

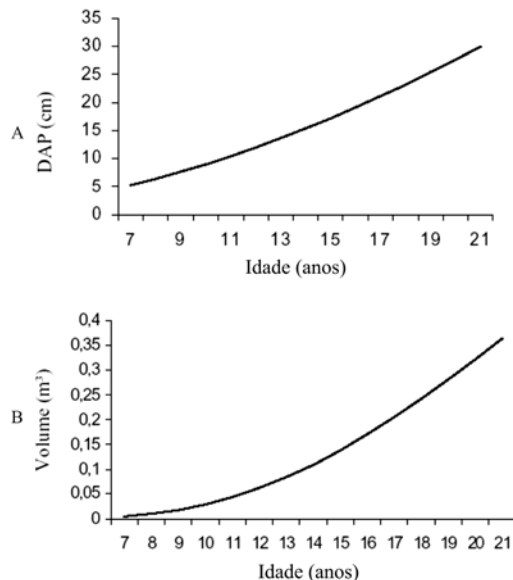


Figura 6. Crescimento em diâmetro (A) e em volume comercial (B) em função da idade
Fonte: SCHNEIDER et al., 2000

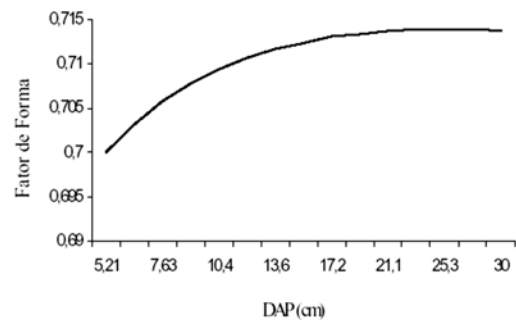


Figura 7. Tendência do fator de forma comercial em função do dap

Fonte: SCHNEIDER et al., 2000

forma artificial apresentou uma baixa precisão estatística devido à pouca correlação existente entre esse e o diâmetro (Figura 7).

$$ICA\% = e^{4,3681 + 0,0935 * \ln DAP - 0,1958 * \ln^2 DAP}$$

$$f = e^{-0,4178 + 0,0496 * \ln DAP - 0,0076 * \ln^2 DAP}$$

Onde: ICA% = incremento corrente anual em percentagem; e = exponencial; ln = logaritmo natural; DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo; f = fator de forma comercial.

Na figura 8, observa-se que o incremento corrente anual percentual do volume comercial apresenta forma exponencial negativa, diminuindo progressivamente com o aumento do diâmetro.

***Astronium balansae* (pau-ferro)**

Trabalhando com a espécie, Finger et al. (1996) avaliaram o crescimento em

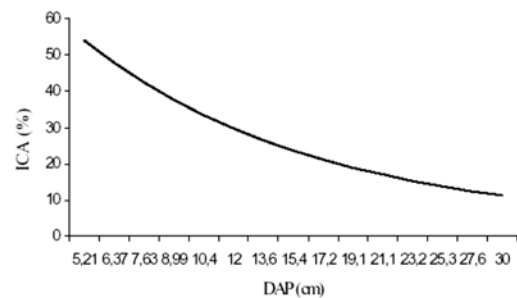


Figura 8. Incremento corrente anual em percentagem do volume comercial em função do dap

Fonte: SCHNEIDER et al., 2000

povoamento no município de São Sepé/RS, com idade de 12 anos, modelando o crescimento diamétrico e os incrementos médio e corrente anual para árvores do estrato dominante e dominado.

O coeficiente de determinação das duas funções ajustadas apresentaram valores iguais de 99,9 com, 1,9 e 2,8 para o erro padrão da estimativa, respectivamente, sendo os modelos apresentados a seguir e os valores estimados e os observados representados na figura 9.

Onde: d = diâmetro; e = exponencial; t = idade.

$$d_{\text{estrato dominante}} = e^{-5,602745 - \frac{10,056842}{t} + \frac{4,185499}{t^3}}$$

$$d_{\text{estrato dominado}} = 1/\sqrt{-0,000301 + (0,054639/t^2) + 0,00000014*t^3 - (0,034367/t^3)}$$

A análise do gráfico mostra que, nas idades iniciais, as árvores que hoje estão no estrato inferior eram as mais altas e essa dominância foi decrescendo até a idade aproximada de 3,5 anos, onde as árvores pertencentes ao estrato dominante hoje, passaram a ter incrementos superiores, atingem a idade de doze anos com o dobro do diâmetro das árvores pertencentes ao estrato dominado.

A modelagem para descrever o incremento corrente anual em diâmetro (ICA_d) de ambos os estratos apresentaram, para o coeficiente de determinação, valores de 91,4 e 39,6, para o erro padrão da estimativa,

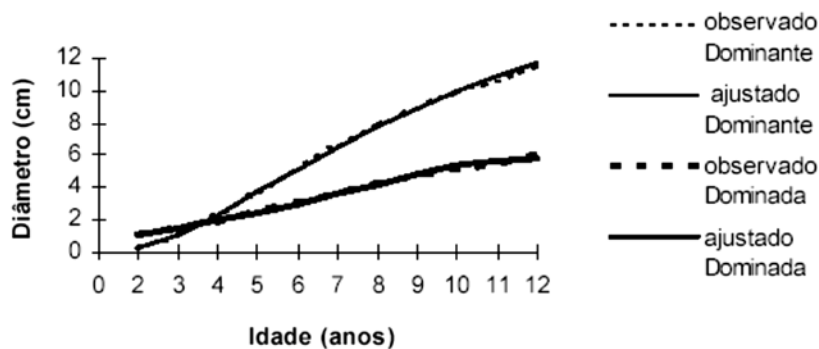


Figura 9. Valores observados e ajustado de diâmetro em função da idade para árvores dominantes e dominadas
 Fonte: FINGER et al., 1996

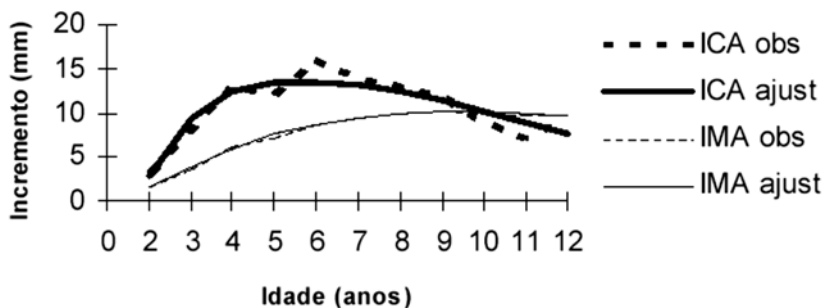


Figura 10. Valores observados e ajustado do incremento corrente anual e médio anual em diâmetro da árvore dominante
 Fonte: FINGER et al., 1996

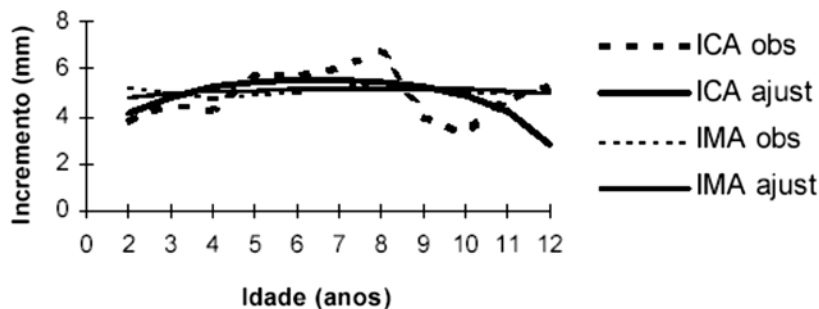


Figura 11. Valores observados e ajustado do incremento corrente anual e médio anual em diâmetro da árvore dominada

Fonte: FINGER et al., 1996

$$ICA_{dominantes} = e^{2,754938 - 0,000424 * t^3 - \frac{13,551112}{t^3}}$$

$$ICA_{dominadas} = \sqrt[3]{-45,380078 + 67,678125 - 5,169922 * t^2}$$

valores de 6,7 e 54,1, cujas estimativas estão sendo comparadas com dados observados na figuras 10 e 11.

Onde: ICA = incremento corrente anual em diâmetro; e = exponencial; t = idade.

Na figura 12, são apresentados os volumes observados e estimados de árvores dos estratos dominante e dominado, onde o

coeficiente de determinação é de 99,9% e o erro padrão da estimativa de -0,6%, para os modelos ajustados, cujas funções ajustadas são apresentadas a seguir.

$$V_{dominante} = e^{-2,0914 - 0,0005 * t^3 + 3,9568 * \ln t}$$

$$V_{dominado} = e^{-2,9324 + (8,3121 / t) + 4,5148 * \ln t - 0,4770 * \ln t^2}$$

Onde; V = volume; e = exponencial; ln = logaritmo natural; t = idade.

Cordia trichotoma (louro-pardo)

Scheeren et al. (2002), para modelar o crescimento da espécie em diâmetro, volume

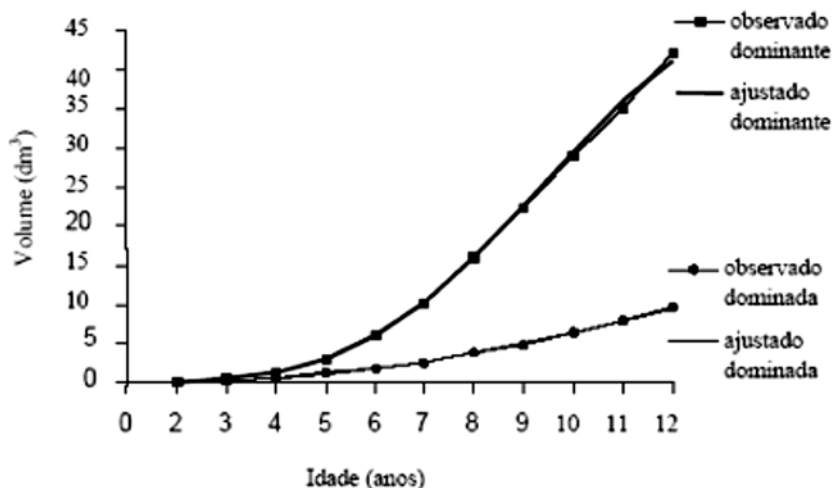


Figura 12. Volumes observados e estimados para o pau-ferro com doze anos de idade

Fonte: FINGER et al., 1996

Nota: A observação que se faz no gráfico é de que na idade de doze anos, as árvores do estrato dominante apresentam um volume 4,5 vezes maior que as árvores do estrato dominado.

comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e do fator de forma comercial, utilizou árvores do estrato médio e superior de idades entre 56 e 88 anos.

Os modelos selecionados para estimar o crescimento em diâmetro e volume comercial sem casca, em função da idade, foi o Quadrático. Os modelos apresentaram coeficientes de determinação de 0,99 e 0,71, erro padrão da estimativa de 0,01 e 0,12, e coeficiente de variação de 5,17 e 27,33 respectivamente (Figuras 13 e 14).

$$DAP = -0,0816 + 0,0083 * t - 0,00004 * t^2$$

$$V = -0,448 + 0,02097 * t - 0,0000758 * t^2$$

Onde: DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo; t = idade; V = volume.

A estimativa do incremento corrente anual em volume comercial sem casca (ICA) demonstrou melhor ajuste com o uso da função de Backman, cujo coeficiente de determinação é de 0,79, o erro padrão da estimativa de 0,26 e o coeficiente de variação de 4,34% (Figura 15).

$$ICA\% = e^{-1,9272 - 3,364 * \ln DAP - 0,577 * \ln^2 DAP}$$

Onde: ICA% = incremento corrente anual em percentagem; e = exponencial; ln = logaritmo natural; DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo.

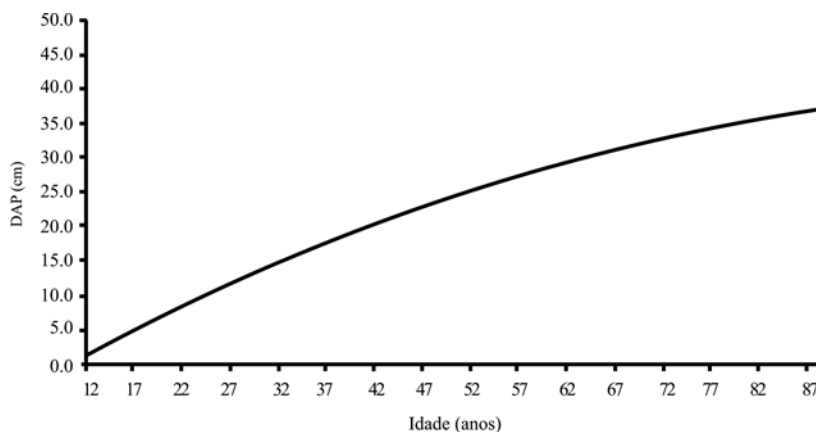


Figura 13. Crescimento em diâmetro ao nível do dap em função da idade
Fonte: SCHEEREN et al., 2002

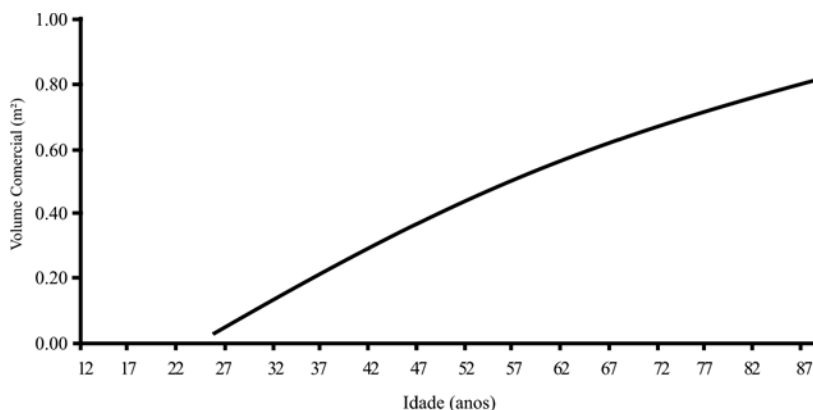


Figura 14. Crescimento do volume comercial sem casca em função da idade
Fonte: SCHEEREN et al., 2002

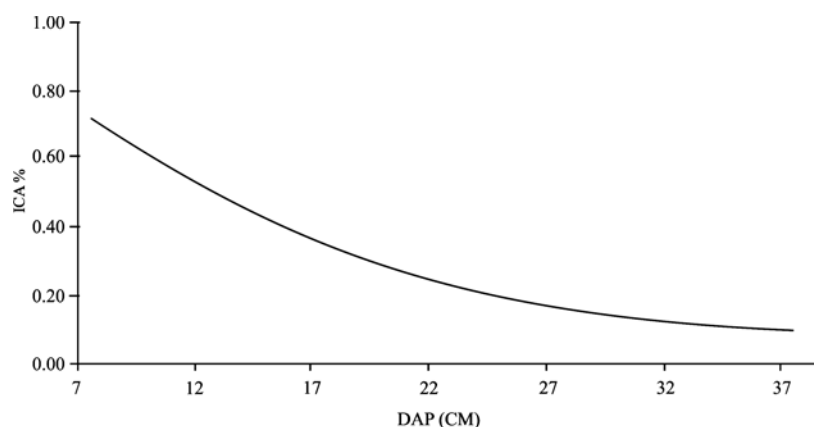


Figura 15. Incremento corrente anual em porcentagem do volume comercial sem casca em função do dap
 Fonte: SCHEEREN et al., 2002

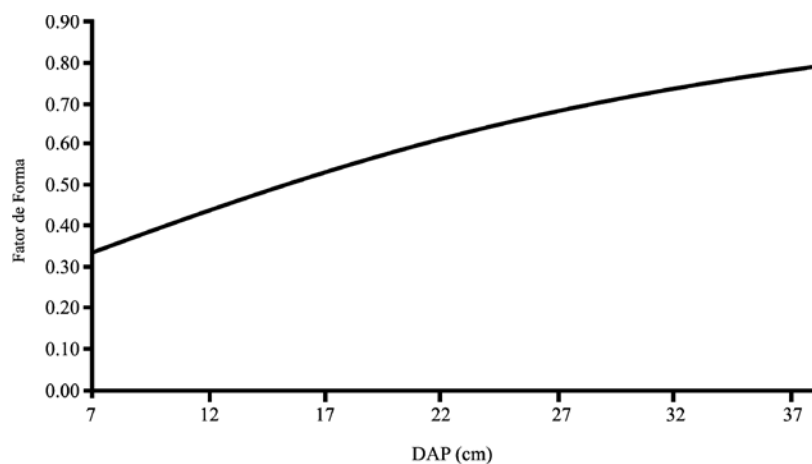


Figura 16. Fator de forma comercial em função do dap
 Fonte: SCHEEREN et al., 2002

Para representar o fator de forma comercial, a função Quadrática apresentou uma boa precisão estatística, com coeficiente de determinação de 0,89, erro padrão da estimativa de 0,03 e coeficiente de variação de 4,44% (Figura 16).

$$f = 0,359 + 0,630 + 0,040 * DAP^2$$

Onde: f = fator de forma; DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo.

***Cedrela fissilis* (cedro)**

A modelagem da copa para a espécie foi estudada por Durlo, Sutili e Denardi

(2004). Para estes autores, o manejo de florestas e povoamentos florestais, com vistas à sustentabilidade da produção, interessa, além do crescimento volumétrico do tronco, o crescimento e as modificações da forma das copas, sendo esta, imprescindível para conhecer as exigências de espaço vital das diferentes espécies, para a modelagem da concorrência e do crescimento de florestas ou povoamentos florestais a partir de árvores singulares.

No trabalho, os autores utilizam o conceito de série dimensional, em substituição às séries cronológicas, para calcular diversos

índices morfométricos, modelando o desenvolvimento da copa de *Cedrela fissilis*. Para isso, selecionaram 22 árvores nos arredores de Santa Maria/RS, que foram fotografadas em duas posições (ângulo de 90° entre as fotos).

Com uma representação bidimensional da copa, mostrada na figura 17, ainda não é possível obter estimativas de volume e superfície de copa. No entanto, se cada curva de raio de copa for girada de forma completa (360°) sobre o eixo da copa, obtêm-se sólidos de revolução, correspondentes às copas tridimensionais

para cada DAP. Assim, é possível calcular a área de projeção, a área do manto e o volume das copas. A demonstração, para as curvas produzidas de (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 cm de DAP), podem ser vista na figura 18.

Dessa forma, são modeladas as copas, podendo-se obter diretamente o diâmetro, a altura, a área de projeção, o manto total ou parcial e o volume da copa de cada árvore. Esses dados, provenientes de árvores singulares, são indispensáveis para a formulação de modelos de crescimento, utilizando o conceito de

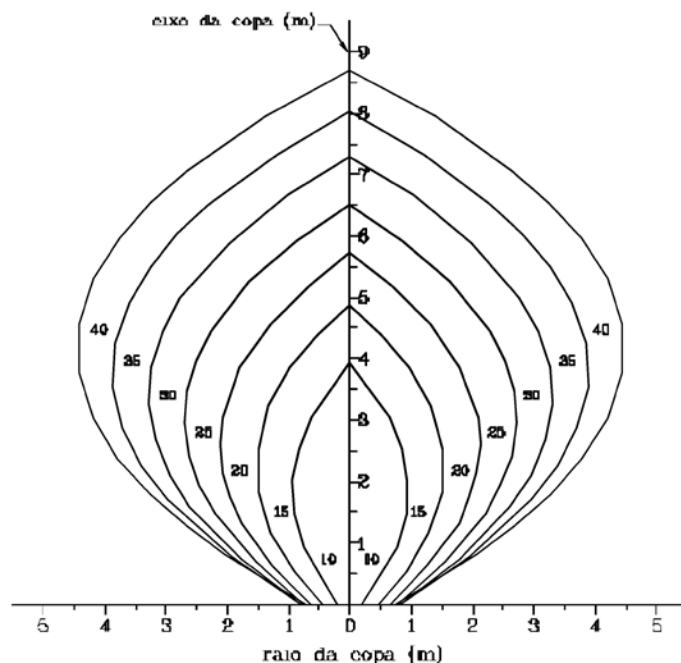


Figura 17. Vista em corte longitudinal das copas de cedro com diferentes diâmetros
 Fonte: DURLO, SUTILI e DENARDI, 2004

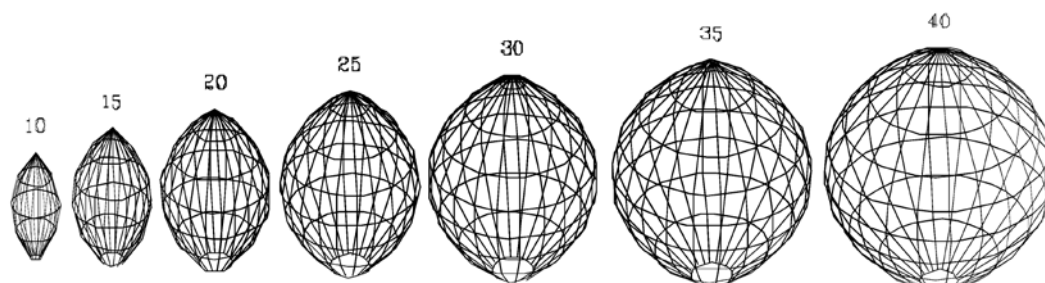


Figura 18. Visão tridimensional das copas de cedro para 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 cm de DAP
 Fonte: DURLO, SUTILI e DENARDI, 2004

Tabela 1. Variáveis morfométricas calculadas para cedros com diferentes diâmetros a altura do peito

Variáveis	dap (cm)						
	10	15	20	25	30	35	40
Altura total (h, m)	5,8	7,7	9,0	10,0	10,8	11,5	12,1
Comprimento de copa (l, m)	3,9	4,9	5,7	6,5	7,3	8,0	8,7
Diâmetro de copa (dc, m)	1,9	3,0	4,2	5,4	6,5	7,8	8,9
Proporção de copa (l/h)	0,67	0,64	0,63	0,65	0,68	0,70	0,72
Grau de esbeltez (h/DAP)	58	51	45	40	36	33	30
Índice de saliência(dc/DAP)	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22
Índice de abrangência (dc/h)	0,33	0,39	0,47	0,54	0,60	0,68	0,74
Formal de copa (dc/l)	0,49	0,61	0,74	0,83	0,89	0,98	1,02
Projeção de copa (m ²)	2,8	7,3	13,8	23,1	33,5	47,2	62,6
Manto total de copa (m ²)	17	37	63	94	131	173	219
Volume de copa (m ³)	6	20	45	84	138	209	299

dimensões potenciais das árvores para a determinação da concorrência. Com os dados, podem ainda ser calculadas diversas variáveis morfométricas importantes para a silvicultura (Tabela 1).

Também é possível ajustar modelos matemáticos para a simulação de outras variáveis de grande interesse, como volume da copa, manto da copa e grau de esbeltez, com uma precisão do coeficiente de determinação de 0,76 para o modelo genérico.

$$V_{\text{copa}} = 31,455 - 5,4246 \cdot \text{DAP} + 0,3016 \cdot \text{DAP}^2$$

$$\text{MC} = -9,0296 + 1,5025 \cdot \text{DAP} + 0,1052 \cdot \text{DAP}^2$$

$$\text{GE} = 74,143 - 1,8024 \cdot \text{DAP} + 0,0176 \cdot \text{DAP}^2$$

Onde: V_{copa} = volume da copa; MC = manto da copa; GE = grau de esbeltez; DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo.

Cabralea canjerana (Canjerana)

Durlo (2001), estudando as relações morfométricas para a espécie em uma floresta secundária da encosta sul do planalto sul-

rio-grandense, chegou a interessantes dados. Segundo o autor, de forma genérica, pode-se afirmar que, em qualquer posição social, a altura da inserção da copa, o diâmetro da copa e a porcentagem de copa crescem à medida que aumenta a altura das canjeranas. Para a altura da inserção, assim como para o diâmetro de copa, esse comportamento era esperado. Porém, para o incremento da porcentagem de copa, com o aumento da altura e o simultâneo aumento da altura da inserção da copa parecem contradizer-se. Essa aparente contradição, entretanto, apenas demonstra que, nas condições do estudo, a velocidade do ganho de copa (crescimento apical) é maior que a velocidade de mortalidade dos galhos (perda de copa: de baixo para cima), como pode ser visto na tabela 2.

Ao contrário, o grau de esbeltez, o índice de saliência, com exceção da posição social intermediária cujo F não foi significativo e, o formal de copa, tendem a diminuir com o aumento da altura das árvores.

Tabela 2. Estatísticas e coeficientes para variáveis da copa, pela altura, em três classes sociológicas (Kraft), ajustados pela função $\ln(vc) = a + b * \ln(h)$

Variáveis	CS	n	a	b	R ²	F	S _e
Altura da inserção da copa (ic)	1 e 2	94	-0,301	0,8073	0,27	0	0,29
	3	46	0,757	0,4290	0,15	0,0080	0,21
	4 e 5	22	0,217	0,6670	0,65	0	0,20
Diâmetro de copa (dc)	1 e 2	94	-0,914	0,9299	0,37	0	0,26
	3	46	-2,469	1,4876	0,63	0	0,23
	4 e 5	22	-0,640	0,7132	0,52	0	0,28
Porcentagem de copa (l/h*100)	1 e 2	94	3,228	0,2757	0,06	0,0188	0,24
	3	46	10836	0,7972	0,29	0,0001	0,26
	4 e 5	22	1,791	0,8154	0,51	0,0001	0,33
Grau de esbeltez (h/dap)	1 e 2	94	4,711	-0,245	0,05	0,0675	0,28
	3	46	5,237	-0,372	0,12	0,0173	0,20
	4 e 5	22	4,354	0,094	0,02	0,5184	0,27
Índice de saliência (dc/dap)	1 e 2	94	3,567	-0,215	0,07	0,0076	0,16
	3	46	2,768	0,116	0,01	0,4379	0,20
	4 e 5	22	3,713	-0,193	0,23	0,0210	0,14
Índice de abrangência (dc/h)	1 e 2	94	-1,143	0,0297	0,00	0,8291	0,29
	3	46	-2,469	0,4876	0,15	0,0062	0,23
	4 e 5	22	-0,640	-0,287	0,15	0,0692	0,28
Formal de copa (dc/l)	1 e 2	94	0,2334	-0,246	0,03	0,0989	0,31
	3	46	0,3004	-0,310	0,03	0,2296	0,35
	4 e 5	22	2,1741	-1,102	0,47	0,0003	0,47

Nota: Em que: CS = Classe sociológica de Kraft; n = número de observações; a, b = coeficientes estimados; R² = coeficiente de determinação; F = nível de significância; S_e = erro padrão da estimativa; h = altura; vc = variável da copa; ln = logaritmo natural.

A diminuição do grau de esbeltez, com o aumento da altura das árvores, significa que estas, a cada metro que crescem em altura, crescem mais que um centímetro em dap, tornando-se mais robustas e estáveis.

Da mesma forma, a diminuição do índice de saliência indica que, proporcionalmente, o diâmetro de copa incrementa menos que o dap, ao longo do crescimento em altura da canjerana. A maioria das características de

copa é mais fortemente relacionada com o dap do que com a altura das árvores, como pode ser observado. Isso pode ser atribuído à menor reação do incremento em altura frente à concorrência, quando comparada com a reação do incremento diamétrico. Uma segunda explicação feita pelo autor, de ordem metodológica, seria a dificuldade de visualizar a base ou o ápice da copa e a possível imprecisão da medição da altura (Tabela 3).

Tabela 3. Estatísticas e coeficientes para variáveis da copa, pelo diâmetro, em três classes sociológicas (Kraft), ajustados pela função $\ln(vc) = a + b * \ln(dap)$

Variáveis	CS	n	a	b	R ²	F	S _e
Altura total (h)	1 e 2	94	1,3919	0,3913	0,49	0	0,16
	3	46	1,1579	0,4731	0,65	0	0,12
	4 e 5	22	0,5576	0,7236	0,66	0	0,24
Altura da inserção da copa (ic)	1 e 2	94	1,1627	0,2089	0,06	0,0196	0,33
	3	46	1,2058	0,2205	0,11	0,0215	0,21
	4 e 5	22	0,4938	0,5260	0,51	0,0004	0,24
Diâmetro de copa (dc)	1 e 2	94	-1,108	0,8435	0,81	0	0,16
	3	46	-1,371	0,9333	0,71	0	0,20
	4 e 5	22	-0,924	0,8264	0,87	0	0,14
Porcentagem de copa (l/h*100)	1 e 2	94	3,2879	0,2099	0,11	0,0012	0,23
	3	46	2,7371	0,3853	0,19	0,0019	0,27
	4 e 5	22	2,3429	0,5457	0,28	0,0089	0,39
Grau de esbeltez (h/dap)	1 e 2	94	5,9971	-0,609	0,70	0	0,16
	3	46	5,7631	-0,527	0,70	0	0,12
	4 e 5	22	5,1627	-0,276	0,22	0,0250	0,24
Índice de saliência (dc/dap)	1 e 2	94	3,4968	-0,157	0,12	0,0004	0,16
	3	46	3,2340	-0,067	0,01	0,4470	0,20
	4 e 5	22	3,6810	-0,174	0,23	0,0199	0,14
Índice de abrangência (dc/h)	1 e 2	94	-2,500	0,4522	0,37	0	0,23
	3	46	-2,529	0,4602	0,40	0	0,19
	4 e 5	22	-1,482	0,1028	0,02	0,4812	0,30
Formal de copa (dc/l)	1 e 2	94	-1,183	0,2422	0,09	0,0032	0,30
	3	46	-0,661	0,0749	0,01	0,6228	0,35
	4 e 5	22	0,7806	-0,443	0,10	0,1499	0,62

Nota: Em que: CS = Classe sociológica de Kraft; n = número de observações; a, b = coeficientes estimados; R² = coeficiente de determinação; F = nível de significância; S_e = erro padrão da estimativa; dap = diâmetro medido a 1,30 m do solo; vc = variável da copa; ln = logaritmo natural.

A altura da inserção da copa relaciona-se significativamente com o dap das canjeiras. Embora o coeficiente de determinação não tenha sido elevado, pode-se afirmar que, quanto maior o dap das árvores, maior a altura do fuste livre de galhos. O diâmetro de copa e porcentagem de copa também crescem, à medida que cresce o dap. O aumento da altura de inserção da copa, em razão do crescimento diamétrico, parece contradizer-se com o crescimento simultâneo da porcentagem de copa. Esse fato foi constatado e interpretado ao relacionar-se a altura da inserção da copa com a altura total.

A correlação do grau de esbeltez com o dap das canjeiras é bem superior à constatada entre essa mesma variável e a altura total das árvores. À medida em que as árvores engrossam, diminui seu grau de esbeltez.

O sinal negativo do coeficiente b evidencia que o índice de saliência decresce à medida que a árvore engrossa. Essa tendência é válida para os três estratos sociológicos estudados, embora o coeficiente de determinação acuse uma dependência, relativamente, fraca. Essa relação decrescente é uma característica desejável, pois quanto mais grossas as árvores,

para cada centímetro de crescimento do tronco, relativamente menor se torna o incremento da área de projeção da copa.

$$d_{\text{estrato dominante}} = e^{-5,602745 - \frac{10,056842}{t} + \frac{4,185499}{t^2}}$$

$$d_{\text{estrato dominado}} = 1/\sqrt{-0,000301 + (0,054639/t^2) + 0,00000014*t^3 - (0,034367/t^3)}$$

$$ICA_{\text{dominantes}} = e^{2,754938 - 0,000424*t^2 - \frac{13,551112}{t^3}}$$

Considerações Finais

$$ICA_{\text{dominadas}} = \sqrt[3]{-45,380078 + 67,678125 - 5,169922*t^2}$$

$$V_{\text{dominante}} = e^{-12,0914 - 0,0009*t^3 + 3,9568*\ln t}$$

Os resultados obtidos referentes à

$$V_{\text{dominado}} = e^{-12,9324 + (8,3121/t) + 4,5148*\ln t - 0,4770*\ln t^2}$$

Ocotea pulchella, para a região central do estado do Rio Grande do Sul, indicam que o crescimento em diâmetro e volume comercial sem casca são bem estimados pelas funções testadas, porém a Quadrática foi a selecionada pela sua simplicidade. Já a estimativa do incremento corrente anual e o fator de forma são melhores estimados pelo modelo de Backman.

Também é possível afirmar que árvores situadas no estrato superior da floresta apresentaram tendências de crescimento diamétrico superiores às árvores pertencentes ao estrato médio.

Para espécie *Tabebuia impetiginosa*, a função de Backman apresentou um excelente ajuste e ótima precisão estatística tanto para o diâmetro à altura do peito, volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial.

Na realização de estudos para modelagem de *Astronium balansae* visando estimar o crescimento em diâmetro, os incrementos corrente anual e volume comercial, permitiram obter estimativas precisas destas grandezas através das seguintes funções:

Para a *Cordia trichotoma* o modelo que melhor representa o crescimento em diâmetro e fator de forma comercial é a função Quadrática; já o incremento corrente anual em percentagem do volume comercial tem seu melhor ajuste pelo modelo de Backman, com boa precisão estatística.

No estudo com *Cedrela fissilis*, foi possível demonstrar uma metodologia simples e eficaz para modelar a copa da espécie. Os resultados obtidos levaram à formulação de alguns modelos como o do volume e manto da copa, grau de esbeltez, além de uma série de outras variáveis, com uma boa estatística para os ajustes.

Quanto a *Cabralea canjerana* é possível afirmar que a metodologia de substituição da cronossérie por uma série diamétrica, nas condições do estudo aqui apresentado, produziu resultados aproveitáveis para a percepção de várias relações morfométricas da canjerana. De forma geral, pode-se afirmar que existem relações estatísticas significativas entre diversas variáveis morfométricas da canjerana e as dimensões de seu diâmetro e sua altura, respectivamente.

Referências

ABETZ, P.; OHNEMUS, K. Der Z-Baum-Bestockungsgrad (Definition, Herleitung, Anwendung) *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung (AFJZ)*. v. 165. Jg., n. 10-12, p. 177-185, 1994.

- ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. München: Bayr. Landw. Verlag., 1961.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. p. 200-201.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa/CNPF- SPI, 1994. p. 107-112.
- LONGHI, R. A. **Livro das árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: L&PM EDITORES, 1995. p. 174.
- BAWA, K. S.; ASHTON, P. S. Conservation of rare trees in tropical rain forests: a genetic perspective. In: HOISINGER, D.; FALK, A. (Ed.) **Genetics and conservation of rare plants**. St Louis, MO. p. 62-74. 1991.
- BELTRÃO, L.; VASCONCELLOS, J. M. de; FROSI, R. Desenvolvimento de tecnologia para exploração florestal do “Pau-ferro” (*Astronium balansae*) Engl.). In.: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984. Nova Prata, RS. **Anais ...** Nova Prata, 1984, v. 2, p. 521-523.
- BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*, Wesen, v. 21, p. 147-176, 1939.
- CARVALHO, P. E. R. Comportamento de essências florestais nativas e exóticas em dois locais do Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1982, Belo Horizonte, 4., 1982, Belo Horizonte, **Anais ...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1982. p. 262-266.
- _____. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. 674p.
- DURLO, M. A. **Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwälder Südbrasilien**. 1996, 175 f. Dissertation (Doktorgrades) - Institut für Waldwachstumsforschung, Universität für Bodenkultur, Wien, Austria.
- _____; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89. 2004.
- _____. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149. 2001.
- 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.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Databook on endangered tree and shrub species and provenances**. Rome: 1986. 524p.

FINGER, C. A. G.; ELEOTÉRIO, J. R.; BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 101-108. 1996.

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

_____. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. **Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur**, Institut für Waldwachstumsforschung, Wien. v. 8, p. 1-152, 1994.

_____; MOSER, M.; ECKMÜLLNER, O. Ein Programm zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. **Allgemeine Forstzeitung**, v. 4, p. 216-218, 1995.

INOUE, M. T. A Auto-ecologia do gênero *Cedrela*: efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade luminosa. **Floresta**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 58-61, 1977.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação. In: CONGRESSO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1993. **Anais...** Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1993. p. 115-125.

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

LONGHI, S. J. Aspectos fitossociológicos de uma floresta natural de *Astronium balansae* ENGL., no Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 17 n. 1-2 p. 49-61, 1987.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. São Paulo: Ed. Plantarum, v. 1, 1998. 368p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 418p.

MATTOS, J. R. **Contribuição ao estudo do cedro – *Cedrela fissilis* Vell.** Porto Alegre, RS: Instituto de Pesquisas de recursos Naturais Renováveis “AP”, 1980. 54p. Publicação IPRNR”AP” n. 4.

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

MEYER, A. A correction term for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. **The Pennsylvania State Forest School: Research Paper**, v. 7, p. 1-7, 1941.

MILLER, D. M. Reducing transformation bias in curve fitting. **The American Statistician**, v. 38, n. 2, p. 125-126, 1984.

MITSCHERLICH, G. **Wald, Wachstum und Umwelt**: eine einföhrung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Erster Band: Form und Wachstum von Baum und Bestand. II Auflage. J.D. Frankfurt: Sauerländer's Verlag, 1978.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 1991. 176 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Campinas/Instituto de Biologia, Campinas, SP.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T. Meliaceae. **Flora Neotropica**. New York: New York Botanical Garden, 1981. 470p. Monograph, v. 28.

PINAZZO, J. Especies forestales del Paraguay en peligro de extinción. **Revista Florestal**, Assunción, v. 8, n. 1, p. 14-15, 1992.

PRETZSCH, H. Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung **Forstwissenschaftliches Centralblatt**, v. 14, p. 188-209, 1995.

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

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: HBR/SUDESUL/SAA-DRNR, 1988. 525 p.

_____. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1983. 524p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Ed. Bluecher Ltda, 1971. 294p.

SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. Ex Nees, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 137-144. 2003.

SCHEREN, 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, P. R.; FINGER, C. A. G.; FARIAS, J. A. et al. Comportamento silvicultural de algumas espécies plantadas sob capoeira na Depressão Central do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata, 1992. p. 1037-1047.

SCHNEIDER, P. S. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de ipê-roxo, *Tabebuia impetiginosa* Martius ex A.P. de Condolle, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 91-100. 2000.

SCHULTZ, A. R. Pau-ferro no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico**, n. 23. 1953. 9p.

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

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

STYLES, B. T. The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 21, n. 5, p. 175-182, 1972.

TOLEDO FILHO, D. V.; PARENTE, P. R. Essências indígenas sombreadas. **Silvicultura**, n. 16, p. 984-958, 1982.

ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees structure and function**. New York: Springer Verlag. 1974. 336 p.