

MODELAGEM DA COPA DE *Cedrela fissilis* Vellozo

CROWN MODEL OF *Cedrela fissilis* Vellozo

Miguel Antão Durló¹ Fabrício Jaques Sutili² Luciano Denardi²

RESUMO

Para 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. Esse parâmetro é imprescindível para conhecer as exigências de espaço vital das diferentes espécies e para a modelagem da concorrência e do crescimento de florestas ou povoamentos florestais a partir de árvores singulares. O trabalho utiliza o conceito de série dimensional, em substituição às séries cronológicas, para calcular diversos índices morfométricos e modelar o desenvolvimento da copa de *Cedrela fissilis*, com o objetivo principal de demonstrar a metodologia de trabalho. Para isso, foram selecionadas 22 árvores nos arredores de Santa Maria – RS, que foram fotografadas em duas posições (ângulo de 90° entre as fotos). Com base nestas fotos, foi possível reconstruir tridimensionalmente as copas. A metodologia utilizada mostrou-se simples e eficaz, permitindo calcular diversas variáveis de interesse. Ficou comprovado ser possível obter, de forma relativamente simples, os modelos de copa, indispensáveis para quantificação da concorrência com base no sombreamento de projeções ou na interseção de volume de copas, utilizados com frequência na modelagem de crescimento florestal a partir de árvores singulares.

Palavras-chave: morfometria; manejo florestal; concorrência florestal; árvores singulares.

ABSTRACT

For management of native forests, aiming the sustainability of wood production, it is of concern, besides its volumetric growth, the growth and modifications in the shape of tree crown. This parameter is necessary to know the demands of vital space of different species as well as the modelling of competition and growth of forest settlements, starting from singular trees. This work uses the concept of dimensional series replacing the chronological series to calculate several morphometric indexes and to model the development of *Cedrela fissilis* crown, with the main objective of demonstrating the procedure. In this regard, 22 trees were selected in the surroundings of Santa Maria – RS, that were photographed in two positions (angle of 90° between pictures). Supported by these pictures, it was possible to construct a three-dimensional crown model. The methodology was shown to be simple and effective, allowing to calculate several variables of interest. It was demonstrated that it is possible to obtain, in a relatively simple way, the tree crown model, indispensable to quantify the competition, based on crown surface or volume overlap, used frequently in modelling of forest growth, starting from singular trees.

Key words: crown model; forest management; forest competition; singular trees.

INTRODUÇÃO

O ritmo de crescimento das árvores solitárias, isto é, o crescimento livre de concorrência, é conhecimento importante para o eventual manejo das florestas e povoamentos florestais, com vistas à sustentabilidade da produção. Nesse sentido, interessa não apenas o crescimento volumétrico da madeira, expresso pelo incremento em diâmetro e altura e pela modificação do fator de forma, mas, em maior nível de importância, também o crescimento e as modificações da forma da copa. As formas e dimensões da copa das árvores crescidas livres de concorrência são balizas determinantes para as intervenções silviculturais, quando essas estiverem crescendo em maciços florestais. Algumas espécies têm copas estreitas e alongadas, bem esbeltas, ocupando pequenas áreas de projeção horizontal, enquanto outras, copas curtas, porém cobrindo áreas maiores. Essas formas podem, ainda, sofrer modificações em função da idade das árvores. As intervenções silviculturais, com vistas à melhoria do incremento dos indivíduos de maior valor, não podem, portanto, prescindir do conhecimento das exigências de espaço vital das diferentes espécies, com o passar do

1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). migueldurló@smail.ufsm.br

2. Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).

tempo. Conhecer as dimensões e o ritmo de alteração da copa de árvores solitárias é também pré-requisito para a modelagem da concorrência e do crescimento de florestas e de povoamentos florestais, a partir de árvores singulares. Tais informações podem ser obtidas pelo estudo morfométrico de árvores solitárias. Utilizando-se do conceito de série dimensional (série diamétrica) (Durlo, 2001), em substituição às séries cronológicas, foram calculados diversos índices morfométricos e modelado o desenvolvimento da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo, a partir de árvores solitárias, com o objetivo principal de demonstrar uma possível metodologia de trabalho.

REVISÃO DE LITERATURA

Muitos autores conduziram diversos estudos sobre a forma das árvores. Dentre eles, pode-se citar Burger (1939), a quem se devem as primeiras caracterizações e modelos de copa, Mayer (1958), Assmann (1961), Mitscherlich (1978), Stampfer (1995) e Hasenauer (1997). Hoje, 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). Todas essas variáveis foram claramente expostas e explicadas por Durlo e Denardi (1998).

A pesquisa das relações interdimensionais das árvores solitárias 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 com as dimensões diâmetro e altura são ainda mais importantes na medida em que se trabalha com o conceito de árvores-F (Abetz e Ohnemus, 1994). Conhecendo-se essas relações, podem ser usados os conceitos de altura-meta (Durlo e Denardi, 1998) ou de diâmetro-meta (Reininger, 1987; Durlo e Denardi, 1998) das árvores-F, como indicativos de intervenções silviculturais, pois fica possível antever o número adequado de árvores por unidade de área, durante o desenvolver da floresta, liberando-as das demais através dos desbastes.

Atualmente, as formas e dimensões das copas das árvores solitárias e sua modificação com o tempo adquirem ainda maior importância, dada a possibilidade de serem feitos modelos matemáticos de concorrência, especialmente os que utilizam o conceito de diâmetro potencial e de copa potencial (Hasenauer, 1994; Vanclay, 1994) e, a partir daí, confeccionar modelos de crescimento de povoamentos florestais (Hasenauer, 1994; Hasenauer *et al.*, 1995; Pretzsch, 1995; Durlo, 1996; Durlo e Denardi, 1998; Hasenauer, 2000; Durlo *et al.*, 2000; Della Flora, 2001; Einspieler, 2002).

MATERIAIS E MÉTODOS

Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo compreendem a seleção, a marcação, a tomada de fotografias e as medições das árvores.

Dentro do município de Santa Maria – RS foram selecionadas pequenas áreas, facilmente identificáveis através de nomes locais, que receberam numeração seqüencial. Nesses locais, foram selecionadas árvores com as características exigidas para o trabalho, isto é, aquelas que estavam crescendo livremente e que, presumivelmente, estiveram nessa condição desde o início de seu estabelecimento. Árvores recentemente liberadas pelo corte de suas vizinhas foram, portanto, rejeitadas.

No total, foram amostradas 22 árvores, procurando abranger uma boa amplitude diamétrica.

Cada árvore selecionada recebeu uma etiqueta de alumínio numerada, fixada no tronco a 1,30 m de altura. Para sua localização no futuro (próximas medições), foi confeccionado um croqui do local.

Nas árvores assim selecionadas, foi feita a medição do diâmetro do tronco (DAP), utilizando-se uma trena dendrométrica.

Para o estudo da copa, cada árvore foi fotografada duas vezes, de ângulos diferentes, formando 90° entre as posições das tomadas fotográficas.

Por ser extremamente difícil a realização das fotos a uma distância fixa, devido à falta de visibilidade e acidentes do terreno, foi desenhada uma escala especial de 150 cm (Figura 1), possibilitando-se, assim, fotografar de qualquer distância e proceder, posteriormente, a determinação de uma escala numérica (fator de correção). Para melhor visualização, a escala recebeu as cores branca e preta, alternadas a cada 50 cm (Figura 1).



FIGURA 1: Escala utilizada para obtenção de medidas sobre as fotos.

FIGURE 1: Scale used for measures on the pictures.

No momento das fotos, a escala foi fixada a 1,30 m de altura (DAP), perpendicularmente ao tronco, servindo posteriormente de referência para as medidas de copa, altura total e comercial, e ponto de inserção da copa.

Para cada árvore fotografada, foi anotado o azimute, para o posicionamento perpendicular da segunda fotografia. A fim de corrigir as distorções ocasionadas pela inclinação da máquina fotográfica, foi determinada também a inclinação de cada foto, através do dendrômetro Durlo (Durlo, 1998).

Trabalhos preparatórios

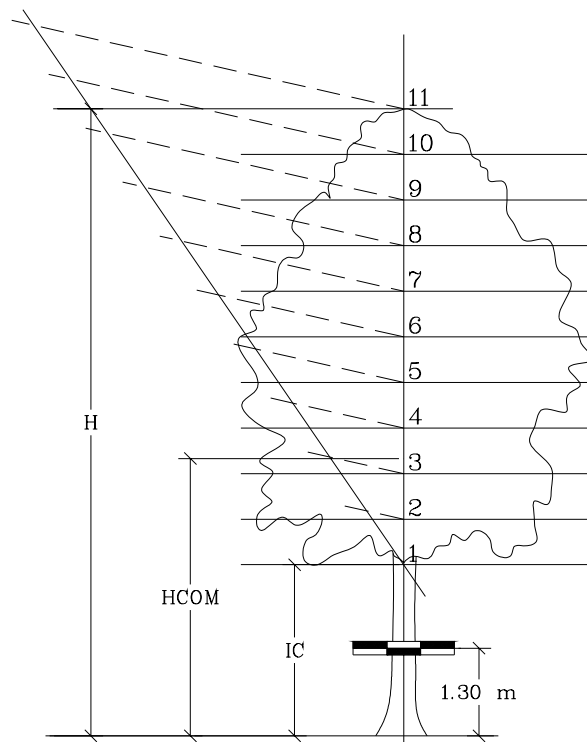
Os trabalhos preparatórios englobam a projeção, o desenho e a medição da copa das árvores. De cada árvore, foram montados dois slides, correspondentes à primeira e à segunda foto. Para facilitar as medições, os slides foram projetados sobre uma cartolina fixada na parede. O tronco, o contorno e a escala foram registrados sobre a cartolina, arquivada como documento individual de cada árvore, podendo ser usada em futuras comparações de dados.

Obtenção do fator de escala

O fator de escala foi calculado dividindo-se o comprimento real da escala (150 cm) pelo seu comprimento medido na projeção de cada slide. Por exemplo, se a medida da escala, na projeção, foi de 10 cm, o fator de escala será igual a 15. Assim, pode-se executar facilmente qualquer medida sobre a projeção fotográfica. O uso do fator de escala, além de eliminar o problema da distância de tirada da foto, permite também que se faça a projeção do slide em qualquer tamanho sem afetar as medidas da árvore.

Medições executadas

Pela cópia da projeção dos slides, em uma cartolina, foi possível a medição de diversas variáveis. Com o auxílio de uma régua, foram feitas as medições do ponto de inserção de copa (IC), da altura comercial (HCOM), da altura total (HT) e de vinte raios de copa ao longo de sua altura. O comprimento da copa foi obtido pela diferença entre HT e IC, conforme Figura 2.



Em que: H = altura; HCOM = altura comercial; IC = inserção de copa.

FIGURA 2: Medições executadas em cada árvore, com o uso da projeção dos negativos fotográficos.

FIGURE 2: Each tree measurements, using the projection of photographic negatives.

O posicionamento dos raios, 10 para a esquerda e 10 para a direita de uma linha vertical que passa pelo DAP, foi obtido através do seccionamento gráfico da copa em 10 partes iguais (Figura 2). As medições dos raios de copa foram feitas para as duas fotos, de forma que se obtiveram 40 raios de cada árvore, totalizando 880 medições.

Pela posição das tomadas fotográficas (ângulo de 90° entre as fotos 1 e 2), torna-se possível, pois, a reconstrução tridimensional de cada árvore, ocorrendo a formulação de modelos matemáticos de copa.

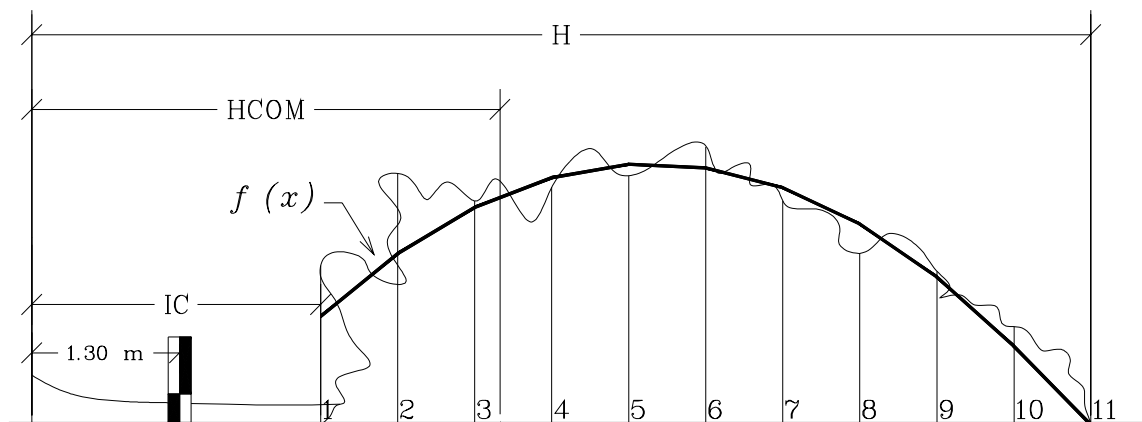
Correção das distorções fotográficas

Em função da perspectiva central usada pelas máquinas fotográficas, toda vez que se fizer uma foto com um determinado ângulo de visada diferente do horizontal, provocam-se deformações no objeto fotografado. Para a correção destas deformações foi executado um pequeno experimento fotográfico: um objeto de dimensões conhecidas de 50 cm de altura e 20 cm de largura foi fotografado quatro vezes de uma distância fixa, porém com diferentes inclinações de visada. Os negativos foram projetados e foram tomadas as medidas do objeto nas diferentes inclinações e calculado um fator de correção. Esse fator de correção é empírico e, portanto, serve somente para a máquina com a qual o experimento foi executado. De posse dos dados do experimento, foram calculadas duas funções, que permitem corrigir as distorções fotográficas no sentido longitudinal (altura) e transversal (largura de copa), na dependência do ângulo de visada de cada foto.

Modelagem da copa

O eixo central de cada árvore foi considerado o eixo de x , e o comprimento de cada raio, o valor de y correspondente. Com o comprimento da copa conhecido, as medições iniciaram-se na posição da inserção da copa. (Em IC, correspondente à posição demarcada com 1 na Figura 3, valor $x = 0$). O seguinte valor de x (Posição 2 na Figura 3) corresponde a 10% do comprimento da copa; o próximo, 20% do comprimento da copa; e assim, sucessivamente. Com os pares de dados, valor de x e do raio de copa naquela posição (y), é

possível obter uma função que descreva a forma geral de um lado da copa, conforme o esquema mostrado na Figura 3.



Em que: H = altura; HCOM = altura comercial; IC = inserção de copa.

FIGURA 3: Divisão relativa da copa e obtenção do raio de copa correspondente.

FIGURE 3: Relative division of crown to obtain the corresponding crown ray.

No presente trabalho, a função que descreve a forma da copa foi baseada não em uma, mas em quatro medições de raios. De cada árvore, foram medidos os raios em 10 posições relativas ao comprimento total da copa, em 2 perspectivas diferentes (a segunda a, 90° da primeira). Cada uma destas perspectivas gera dois conjuntos de raios (10 esquerdos, 10 direitos). Assim, obtêm-se quatro medidas de raio para cada posição, ou seja, um total de 40 medidas por árvore.

Entretanto, como as copas variam de tamanho e eventualmente também de forma em função do diâmetro das árvores, essa variável também precisa ser incluída no modelo. Assim, sendo conhecido o DAP, a função gera um comprimento de copa e calcula os raios de copa médios para qualquer posição ao longo de seu comprimento.

Ao convencionar-se que y = raio da copa, x = posição do raio na copa e z = DAP, tem-se que, de forma genérica, a dimensão do raio de copa pode ser expresso por:

$$y = f(x, z)$$

Assim, utilizando-se do programa estatístico SPSS, é possível modelar uma superfície de resposta (Figura 4). Dessa forma, ao fixar-se um valor de DAP qualquer, podem-se obter os raios de copa para cada posição no eixo da copa e produzir um modelo tridimensional da mesma, com ajuda do programa AutoCAD. A partir destes modelos, é possível, então, calcular e acompanhar o desenvolvimento de diversos índices morfométricos para a espécie em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número relativamente baixo de árvores amostradas (22), bem como a pequena área de coleta das amostras (arredores de Santa Maria), não permite que sejam feitas generalizações e que se tomem os resultados aqui apresentados como representativos da espécie estudada. O trabalho tem como objetivo principal demonstrar o valor da metodologia e as possibilidades de uso dos resultados.

As árvores observadas para este trabalho possuem a distribuição diamétrica demonstrada na Tabela 1.

TABELA 1: Distribuição diamétrica das árvores amostradas.

TABLE 1: Diametric distribution of the tree samples.

Classe (cm)	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	Total
N. árvores	2	0	2	5	6	2	3	2	22

Com um total de 880 pontos e o DAP de cada árvore, o raio de copa é dado pela equação:

$$y = -0,4937 + 0,4668 \cdot x - 0,21572 \cdot x^2 + 0,08266 \cdot z - 0,0013056 \cdot z^2 + 0,03328 \cdot x \cdot z \quad (1)$$

com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,76.

Em que: y = raio de copa (m); x = posição na altura da copa (m); z = DAP (cm).

Uma representação gráfica dos valores observados e da superfície de resposta gerada pela função é apresentada na Figura 4.

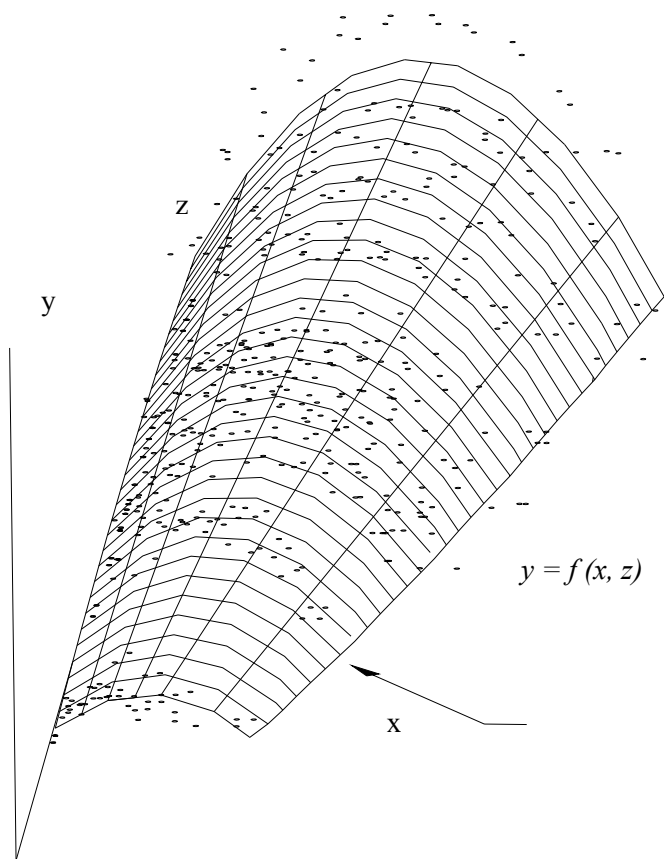


FIGURA 4: Superfície de resposta gerada pela equação anterior.

FIGURE 4: Answer surface generated by the previous equation.

A partir do modelo geral, pode-se calcular o comprimento da copa para qualquer DAP e o raio de copa para qualquer posição. Para o comprimento de copa, basta selecionar o DAP desejado (por exemplo, $z = 30$ cm) e atribuir o valor zero para o raio de copa ($y = 0$).

$$0 = 0,811 + 1,4653 \cdot x - 0,2157 \cdot x^2 \quad (2)$$

Resolvendo a equação, chega-se ao comprimento da copa (x), que é de 7,28 m.

Para conhecer os valores dos raios de copa em cada posição do seu eixo, basta substituir os valores de DAP (z) e de posição desejados (x) na equação 1. Por exemplo, sendo o valor de DAP igual a 30 cm ($z = 30$) e a posição central da copa ($x = 0,5 \cdot 7,28$ m), obtém-se o valor do raio de copa de $y = 3,29$ m. Para o DAP usado como exemplo, e para toda a amplitude do comprimento de copa, resulta a curva mostrada na Figura 5.

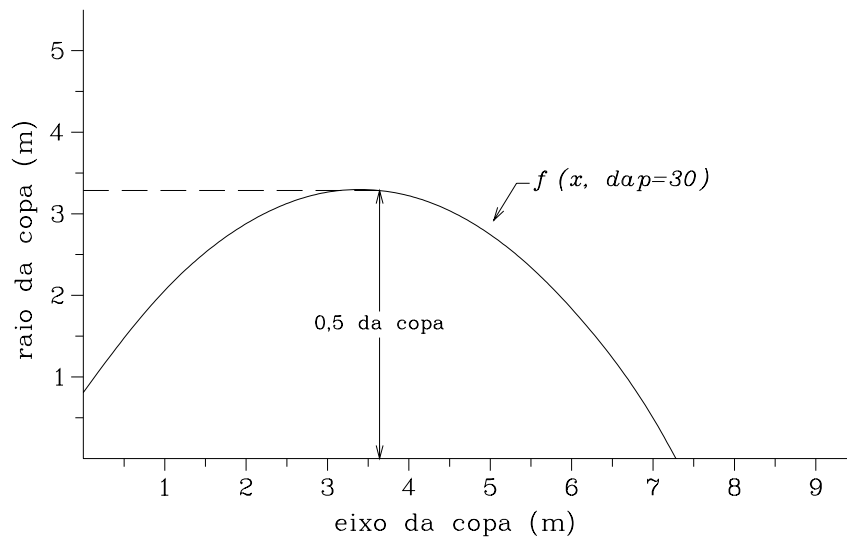


FIGURA 5: Curva representativa do raio de copa para um cedro com DAP de 30 cm.

FIGURE 5: Representative curve of crown ray for a *Cedrela fissilis* with 30cm of DBH.

A curva demonstrada na Figura 5 é uma aproximação dos perfis descritos pelos raios de copa ao longo do eixo de uma árvore de cedro (com DAP de 30 cm), de forma análoga ao que foi demonstrado esquematicamente pela Figura 3.

O mesmo procedimento pode ser produzido para qualquer valor de DAP, dentro dos limites estudados. A Figura 6 mostra o resultado gráfico para os diâmetros de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 cm.

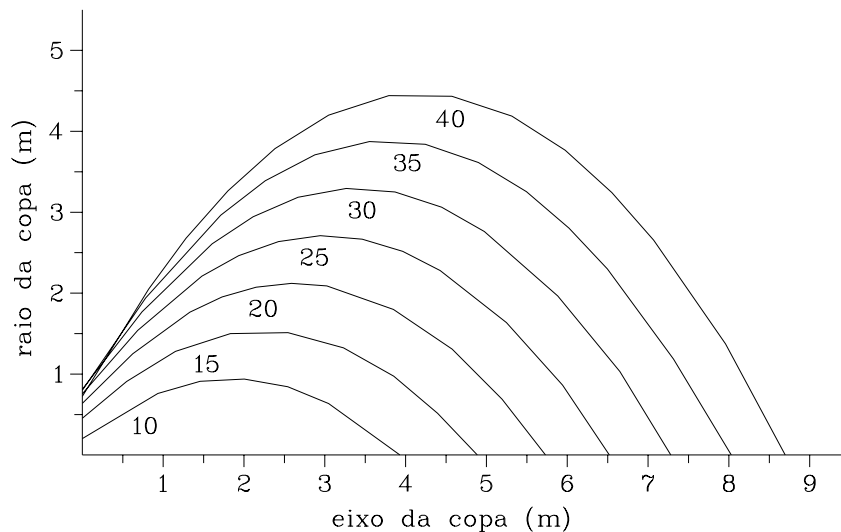


FIGURA 6: Curvas de raios de copa para cedros de diferentes DAP.

FIGURE 6: Curves of the crown rays for *Cederela fissilis* of different DBH.

Girando-se o gráfico no sentido anti-horário e espelhando-se os traçados da copa, obtêm-se as vistas em corte longitudinal das copas, correspondentes aos diferentes diâmetros (Figura 7).

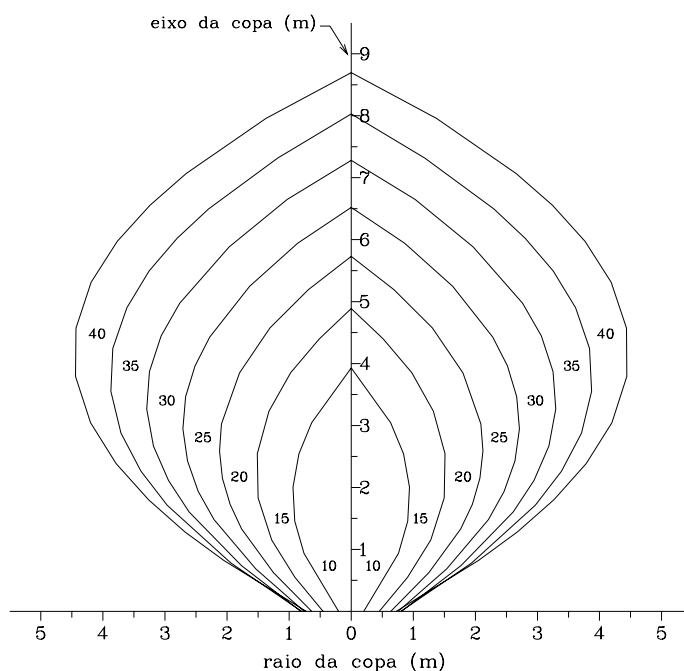


FIGURA 7: Vista em corte longitudinal das copas de cedro com diferentes diâmetros.

FIGURE 7: Longitudinal cut of *Cedrela fissilis* crowns with different diameters.

Com uma representação bidimensional da copa, como a mostrada na Figura 7, 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 de copa, obtêm-se sólidos de revolução, correspondentes às copas tridimensionais para cada DAP. Assim, fica possível calcular a área de projeção, a área do manto e o volume das copas. A demonstração disso, para as curvas já produzidas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 cm de DAP), pode ser vista na Figura 8.

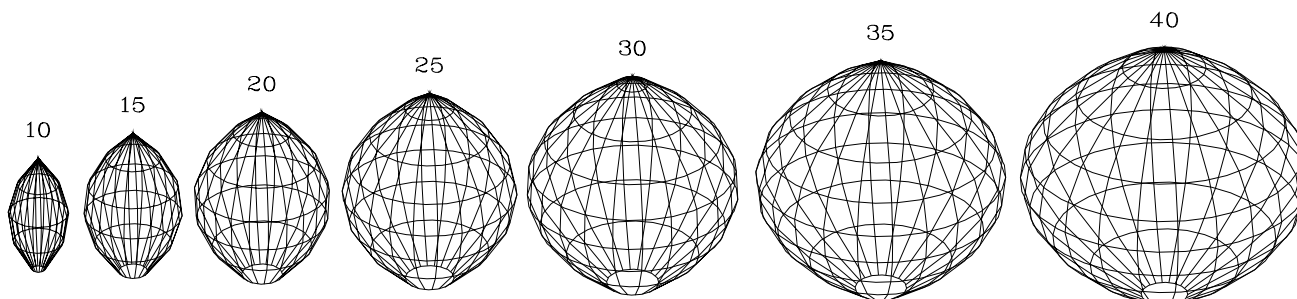


FIGURA 8: Vistas tridimensionais das copas de cedro para 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 cm de DAP.

FIGURE 8: Three-dimensional views of *Cedrela fissilis* crowns, for DBH of 10,15,20,25,30,35, 40 cm.

Assim, modelando-se as copas com o Programa AutoCAD, pode-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, que se valem do conceito de dimensões potenciais das árvores, para a determinação da concorrência. Com os dados, podem ainda ser calculadas diversas variáveis morfométricas (Tabela 2) de importância para a silvicultura.

TABELA 2: Variáveis dendrométricas calculadas para cedros de diferentes DAP.

TABLE 2: Dendrometrical variables calculated for *Cedrela fissilis* with different DBH.

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

Deduzindo-se funções (Eq. 3, Eq. 4, Eq. 5) e representando graficamente (Figura 9) os dados da Tabela 2, pode-se verificar o comportamento de cada variável em função do incremento diamétrico.

Para o volume de copa (m³):

$$VC = 31,455 - 5,4246.DAP + 0,3016.DAP^2 \quad (3)$$

Para o manto de copa (m²):

$$MC = -9,0296 + 1,5025.DAP + 0,1052.DAP^2 \quad (4)$$

Para o grau de esbeltez (h/DAP):

$$GE = 74,143 - 1,8024.DAP + 0,0176.DAP^2 \quad (5)$$

A precisão dos modelos, para qualquer das variáveis listadas na Tabela 2 em função do DAP, fica na dependência do ajuste conseguido para o modelo geral ($R^2 = 0,76$) do qual estas foram deduzidas.

A representação gráfica do comportamento destas funções é dada na Figura 9.

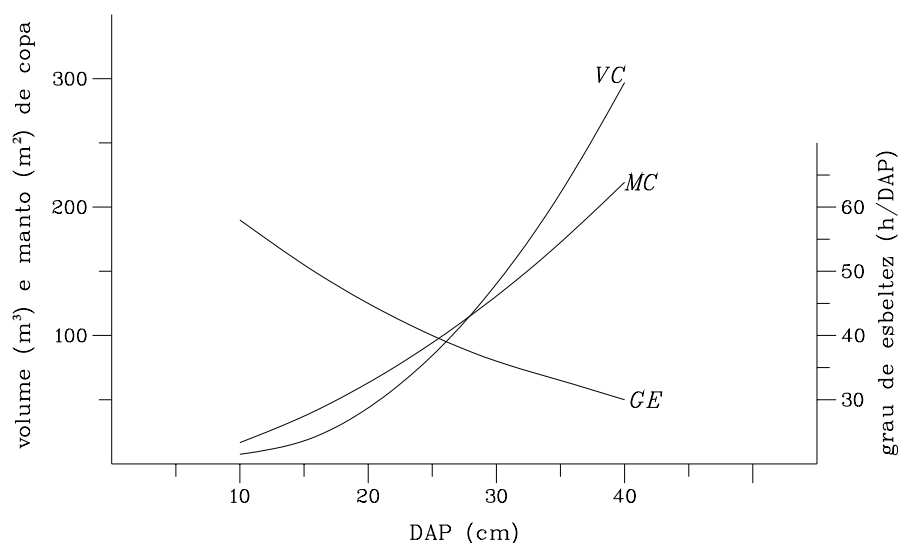


FIGURA 9: Relação entre o manto de copa (MC), o volume de copa (VC) e o grau de esbeltez (GE) com o DAP.

FIGURE 9: Relationship of crown mantel (MC), crown volume (VC) and slenderness degree (GE) with

DBH.

Verifica-se, na Figura 9, que o volume de copa, a partir de um DAP ao redor de 30 cm cresce bem mais que o manto de copa, responsável mais direto pela atividade fotossintética. Com isto, pode-se inferir que, apesar do volume crescente de copa (usando muito espaço) o cedro poderá estar apresentando incrementos decrescentes, devido ao baixo crescimento do manto de copa. Um desbaste modificaria esta situação? Para uma resposta concreta a essa questão, entretanto seria necessário acompanhar também o incremento do cedro e correlacioná-lo com estas duas variáveis de copa.

O grau de esbeltez (*GE*), mostrado na Figura 9, pretende apenas demonstrar visualmente a mudança na estabilidade do cedro, em função de seu aumento diamétrico. O cedro, crescido solitariamente é pouco esbelto e, à medida que aumenta em DAP, torna-se ainda mais estável. A Figura 9 é um exemplo de como proceder para cada variável mostrada na Tabela 2, visualizando e analisando seu comportamento para o futuro.

Como as variáveis provêm de árvores crescidas livres de concorrência (solitárias), os valores da Tabela 2 podem ser usados como indicativos das dimensões futuras “desejadas” pelas árvores, tornando-se, com isto, instrumentos para a silvicultura e manejo.

CONCLUSÕES

A metodologia utilizada para a modelagem da copa do cedro mostrou-se simples e eficaz. Com o avanço dos programas de computação essa metodologia se tornou ainda mais simples, pois já podem ser dispensados passos relativamente trabalhosos, como a projeção, o desenho e as medições em cartolinas. Presume-se que a metodologia pode ser empregada também no estudo de outras espécies.

Os resultados obtidos para o cedro precisam ser reforçados por outros trabalhos, com maior número de observações, para que possam ser generalizados para a espécie, ou para que possam ser observadas diferenças regionais ou temporais na forma das copas.

O uso do AutoCAD facilita muito a obtenção de modelos bi e tridimensionais da copa das árvores, permitindo o cálculo fácil e rápido de diversas variáveis de interesse para a silvicultura e para o manejo florestal, com base no conceito de árvores-F.

Com o desenvolvimento desta metodologia, fica possível obter-se, de forma relativamente simples, os modelos de copa (“copas potenciais”, pois que advindas de árvores solitárias), indispensáveis para a formulação de modelos de concorrência com base no sombreamento de projeções ou na interseção de volume de copas, utilizados com frequência na modelagem de crescimento florestal com base em árvores singulares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABETZ, P.; OHNEMUS, K. Der Z-Baum-Bestockungsgrad (Definition, Herleitung, Anwendung) **Allg. Forst- u. J.-Ztg.** v. 165. Jg., n.10-12, p.177-185, 1994.
- ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. München: Bayr. Landw. Verlag., 1961.
- BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. **Mitt. Schweiz. Anst. f. forstl. Vers. Wesen.** , v. 21, p.147-176, 1939.
- DELLA FLORA, J. B. **Modelos de Crescimento para Árvores Singulares – *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. e *Ocotea puberula* Ness.** Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,, 2001.
- DURLO, M. A. **Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern Südbrasilens.** Dissertation (Doctor) - Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstumsforschung, Wien, 1996.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C.; SPATHELF, P. Perspectivas do manejo florestal por árvores singulares. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 20, p.71-82, 2000.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p.141-150, 2001.
- 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.

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.

EINSPIELER, H. **Waldwachstumskundliche Untersuchungen von *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern im zentralen Rio Grande do Sul, Brasilien**. Wien: Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstumsforschung, 2002.

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

HASENAUER, H. Ein **Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände**. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstumsforschung, 1994. v.8.

HASENAUER, H. Princípios para a modelagem de ecossistemas florestais. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.20, p.53-69, 2000.

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

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

MITSCHERLICH, G. **Wald Wachstum und Umwelt** : eine einföhrung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Erster band. Frankfurt, 1978.

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.

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

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

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

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

STERBA, H. **Holzmeßlehre**. Berichte aus der Abteilung Holzmeßkunde und Inverturfragen. Heft 3. Wien: Universität für Bodenkultur, 1991.

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield** : applications to mixed tropical Forests. Wallingford: CAB International, 1994.