

ANDREIA TABORDA DOS SANTOS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E SIMULAÇÃO DE MANEJO DE UM PLANTIO DE

*Ocotea porosa*

CURITIBA  
2012

ANDREIA TABORDA DOS SANTOS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E SIMULAÇÃO DE MANEJO DE UM PLANTIO DE

*Ocotea porosa*

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Manejo Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Nelson Carlos Rosot

Co-orientadores:

Dra. Patrícia Póvoa de Mattos

Dr. Evaldo Muñoz Braz

CURITIBA

2012

## TERMO DE APROVAÇÃO

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador prof. Dr. Nelson Carlos Rosot, por me aceitar como orientada no momento que mais precisei.

Ao prof. Dr. Sebastião Machado pela força, ajuda e apoio nessa etapa de minha vida.

A CAPES/REUNI, órgão federal de relevante importância, pela concessão da bolsa de estudo a qual apoiou na concretização deste Curso de Mestrado.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UFPR em Rio Negro, PR, aos funcionários da Pós Graduação Reinaldo e David, e aos funcionários da Embrapa Florestas Elisabete Oaida, Mauro Berté, Simone Sopchaki, Marilice Garrastazu e Jonatas Gueller, por estarem sempre prontos a cooperar.

Ao Pesquisador da Embrapa Florestas Dr. Evaldo Muñoz Braz pelo apoio, força e, sobretudo, boa vontade na co-orientação para realização deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Dendrocronologia da Embrapa Florestas pelo apoio e incentivo, especialmente ao Vitor e Aline pela ajuda nas atividades de campo.

Aos meus amigos, com destaque as amigas Cristiane, Rita, Lucila e Lis pelo apoio, incentivo e força nos momentos de alegrias e dificuldades.

À minha família, especialmente aos meus queridos pais Daniel e Lusia “Vó” que me apoiaram e acreditaram em mim.

E, especialmente o meu mais eterno e sincero agradecimento a minha amiga querida, pesquisadora da Embrapa Florestas Dra. Patricia Póvoa de Mattos, pela dedicação, apoio, força, carinho e acima de tudo amizade, minha eterna admiração por essa grande pequena mulher a qual me espelho, e acredito sinceramente que sem ela, jamais teria realizado esse projeto.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
<b>1.1 OBJETIVO GERAL</b>	4
1.1.1 Objetivos Específicos	4
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	5
<b>2.1 Floresta Ombrófila Mista (FOM)</b>	5
<b>2.2 <i>Ocotea porosa</i></b>	8
<b>2.3 Modelos volumétricos para <i>Ocotea porosa</i> de plantios</b>	11
<b>2.4 Crescimento</b>	12
<b>2.5 Concorrência</b>	22
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	28
<b>3.1 Caracterização e descrição da área de estudo</b>	28
<b>3.2 Levantamento dos dados dendrométricos</b>	29
<b>3.3 Seleção e corte de árvores</b>	31
<b>3.4 Medição e coleta de amostras</b>	32
<b>3.5 Ajuste de modelos para estimativa do volume</b>	33
<b>3.6 Relação hipsométrica</b>	34
<b>3.7 Critérios para seleção da melhor equação</b>	35

<b>3.8 Ajuste de equação de crescimento e ajuste de crescimento em diâmetro de <i>Ocotea porosa</i></b>	<b>39</b>
<b>3.9 Avaliação de índices de competição e índices morfométricos</b>	<b>40</b>
<b>3.10 Determinação da densidade ótima de árvores por hectare</b>	<b>44</b>
3.10.1 Projeção de copa	44
3.10.2 Grau de esbeltez e altura dominante	45
<b>3.11 Proposta para manejo do povoamento atual</b>	<b>46</b>
<b>3.12 Proposta de manejo da <i>Ocotea porosa</i> em povoamentos com condições semelhantes de plantio e região</b>	<b>46</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>47</b>
<b>4.1 Caracterização do povoamento</b>	<b>47</b>
<b>4.2 Equações volumétricas para <i>Ocotea porosa</i></b>	<b>48</b>
<b>4.3 Relação hipsométrica</b>	<b>61</b>
<b>4.4 Equações de crescimento e crescimento em diâmetro de <i>Ocotea</i></b>	<b>61</b>
<b>4.5 Índices de competição e índices morfométricos</b>	<b>68</b>
<b>4.6 Determinação da densidade ótima de árvores por hectare</b>	<b>72</b>
<b>4.7 Proposta para manejo do povoamento atual</b>	<b>75</b>
<b>4.8 Proposta de manejo da <i>Ocotea porosa</i> em povoamentos com condições semelhantes de plantio e região</b>	<b>77</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>83</b>

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DO POVOAMENTO DE <i>Ocotea porosa</i> , EM RIO NEGRO, PR COM BASE NO DIÂMETRO MÉDIO E DESVIO PADRÃO.	31
TABELA 2. MODELOS MATEMÁTICOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME DE <i>Ocotea porosa</i> , EM RIO NEGRO, PR.	33
TABELA 3. MODELOS MATEMÁTICOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DA ALTURA DE <i>Ocotea porosa</i> , EM RIO NEGRO, PR.	34
TABELA 4. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DO POVOAMENTO DE <i>Ocotea porosa</i> , EM RIO NEGRO, PR.	47
TABELA 5. ESTIMATIVAS DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME DE <i>Ocotea porosa</i> .	56
TABELA 6. VALORES PONDERADOS PARA 11 MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME DE <i>Ocotea porosa</i> , EM RIO NEGRO, PR.	57
TABELA 7. EQUAÇÕES DE VOLUME PARA <i>Ocotea porosa</i> .	59
TABELA 8 AGRUPAMENTO DAS ÁRVORES COM DIÂMETROS SEMELHANTES PARA FORMAR QUATRO CLASSES SOCIOLÓGICAS DISTINTAS ENTRE SI.	65
TABELA 9: COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MELHORES MODELOS DE CRESCIMENTO PARA <i>Ocotea porosa</i> COM 44 ANOS DE PLANTIO.	65
TABELA 10 INCREMENTO MÉDIO ANUAL CONSIDERANDO AS QUATRO CLASSES DIAMÉTRICAS.	66
TABELA 11: ÍNDICES DE COMPETIÇÃO CALCULADOS PARA CADA ÁRVORE SELECIONADA PARA CORTE, EM POVOAMENTO DE <i>Ocotea porosa</i> , RIO NEGRO, PR.	69
TABELA 12: PONTO DE EQUILÍBRIO DE ÁRVORES POR HECTARE, DE ACORDO COM O DIÂMETRO MÉDIO DO POVOAMENTO (DAP).	74

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – RELAÇÕES ENTRE AS CURVAS DE CRESCIMENTO E INCREMENTO.	18
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR.	29
FIGURA 3 – CROQUI DE UMA PARCELA EXPERIMENTAL DO POVOAMENTO DE <i>Ocotea porosa</i> .	30
FIGURA 4 – VISTA GERAL DO POVOAMENTO DE <i>Ocotea porosa</i> .	31
FIGURA 5 – CUBAGEM RIGOROSA DAS ÁRVORES PARA OBTENÇÃO DE VOLUME.	32
FIGURA 6 – DISCOS DE <i>Ocotea porosa</i> RETIRADOS A 1,30M DE ALTURA DO SOLO E DA BASE E POSTERIORMENTE LIXADOS PARA ANÁLISE EM LABORATÓRIO.	39
FIGURA 7 – MEDIDOR DE ANÉIS DE CRESCIMENTO LINTAB, ACOPLADO A UM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO.	40
FIGURA 8 – MEDIÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE TRONCO DA ÁRVORE SELECIONADA ATÉ O PONTO EXTREMO DA PROJEÇÃO DA COPA.	42
FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EQUIVALENTE A UM HECTARE DE PLANTIO DE <i>Ocotea porosa</i> COM 44 ANOS.	48
FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA AS EQUAÇÕES DE KOPEZKY-GEHRHARDT, SPURR VARIÁVEL COMBINADA E SPURR SEM $B_0$ .	58
FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA A RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.	61
FIGURA 12 – ANÉIS DE CRESCIMENTO DE <i>Ocotea porosa</i> .	62
FIGURA 13 – CURVAS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO PARA AS QUATRO CLASSES SOCIOLÓGICAS, SENDO CHAPMAN-RICHARDS PARA AS CLASSES SUPRIMIDA E DOMINADA E GOMPERTZ PARA AS CLASSES CODOMINANTE E DOMINANTE.	68
FIGURA 14 – RELAÇÃO ENTRE O INCREMENTO EM ÁREA TRANSVERSAL E O ÍNDICE DE COMPETIÇÃO DE GLOVER E HOOL.	71

FIGURA 15 – RELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO E O DIÂMETRO DE COPA.	72
FIGURA 16 – NÚMERO DE ÁRVORES E DIÂMETRO MÉDIO ATINGIDO.	75
FIGURA 17: SIMULAÇÃO DA ÁREA DE OCUPAÇÃO DAS COPAS (A) ANTES DO DESBASTE, (B) APÓS DESBASTE E (C) CINCO ANOS APÓS O DESBASTE.	77
FIGURA 18 – CULMINAÇÃO DO INCREMENTO EM VOLUME DE <i>Ocotea porosa</i> .	78
FIGURA 19 – CULMINAÇÃO DO INCREMENTO EM ÁREA BASAL DE <i>Ocotea porosa</i> .	78
FIGURA 20 – SIMULAÇÃO PARA PROPOSTA DE DESBASTE DE <i>Ocotea porosa</i> .	80

## RESUMO

Plantios comerciais de imbuia ou disponíveis para estudo são raros, e devem ser considerados como preciosos arquivos de registros de crescimento, podendo ser usados como fonte de informação para se estabelecer o potencial de manejo da espécie sob condições de plantio. O objetivo principal desse trabalho foi determinar e avaliar o crescimento de *Ocotea porosa* sob condições de plantio, em povoamento não manejado estabelecido na Estação Experimental de Rio Negro, em 32 parcelas de 49 árvores, com espaçamento entre plantas de 1,9 m x 3,0 m. Foi realizada a medição dos diâmetros a 1,30 m do solo de todas as árvores do povoamento. As árvores foram distribuídas em classes diamétricas, sendo selecionadas 12 árvores, representativas do povoamento. Para cada árvore foi medida a distância entre a árvore principal até as árvores concorrentes; sendo estimada a altura total das árvores vizinhas. Das árvores selecionadas para corte e de suas concorrentes, estimou-se também o diâmetro de copa. Após a derrubada das árvores principais, foi medida a altura total e realizada a cubagem rigorosa até 4,0 cm de diâmetro com casca. Para a estimativa dos volumes individuais, foram ajustados 11 modelos matemáticos, além do ajuste da equação hipsométrica. Foram retirados discos a 1,30m de altura e da base das 12 árvores derrubadas. Os anéis de crescimento foram contados e medidos e realizada datação cruzada entre amostras. Para ajuste das equações de crescimento as árvores foram separadas em quatro categorias de classes de diâmetro. A competição foi testada por meio de índices de concorrência para cada árvore selecionada. Os índices morfométricos calculados foram o Índice de saliência e grau de esbeltez, sendo identificada a densidade ótima de árvores de acordo com o incremento médio em diâmetro. Considerando o crescimento, foram identificados os anos ideais de desbaste e de corte final. O povoamento apresentou diâmetro médio de 22 cm. As árvores apresentaram DAP entre 3,98 cm e 43,13 cm e altura entre 5,10 m e 20,40 m. Os modelos de Spurr Variável Combinada, e Kopezky-Gehrhardt foram os que apresentaram os melhores resultados para equações de volume. A equação de regressão de Henricksen ajustada foi a que apresentou melhores resultados de estimativa de altura. Os discos da base das árvores maiores apresentaram 44 camadas de crescimento, confirmando a idade de implantação do povoamento. O incremento médio anual em diâmetro das árvores foi  $0,61 \text{ cm ano}^{-1}$ , variando de  $0,03 \text{ cm ano}^{-1}$  a  $1,53 \text{ cm ano}^{-1}$ . Foram ajustadas equações de crescimento por classe sociológica, sendo que as menores classes denominadas de suprimidas, dominadas, apresentaram melhor ajuste com a equação de Chapmann-Richards, e as codominantes e dominantes, com Gompertz. Dentre os índices de competição testados, o índice de Glover Hool foi o que apresentou valores mais altos de correlação com o crescimento diamétrico. O índice de saliência encontrado foi de 21. Observou-se que quando as árvores atingiram 13 cm de DAP médio, deveria ter sido feito desbaste no povoamento.

Palavras-chave: modelo de crescimento, concorrência, imbuia, manejo florestal.

## ABSTRACT

Commercial plantations or experimental plantations of *Ocotea porosa* are rare, and should be considered as precious data records for growth studies and should be used as a source of information to establish possibilities for managing this species under planting conditions. The main objective of this study was to determine and evaluate the growth of *Ocotea porosa* under growing conditions in unmanaged stand established in the Experimental Station of Rio Negro, in 32 plots of 49 trees (1.9 m x 3.0 m). The diameters at 1.30 m above the ground of all trees of the stand were measured. The trees were divided into diameter classes, and 12 trees representing the stand were selected. For each tree it was measured the distance between the main tree and their competitor trees. Total heights of neighboring trees were estimated. The canopy diameter of trees selected for cutting and its competitors were also estimated. After the trees were felled down, their heights were measured and they were cubed up to 4.0 cm in diameter with bark. To estimate the individual volumes 11 mathematical models were adjusted, and in addition, a hypsometric equation was also adjusted. Disks were obtained at 1.30 m and ground level of the 12 trees felled. Growth rings were counted, measured and cross-dated. To adjust the growth equations the trees were separated in four diameter classes. The competition was tested by competition indexes for each selected tree. The morphometric indexes calculated were salience index and slenderness rate, and identified the optimal density of trees according to the average diameter increment. Considering the annual growth increment, it was determined the age of optimal thinning and final cut. The population presented an average diameter of 22 cm. The trees DBH ranged between 3.98 cm and 43.13 cm and the heights between 5.10 and 20.40 m. The models Spurr combined variable, and Kopezky-Gehrhardt presented the best results as volume equations. The adjusted Henricksen regression equation presented the best results to estimate height. The ground level discs from the larger trees had 44 growth rings, confirming the age of stand establishment. The average annual increment of trees in diameter was 0.61 cm yr<sup>-1</sup>, ranging from 0.03 cm yr<sup>-1</sup> to 1.53 cm yr<sup>-1</sup>. Growth equations were adjusted for sociological classes. The lower classes named suppressed and dominated, showed the best adjustment with the Chapman-Richards equation, and larger classes, co-dominant and dominant, with Gompertz model. Among the competition indexes tested, the Hool Glover index presented the higher value of correlation with diameter growth. The index of crown projection found was 21. It was observed that when the trees reached 13 cm of DBH, thinning should have been carried out in the stand.

Key-words: growth model, competition, *Ocotea porosa*, forest management.

## 1 INTRODUÇÃO

Ecossistemas tropicais e subtropicais são notórios pela alta diversidade biológica e pela ameaça que sofrem frente às intensas mudanças no uso da terra. No Brasil, a Floresta Ombrófila Mista – FOM (floresta com araucária) é um típico exemplo da insustentabilidade do processo de exploração dos recursos naturais. Este ecossistema cobria originalmente 200.000 km<sup>2</sup> no Sul e Sudeste do Brasil, formando ecótonos com ecossistemas florestais (500-800 m de altitude) e campestres (900-1500m de altitude) (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Atualmente restam menos de 8% de sua extensão original e hoje é caracterizado pela alta fragmentação dos seus habitats e pela perda de sua biodiversidade.

A FOM é uma tipologia florestal de grande importância ecológico-econômica, por sua característica única de abrigar a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, associada a outras espécies florestais tão importantes como, por exemplo, as chamadas canelas da família Lauraceae mais especificamente *Ocotea odorifera* Rohwer, *Ocotea pulchella* Mart. e *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso (NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005). As variações que ocorrem nessa tipologia são decorrentes de diferenças do ambiente e da interação entre espécies, das características estruturais e do estágio de regeneração natural.

No final do século XIX deu-se início à conversão de extensas áreas florestais em colônias agrícolas. Em grande parte da região, a exploração madeireira precedeu a conversão total da floresta em culturas agrícolas. Cabe

também ressaltar o estabelecimento de grandes centros urbanos nesta região (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Estudos com anéis de crescimento são muito utilizados em regiões de clima temperado para obter informações sobre crescimento, mudanças ambientais e embasar planos de manejo florestal (CHERUBINI *et al.*, 2003; SPIECKER, 2002).

Spiecker (2002) reporta o conhecimento dos anéis de crescimento e sua aplicação no manejo florestal na Europa, e ressalta a importância de se conhecer o crescimento das florestas para se estabelecer um manejo florestal sustentável, pois o conhecimento do crescimento da floresta além de ser importante devido ao conhecimento do potencial de produção em volume e dimensões, é importante também para a compreensão das interações entre a floresta e o ambiente. O autor afirma que os anéis de crescimento revelam informações precisas sobre a relação do crescimento passado e as mudanças ambientais e dão base para a escolha da composição de espécies e da análise dos efeitos de espaçamento e competição. Além disso, a análise dos anéis possibilitam a melhora do controle da qualidade da madeira e contribuir para o manejo da eficiência de custos da floresta.

Estudos dendrocronológicos com espécies da FOM têm revelado resultados importantes para a recuperação de informações de crescimento passado (MATTOS *et al.*, 2007a, 2007b, 2010; OLIVEIRA; MATTOS, 2010; SANTOS *et al.*, 2011; SCHEEREN, *et al.*, 2002; SEITZ; KANNINEN, 1989; OLIVEIRA, 2007).

*Ocotea porosa* (imbuia) sempre desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento econômico e cultural nas regiões de abrangência da

Floresta Ombrófila Mista. É uma espécie que ocorre associada com *Araucaria angustifolia*, sendo que nos estágios mais avançados da sucessão apresenta maior número de árvores adultas e senescentes do que plantas jovens e são raras onde há ausência de pinheiros (KLEIN, 1960). Está na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, na categoria das espécies vulneráveis (MMA, 1992). Embora ocupe o segundo maior valor de densidade e de dominância na fase adulta, sendo ultrapassada somente por *Araucaria angustifolia*, não aparece junto com as principais espécies amostradas na regeneração natural da floresta (LONGHI, 1980; DA CROCE, 1991).

Um grande esforço tem sido dedicado pelo governo à conservação dos remanescentes florestais, basicamente em duas frentes de ação, como a criação de Unidades de Conservação (UC) em forma de parques nacionais, reservas biológicas e várias outras categorias; e a promoção do plantio de espécies florestais nativas.

Os programas governamentais de plantio de espécies nativas constituem uma medida para restaurar e proteger os remanescentes florestais. No entanto, pouco tem sido desenvolvido ou pesquisado nesta área com relação ao binômio crescimento/manejo. Esses programas têm como objetivo a recuperação de Áreas de Preservação Permanente, especialmente os ambientes fluviais (florestas ciliares e suas nascentes) e áreas degradadas, bem como o estabelecimento de Reservas Legais, de acordo com o previsto no Código Florestal (Lei nº. 4771 de 1965) (SHIMIZU, 2007). Assim, o plantio puro ou misto torna-se uma alternativa viável com potencial mais imediato para a conservação desses recursos naturais tão importantes,

sendo uma alternativa para uma maior disponibilidade de madeira, bem como a manutenção das espécies nativas.

Plantios comerciais ou experimentais de imbuia são raros, e devem ser considerados como preciosos registros de crescimento, podendo ser usados como fonte de informação para se estabelecer o potencial de manejo da espécie sob condições de plantio, mesmo que essas informações e avaliações não tenham sido realizadas ao longo do período de desenvolvimento do povoamento. Ferramentas de análise de povoamentos florestais aliadas aos estudos dendrocronológicos são úteis para recuperar e sistematizar o desenvolvimento do povoamento, podendo-se, eventualmente, extrapolar os resultados para outros plantios de imbuia.

## **1.1 Objetivo geral**

Determinar e avaliar o crescimento anual de *Ocotea porosa* sob condições de plantio em Rio Negro, Paraná, para elaboração de uma proposta de manejo para reflorestamentos puros de Imbuia.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

- Ajustar equações de volume para a *Ocotea porosa*.
- Construir curva de crescimento em diâmetro para *Ocotea porosa*.
- Aplicar os índices de competição e morfométricos para *Ocotea porosa*.
- Elaborar proposta de plano de desbaste para a situação atual do plantio de Imbuia em estudo.
- Elaborar proposta de desbastes para reflorestamentos de *Ocotea porosa*.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Floresta Ombrófila Mista (FOM)

A Mata Atlântica e seus ecossistemas associados envolviam, originalmente, uma área de 1.360.000 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 16% do território brasileiro distribuídos por 17 estados. Devido a séculos de ocupação antrópica, o bioma foi reduzido a menos de 8% de sua extensão original e hoje é caracterizado pela alta fragmentação dos seus habitats e pela perda de sua biodiversidade. Todavia, a Mata Atlântica ainda abriga uma parcela significativa de diversidade biológica do Brasil, ao mesmo tempo em que se observa um elevado número de espécies ameaçadas de extinção. Em função dessas particularidades, esse bioma foi considerado um *hotspot* mundial que demanda ações imediatas de conservação (MMA, 2002).

No sul do Brasil um dos ecossistemas mais característicos do bioma Mata Atlântica corresponde à Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 2004), também conhecida como “região das matas de araucária” (MAACK, 2002), “pinheiral” (RIZZINI; COIMBRA FILHO; HOUAISS, 1988) ou “floresta com araucária”. Essa formação, até o início do século XX, cobria boa parte do planalto meridional do sul do Brasil. Com uma área original de aproximadamente 200.000 km<sup>2</sup> (MAACK, 2002), ocorria principalmente nos Estados do Paraná (40% da área total), Santa Catarina (31%), Rio Grande do Sul (25%), apresentando manchas esparsas no sul de São Paulo, sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (KLEIN, 1960). Sua distribuição está associada às maiores

altitudes das regiões serranas e de planaltos, geralmente entre 500 a 1.500 m acima do nível do mar (MAACK, 2002).

No estado do Paraná existiam, originalmente, cerca de 73.780 km<sup>2</sup> de Floresta Ombrófila Mista, sendo reduzidos até 1965 a apenas 21,6% de sua área original, com cerca 18,6% considerada como “mata virgem” (MAACK, 2002). As indicações mais otimistas registram entre 1 a 2% de áreas originais cobertas pela Floresta Ombrófila Mista nos três Estados do Sul (KOCH; CORRÊA, 2002). Estudos realizados pela Fundação de Pesquisas Florestais (FUPEF, 2001), indicavam a ocorrência de apenas 0,8% de Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado, 14,5% em estágio médio, 14,0% em estágio inicial, 0,9% predominância de pinheiros e 6,1% correspondente a áreas de reflorestamento. Como deixam claros seus codinomes, uma das principais espécies associadas a essa formação florestal é a *Araucaria angustifolia*. A ela se integram diversas espécies características, tais como: *Ocotea porosa* (imbuia), *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (erva-mate), *Dicksonia sellowiana* Hook. (xaxim-bugio), *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro-rosa), *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg (gabioba), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. (pinheiro-bravo), entre outras (MAACK, 2002).

No início do século XX, cerca de 35% da cobertura vegetal dos estados do Sul do Brasil eram representados pela FOM, entretanto hoje, as reservas naturais da floresta com araucária encontram-se limitadas a valores estimados entre 2% e 4% da área original (PUCHALSKI; MANTOVANI; REIS, 2006). Na Floresta com Araucária, segundo Canalez *et al.* (2006), a maior parte dos remanescentes, além das áreas de preservação permanente (APP),

encontra-se nas mãos de proprietários privados, onde a impossibilidade de manejo, para a geração de renda complementar, tem conduzido ao corte clandestino do pinheiro brasileiro e outras espécies associadas, além da supressão de indivíduos regenerantes, em estágio inicial da sucessão. Neste sentido, Sanquetta et al. (2000) afirmaram que somente a preservação integral dos fragmentos e a fiscalização não são capazes de garantir a conservação da Floresta Ombrófila Mista, sendo necessário o estímulo a práticas de manejo em bases sustentáveis, com geração e difusão de tecnologias. O manejo múltiplo das florestas, para atender demandas de conservação e produtos de origem florestal, é possível e necessita o desenvolvimento de técnicas para conciliar estes dois interesses (WHITMORE, 1990).

Lamprecht (1990) define a silvicultura, como sendo o conjunto de todas as medidas tendentes a incrementar o rendimento econômico das árvores até se alcançar quando menos, um nível que permita um manejo sustentável. Segundo o autor, a silvicultura subdivide-se em silvicultura clássica e silvicultura moderna. .

Para Kageyama e Castro (1986), a silvicultura tropical constitui uma importante alternativa para o desmatamento, por meio de suas diferentes linhas de atuação, sendo eles o manejo da regeneração natural, os plantios de enriquecimento e agrossilviculturais e as plantações homogêneas e heterogêneas de árvores. Os mesmos autores citam, ainda, que a silvicultura no Brasil evoluiu como uma atividade voltada para a produção de matéria-prima para indústrias baseadas na utilização de madeiras e fibras e que as plantações têm se restringido às espécies e procedências de árvores que

melhor atendem às necessidades industriais e que melhor respondem, em termos de produtividade, às condições geradas pelo emprego de alta tecnologia silvicultural.

Mais recentemente, a necessidade de atender a legislação, com a recomposição da Reserva Legal (RL) devido à lei 8.171, de 17/01/1991 (BRASIL, 1991) que instituiu a Política Nacional de Agricultura, regulamenta obrigatoriedade de recomposição da RL nas propriedades e assentamentos rurais com um prazo final de execução em 2018.

Somente no estado do Paraná, a recomposição da RL pode variar de 610 mil a 2,2 milhões de hectares (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2006). Do ponto de vista técnico, o estabelecimento da RL florestal exige o domínio da silvicultura de espécies nativas, em suas várias formas, com a implantação e manejo de plantações mistas ou puras e o manejo de florestas naturais e reconstituídas.

## **2.2 *Ocotea porosa***

*Ocotea porosa* (Nees) Barroso, conhecida popularmente como imbuia ou embuia, é uma árvore da família Lauraceae, que ocorre naturalmente no Brasil, nas regiões Sudeste (São Paulo) e Sul, e no Paraguai (DURIGAN *et al.*, 2002). Característica da Floresta Ombrófila Mista, pode ocorrer de forma muito rara no vale do Itajaí, em Santa Catarina, na Floresta Ombrófila Densa. Suas populações formam grupamentos naturais (KLEIN, 1960), também chamados “imbuiais”.

É uma árvore perenifólia a semidecídua, com crescimento monopodial quando jovem (até cerca de dez anos), a partir de quando inicia a ramificação

cimosa, dicotômica. Sua copa é ampla e arredondada, pouco densa, com folhagem verde-clara característica. O tronco é geralmente tortuoso, irregular, com excrescências globosas típicas chamadas de “papos de imbuia”, com fuste comumente curto, com aproximadamente 6 m de comprimento (CARVALHO, 2003).

*Ocotea porosa* é uma árvore monóica, com pequenas flores bissexuadas, de cerca de 4 mm x 3 mm, branco-amareladas, cíclicas, com o cálice densamente revestido de pêlos dourados (CARVALHO, 2003). Em condições controladas a reprodução inicia-se aproximadamente aos 13 anos, em solo de baixa fertilidade química (GRODZIK, 1986) e aos seis anos em solos férteis (CARVALHO, 2003).

Experimentos realizados em ambiente controlado demonstraram grande variação no percentual e no tempo de germinação das sementes, segundo a procedência, bem como uma taxa de germinação bem maior para sementes não submetidas à quebra de dormência (59% de germinação) em relação àquelas sujeitadas a tratamento com ácido sulfúrico (14% de germinação) (KALIL-FILHO *et al.*, 2004).

Em função de suas qualidades estruturais e estéticas, a imbuia foi bastante utilizada de diversas formas na manufatura de madeira serrada e roliça, para movelaria, marcenaria, carpintaria, construção civil entre outras finalidades. Apresenta, ainda, propriedades que a tornam de uso interessante para a produção de lenha, alimentação animal, apicultura, arborização urbana e recuperação ambiental. A espécie produz também um óleo que funciona como fixador para perfumaria (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

*Ocotea porosa* está na lista vermelha de espécies ameaçadas da *IUCN* (*International Union for Nature Conservation*), bem como na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, na categoria das espécies vulneráveis (MMA, 1992). A imbuia, possivelmente, é a espécie arbórea mais longeva da "floresta de araucária", podendo ultrapassar 500 anos de vida (CARVALHO, 2003). *Ocotea porosa* é tolerante à sombra até cerca de um metro de altura. É difícil a observação de indivíduos de tamanho maior em ambientes pouco iluminados, no interior de florestas, o que indica uma possível mudança de comportamento em relação à luminosidade (INOUE *et al.*, 1984). O crescimento da imbuia é considerado bastante lento (CARVALHO, 2003). Em experimentos realizados com o uso de cintas dendrométricas, para o aferimento do crescimento sazonal e anual de espécies da Floresta Ombrófila Mista, foi encontrado um incremento médio anual em diâmetro de 0,262 cm (FIGUEIREDO-FILHO *et al.*, 2003).

A imbuia (*Ocotea porosa*) desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento econômico e cultural na região sul do Brasil. Apesar da existência de instrumentos legais que impedem a exploração dessa espécie, sua madeira até hoje é considerada como uma das mais valiosas para a indústria de móveis e construção civil, em função de seu lenho moderadamente pesado e resistente ao ataque de fungos (AMATO, 2008). Alguns levantamentos florísticos mostram *Ocotea porosa* ocorrendo como abundante em remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (LONGHI, 1980; CALDATO; LONGHI; FLOSS, 1999; NEGRELLE; SILVA, 1992; VERONA; SEIDEL; CURTI, 2002; SCHAAF *et al.*, 2006; HERRERA *et al.*, 2009; ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

No entanto, sítios onde a espécie ocorre com baixa frequência, como em Turvo, PR (ZAMPIERI; SALVADOR, 2006), aliado à intensa fragmentação da FOM (SANTOS *et al.*, 2006; CAMPANILI; PROCHOW, 2006), levaram à inclusão de *Ocotea porosa* na lista oficial das espécies vulneráveis (MMA, 1992; IUCN, 2011), sendo incluída, anos mais tarde, na lista de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção (BRASIL, 2006; 2008), inviabilizando o manejo dessa espécie em condições naturais (CAPOBIANCO, 2001; SANTOS *et al.*, 2006;), o que justifica os esforços para suprir a demanda de mercado com plantios comerciais de *Ocotea porosa*.

### **2.3 Modelos volumétricos para *Ocotea porosa***

Conhecer o volume de madeira de uma floresta é de extrema relevância, e a cada dia torna-se cada vez mais importante a implantação de plantios de espécies nativas, pois a valorização da madeira e o uso social, ecológico e economicamente correto do recurso florestal é uma forte demanda da sociedade. Essa preocupação remete ao planejamento, ordenamento e à otimização do uso da madeira, com precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais.

As equações de volume são fundamentais na tomada de decisão para o manejo florestal. Vários modelos volumétricos já foram testados para espécies da Floresta Ombrófila Mista por muitos autores, mas considerando que os erros em geral são elevados para as espécies nativas folhosas, devido à heterocedasticidade, pois possuem arquiteturas de fuste diferenciadas, se torna interessante o desenvolvimento de equações distintas para classes diamétricas que incluem várias espécies (SANTOS *et al.*, 2006). Várias

equações matemáticas foram desenvolvidas para estimar o volume de madeira em florestas naturais e plantadas, como araucária (MACHADO *et al.*, 2000; MATTOS *et al.*, 2010; SANQUETTA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011), bem como para as canelas (*Nectandra* spp.), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), pessegueiro-bravo (*Prunus brasiliensis*), entre outras (SANTOS, *et al.*, 2006; SANQUETTA *et al.*, 2010).

A grande variabilidade ambiental e genética dos materiais nativos leva à necessidade de desenvolvimento de equações específicas, para cada sítio a ser manejado. Assim, faz-se necessário o teste de diferentes modelos para a obtenção da equação que melhor se ajusta a cada caso. Segundo Machado e Figueiredo Filho (2009), em geral, esses modelos volumétricos utilizam uma variável dependente que é o volume, associado a variáveis independentes de fácil mensuração na floresta, como o diâmetro à altura do peito e a altura total.

Estimativas de volume foram realizadas para *Ocotea porosa* em condições naturais (SANQUETTA *et al.*, 2003, 2007, 2010; CANALEZ *et al.*, 2006; SCHAAF *et al.*, 2005). Têm-se, também, estimativas de volume em condições de plantio em Dois vizinhos, PR (SILVA; TORRES, 1992a) e em Pinhão, PR (GRODZKI, 1986).

## **2.4 Crescimento**

O crescimento das árvores consiste da alongação e aumento da espessura das raízes, troncos e galhos, provocando mudanças em termos de tamanho e forma. O crescimento linear de todas as partes da árvore resulta da atividade do meristema primário, enquanto que o crescimento em diâmetro

é uma consequência da atividade do meristema secundário ou câmbio (HUSCH *et al.*, 1982). Os autores citam ainda que o crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente. As influências ambientais incluem fatores climáticos, como temperatura, precipitação, vento e insolação, fatores pedológicos que se referem a características físicas e químicas, umidade e microrganismos, características topográficas como inclinação, elevação e aspecto, e ainda competição com outras árvores, sub-bosque e animais.

O crescimento, segundo Zeide (1993), resulta da interação de duas forças opostas. O componente positivo, que se manifesta na expansão de um organismo, representa a tendência inata de qualquer ser vivo à multiplicação exponencial. Este componente está associado ao potencial biótico, à atividade fotossintética, à absorção de nutrientes, ao anabolismo, etc. O componente oposto representa as restrições ao crescimento impostos por fatores externos como competição, respiração, escassez de recursos naturais, entre outros e fatores internos como mecanismos de autorregulação, sendo conhecidos como resistência ambiental, metabolismo destrutivo, catabolismo, entre outros.

Para qualquer modelo, devem-se levar em consideração essas variáveis para que se possam fazer previsões adequadas.

Para Vanclay (1994), o crescimento é o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta em um determinado período de tempo. Tais dimensões podem ser o diâmetro, a altura, o volume, a biomassa, a área basal entre outros. Já a produção refere-se às dimensões ao término de determinado período.

Com o crescente aumento da demanda por produtos florestais, torna-se cada vez mais necessário o emprego de práticas de manejo adequadas para proporcionar aumento da produtividade das florestas, (HESS, 2006), e a determinação da qualidade do sítio constitui um dos mais importantes passos para um planejamento adequado e garantir o sucesso do empreendimento florestal.

A altura dominante ( $h_{100}$ ) é correspondente à altura média aritmética das 100 árvores mais grossas por hectare. É também conhecida como altura dominante de Assmann, sendo utilizada para indicar a capacidade produtiva do sítio, portanto, para a classificação de sítio, pois é pouco influenciada pelos desbastes e possui alta correlação com a produção total do povoamento. Na Alemanha, é usada em Bayer para 100 árvores e em Baden-Wurtemberg para as 200 árvores mais grossas por hectare. Sendo conhecido o diâmetro dominante, pode-se usar a relação hipsométrica para obter a altura dominante (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). Os mesmos autores citam ainda altura dominante ( $h_0$ ), como altura dominante de Weise, sendo definida como a altura de área basal média de 20% das árvores mais grossas de um povoamento. Ela pode também ser determinada como a altura média de 8% do número de árvores mais grossas. Outras definições de altura dominante são altura média das 100 árvores mais altas por hectare; altura média das árvores dominantes e codominantes; altura média das árvores dominantes; altura média das 30 árvores mais altas por hectare; altura da árvore com diâmetro igual à média aritmética do diâmetro do povoamento mais três vezes o desvio padrão; ou altura correspondente ao diâmetro médio de 20% das árvores mais grossas do povoamento.

A produção esperada para um plantio florestal depende da capacidade produtiva e estimativas seguras podem ser obtidas com avaliação precisa do crescimento. Assim, para o desenvolvimento de planos de manejo, faz-se necessário averiguar o potencial produtivo de cada povoamento, de maneira que o crescimento e a produção florestal possam ser prognosticados (ALEMDAG, 1991).

Dentre as especificações silviculturais que influenciam as decisões para o manejo de um povoamento, a rotação florestal é, sem dúvida, aquela que gera opiniões mais contraditórias. Uma decisão correta sobre a época de corte de cada povoamento, espécie ou, de cada talhão, exige conhecimento da taxa de crescimento, bem como a produção por unidade de área, segundo a idade, a capacidade produtiva e a densidade (ROSAS, 1994).

As estimativas de crescimento são de vital importância para o planejamento de um empreendimento florestal, uma vez que várias decisões dependem diretamente destas estimativas, como a determinação da quantidade de área necessária para suportar certo nível de produção presente ou desejado, a quantidade de madeira que pode ser cortada anualmente, as espécies e tipos de produtos que estão ou se tornarão disponíveis no futuro (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Para Daniel; Helms e Baker (1979), o crescimento total do povoamento pode ser expresso de várias formas, dependendo do propósito do manejo, o que pode incluir: a produção total na rotação; o volume removido nos cortes intermediários; Incremento médio anual (IMA); Incremento periódico anual (IPA); o crescimento bruto e líquido. Cada termo pode ser expresso em uma grande variedade de unidades, sendo a análise do crescimento influenciada

pela escolha da unidade, que é influenciada pelos objetivos, propósitos e regime de manejo.

As curvas de crescimento podem, porém, ser variáveis em razão do sítio e das condições de concorrência. 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 (VANCLAY, 1994; ROMAN *et al.*, 2009; DURLO; DENARDI, 1998), em consequência das interpretações e inferências silviculturais que permitem e pela possibilidade de seu uso para modelagem do crescimento florestal. 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).

Os modelos de crescimento utilizados consideram desde a simples área basal 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 focados no povoamento, ou seja, o povoamento é tomado como unidade básica para a 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.

A curva de crescimento é uma representação teórica da evolução da floresta em qualquer parâmetro dendrométrico avaliado em função do tempo. Weber (2007) apresentou a relação entre as curvas de crescimento e a produção em área transversal, identificando o crescimento acumulado da área transversal e os incrementos corrente anual (ICA) e médio anual (IMA) para *Mimosa scabrella* Benth (FIGURA 1). A curva de ICA é a definição das fases de crescimento da árvore ou povoamento a partir dos seus pontos de inflexão: a partir da idade zero até o primeiro ponto de inflexão refere-se á fase juvenil, do primeiro ponto de inflexão até o segundo ponto de inflexão define a fase madura, e a partir deste é definida a sua fase senil (ASSMANN, 1970).

A determinação da idade ótima de corte de uma árvore ou floresta exige a explicitação de que se considera como idade ótima. Sabe-se que a escolha de uma determinada idade de corte pode maximizar a produção anual média de uma floresta, mas não necessariamente o resultado econômico. Desta forma, definem-se três métodos de determinação da idade ótima de corte: maximização da produção anual média, determinação da maturidade financeira da produção florestal e determinação do ciclo florestal

financeiramente maduro e maximizado do valor de ocupação do solo (RODRIGUEZ, 1991).

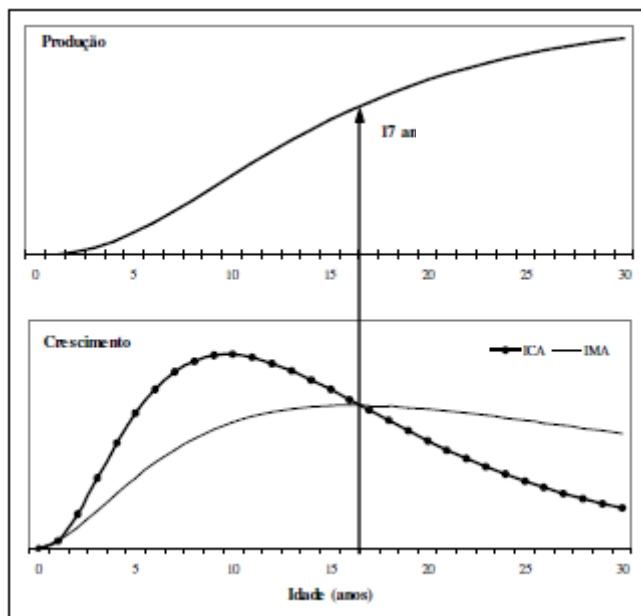


FIGURA 1 – RELAÇÕES ENTRE AS CURVAS DE CRESCIMENTO E INCREMENTO (FONTE: WEBER, 2007).

Uma vez que se tem como objetivo utilizar a madeira que é produzida em uma floresta com propósitos comerciais, o fator tempo assume especial importância. A capacidade produtiva de árvores e povoamentos depende de sua idade, e, somente se a idade é conhecida torna-se possível fazer inferências sob o desempenho das árvores ou povoamentos (Assmann, 1970).

A idade constitui a primeira variável independente considerada nos estudos de crescimento e produção de povoamentos equiâneos, e traduz o tempo físico decorrido desde a implantação da floresta até o momento atual (RODRIGUEZ, 1991).

Para Husch et al. (1982), quando o tamanho de um organismo (volume, peso, diâmetro ou altura) é relacionado com a sua idade, a curva assim

definida é chamada curva de crescimento. Deste modo, as curvas em forma de S ou sigmoide mostram o tamanho acumulado da variável em qualquer idade. Entretanto, a curva de crescimento verdadeira resulta da relação do incremento sobre a idade. Embora a forma exata da curva de crescimento mude quando as diferentes dimensões da árvore (altura, diâmetro, área basal, volume ou peso) são plotadas sobre a idade, a curva cumulativa de crescimento tem características que se mantêm estáveis para todas as dimensões. Durante a fase juvenil, a taxa de crescimento aumenta rapidamente até um máximo ponto de inflexão na curva cumulativa, e a aceleração inicialmente cresce e depois decresce para zero no segundo ponto de inflexão da curva cumulativa de crescimento.

As curvas de incremento corrente anual e incremento médio anual podem ser derivadas da cumulativa de crescimento e, conforme Avery e Burkhart (1983) o incremento corrente anual cresce, culmina e decresce rapidamente. Já o incremento médio anual cresce mais lentamente, atingindo um máximo mais tarde, quando é igual ao ICA, e em seguida declina gradualmente.

Para Husch *et al.* (1982), ao se trabalhar com curvas de crescimento, deve-se compreender que cada espécie, ou talvez cada árvore, necessita de um tempo próprio para a sua construção. Este tempo fisiológico varia com a espécie e estágio de desenvolvimento.

Schneider e Schneider (2008) afirmaram que o crescimento acelerado tem um significado especial no manejo florestal, pois se refere ao incremento do crescimento depois da liberação das árvores da concorrência, sendo uma resposta a um manejo realizado mais tarde. O crescimento acelerado em

diâmetro produz-se no caso de populações muito densas, nas quais os indivíduos liberados têm a capacidade de responder a esta liberação. Em geral, o crescimento acelerado refere-se ao súbito incremento na taxa de crescimento em diâmetro devido à redução da densidade do povoamento. A duração do período de crescimento acelerado depende da velocidade com que as árvores circundantes voltam a concorrer com o indivíduo em questão.

O resultado de um padrão regular de desbaste será um desenvolvimento uniforme dos anéis de crescimento e a conseqüente produção de melhor “fustes” de alta qualidade, com anéis de espessura uniforme. Na natureza, o objetivo é produzir um número máximo de árvores resistentes, de maior longevidade e aptas a competir com as demais. O processo de seleção, mediante a eliminação por competição, é longo e durante seu transcurso o crescimento de todas as árvores é afetado em grau variado. O desbaste baseia-se no processo natural da vida do povoamento em relação à diminuição progressiva do número de indivíduos por unidade de superfície, como conseqüência da competição pela luz, umidade e pelas substâncias nutritivas do solo (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Schulz e Rodriguez (1967) assinalam que o desbaste tem a finalidade de manipular a competição entre as árvores e destacam que a competição é o fator ecológico mais importante para o silvicultor, que pode fazer uso do desbaste para evitar conseqüências da competição excessiva e a permanência de indivíduos de má formação de fuste.

A finalidade do desbaste é concentrar a produção, em termos de incremento, nas árvores que constituirão o corte final ou as que serão aproveitadas nos desbastes comerciais. Para Craib (1947), quando se produz

madeira em plantios florestais, os custos de produção são afetados pelas densidades e dependem do espaçamento inicial, da mortalidade natural e do tipo de desbaste. O desbaste pode reduzir os custos de produção por meio de duas maneiras principais: redução da duração de rotação e produção de material de maiores dimensões.

Modelos de crescimento e produção em nível de povoamento (às vezes denominados modelos do tipo povoamento total), não explicam diretamente a variação do tamanho das árvores dentro do povoamento. Eles estimam o crescimento e, ou, a produção a partir de atributos em nível de povoamento, como idade, área basal e índice de sítio. Os melhores representantes desse tipo de modelo são os de densidade variável, além dos modelos (ou tabelas de produção) dos tipos empírico e normal. Modelos do tipo normal são os mais antigos e se aplicavam a povoamentos completamente estocados (ou normais) (CAMPOS; LEITE, 2009). Os mesmos autores citam que os modelos do tipo empírico são estáticos, não envolvendo projeção da densidade, sendo obtidos a partir de relações do tipo volume em função da idade, da área basal ou do índice de sítio. Eles geram informação de um povoamento em condições específicas de manejo, não permitindo qualquer variação no tratamento, exceto aquele já contido nos dados do ajuste do modelo. Por último, modelos do tipo densidade variável incluem a variável densidade como uma parte dinâmica do sistema de equações, sendo úteis quando o *output* pretendido é o volume por unidade de área, em especial para povoamentos submetidos a desbaste.

## 2.5 Concorrência

Os índices de concorrência ou competição expressam uma estimativa do espaço horizontal ocupado por uma árvore-amostra em relação a suas vizinhas. No meio florestal acadêmico, o diâmetro a altura do peito, a área basal, a altura (total, comercial, dominante), a área de projeção de copa e o volume de copa são conceitos bem conhecidos. Entretanto, são menos conhecidos 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, 1970).

No Brasil, são poucos os estudos que procuram relacionar variáveis morfométricas com variáveis de fácil obtenção, como o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (h). Trabalhos como os de Durlo e Denardi (1998) para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart, Durlo (2001) para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart, Nutto (2001) para *Araucaria angustifolia*, Tonini e Arco-Verde (2005) para *Bertholletia excelsa*; *Carapa guianensis*; *Tabebuia avellanadae* e *Hymenaea coubaril* e Roman *et al.* (2009) para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud, visando ao manejo das espécies em florestas nativas secundárias, mediante o estudo do espaço vital da árvore individual, corroboraram a importância das variáveis da copa para a modelagem do crescimento em diâmetro para as espécies estudadas. Isso justifica a realização de estudos que avaliem tais parâmetros, descrevendo a dimensão da copa e suas implicações para o manejo florestal.

Segundo Durlo (2001), tão logo se inicie a concorrência entre as árvores, em consequência do fechamento do espaço aéreo pelas copas, começa a diferenciação de classes sociológicas: alguns indivíduos se

sobressaem 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, também serão determinadas pela posição sociológica dos indivíduos, tornando necessária a análise dessas relações, segregadas por estrato social.

A competição que conduz à eliminação de indivíduos no povoamento também causa uma diminuição do crescimento. A proporção varia inversamente segundo o grau de dominância alcançado pelos indivíduos (posição de copa). As árvores dominantes sofrem menos que as suprimidas, que, no final são eliminadas. Deve-se destacar, ainda, que a diferenciação das copas nas diversas classes dominantes, codominantes etc., é o resultado da competição.

A eliminação de alguns indivíduos é consequência da diminuição do seu crescimento e vigor, devido à competição. A medição das variáveis morfométricas, principalmente a área de copa, consome muito tempo, e é necessário utilizar diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (h), como variáveis independentes em equações de regressão, por serem de fácil obtenção, (TONINI; ARCO-VERDE, 2005). Segundo Schneider e Schneider (2008), vários ensaios mostram que existe alta correlação entre o diâmetro do fuste (DAP) e o diâmetro da copa (DC).

O tamanho e a forma da copa influem em sua produtividade. As árvores do dossel superior têm copas horizontais, pouco densas; as do estrato inferior têm copas verticais e profundas (WADSWORTH, 2000). A

relação diâmetro de copa (DC) pelo diâmetro da árvore (DAP) pode ser utilizada como indicador de desbaste e pode-se determinar, a qualquer tempo, o espaço a ser liberado ao redor de uma árvore selecionada, para que ela cresça sem concorrência. A relação entre o diâmetro de copa e o DAP é denominada índice de saliência (DURLO; DENARDI, 1998).

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 que as árvores forem crescendo, pode ser calculado pelo índice de saliência, se existir uma correlação significativa entre este e o DAP (STAMPFER, 1995).

Stampfer (1995) usou a correlação entre o índice de saliência e o DAP de árvores isoladas de diversas espécies florestais europeias para deduzir o número máximo de indivíduos para um hectare, sem que houvesse concorrência. Este índice pode, portanto, ser usado como indicador de desbaste. Em povoamentos mistos e inequiâneos, esta 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, elevado ao quadrado, corresponde ao índice de espaço vital. Quanto menor for este índice, em média, num povoamento, tanto maior será sua área basal e, provavelmente, também seu volume por hectare.

Stampfer (1995) comenta ainda que o índice de abrangência se calcula 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, este índice pode ser também usado como indicador de desbaste ao longo da vida

do povoamento. 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. Pode servir como indicativo de desbastes em atraso, especialmente em povoamentos puros e equiâneos.

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 consenso 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 (isoladas) 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, que pode ser estimado por meio de vários métodos; no entanto, tais predições, muitas vezes, desconsideram os efeitos de competição. Os índices de competição estimam a competição total para árvores adjacentes que se assume estarem afetando o desenvolvimento de outra árvore. 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 pela sua vizinha de acordo com quatro fatores: número, tamanho, distância e orientação das árvores vizinhas. O processo de competição é

certamente diferente entre duas árvores grandes e entre uma árvore grande e uma árvore pequena. 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 (VANCLAY, 1994). 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 das condições do povoamento.

Existem vários índices de competição, dependentes da distância, em que a localização espacial entre árvores é uma exigência do modelo, e modelos independentes da distância, onde a localização espacial não interfere no resultado. 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. Em função do tipo de índice de concorrência utilizado, os modelos de crescimento para árvores singulares foram divididos em dois principais grupos: os modelos espaciais, chamados de modelos dependentes de distância, nos quais são necessárias informações sobre a localização das árvores na floresta e os não espaciais, chamados de modelos independentes de distância. Os modelos

não espaciais são mais simples e exigem menor levantamento de dados, pois não utilizam dados espaciais de localização (VANCLAY, 1994).

Um dos principais objetivos do manejo florestal é gerenciar a produção do povoamento para o máximo aproveitamento da capacidade de sítio, implementando ações para que as árvores tenham condições de alcançar as dimensões desejadas. Se a densidade do povoamento for muito baixa, as árvores não aproveitam todos nutrientes, água e luz disponíveis e, portanto, o povoamento não produz o máximo possível; se, por outro lado, a densidade do povoamento for muito alta, nutrientes, água e luz à disposição das árvores não são suficientes para seu bom desenvolvimento. O índice de densidade é um número que exprime a densidade do povoamento. Para determinar este índice usa-se certos parâmetros dendrométricos. Conforme os parâmetros usados, pode-se diferenciar entre seis tipos de índice de densidade. Dentre esses índices estão os índices de Reineke que é a razão do número de árvores por hectare pelo diâmetro, e o índice de Hart-Becking que é a razão do número de árvores por hectare pela altura dominante (BURGER, 1976).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização e descrição da área de estudo**

A coleta de dados foi realizada na Estação Experimental de Rio Negro (FIGURA 2), administrada pelo Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná e localizada às margens da rodovia BR-116 (km 200), distrito de Tijuco Preto, distante cerca de 110 km do centro de Curitiba (coordenadas 26°04'02,40" S e 49°45'58,76" W).

A Estação Experimental possui uma área de aproximadamente 129 ha, tendo sido criada em 1962 para apoiar as atividades de ensino e pesquisa da recém-criada Escola Nacional de Florestas. Atualmente, cerca de 50% da área está ocupada com plantios florestais, 30% com florestas secundárias de preservação permanente e os restantes 20% são usados para culturas anuais e pastagens.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfb, ou seja, clima mesotérmico com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C e superior a -3 °C, com pelo menos um mês com média igual ou superior a 10 °C. É um clima sempre úmido, com o mês mais seco apresentando precipitações superiores a 60 mm. Possui verões brandos, com o mês mais quente com temperatura média inferior a 22 °C (LONGHI, 1980).

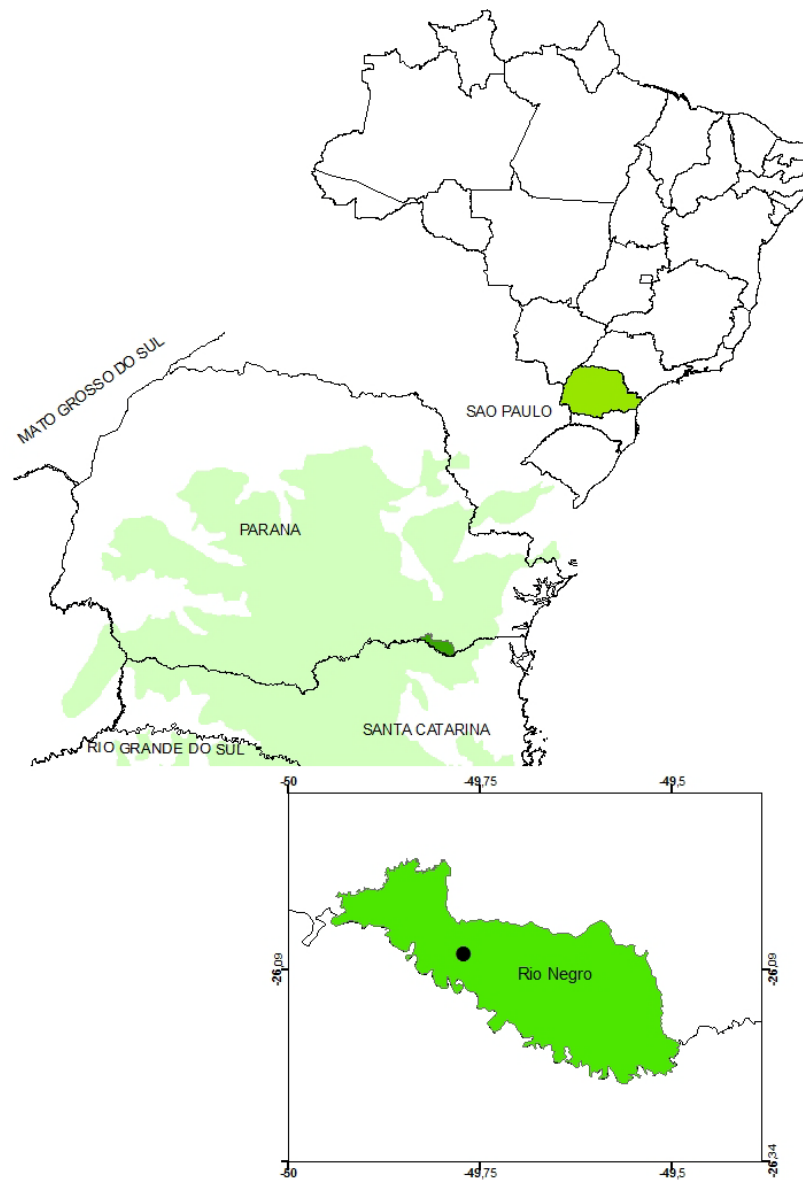


FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR.

### 3.2 Levantamento dos dados dendrométricos

Os dados utilizados para desenvolver este trabalho foram obtidos do experimento implantado em 1967, em 32 parcelas com espaçamento de 1,9m

x 3,0m totalizando 0,89376ha (FIGURA 3), localizadas na Estação Experimental de Rio Negro.

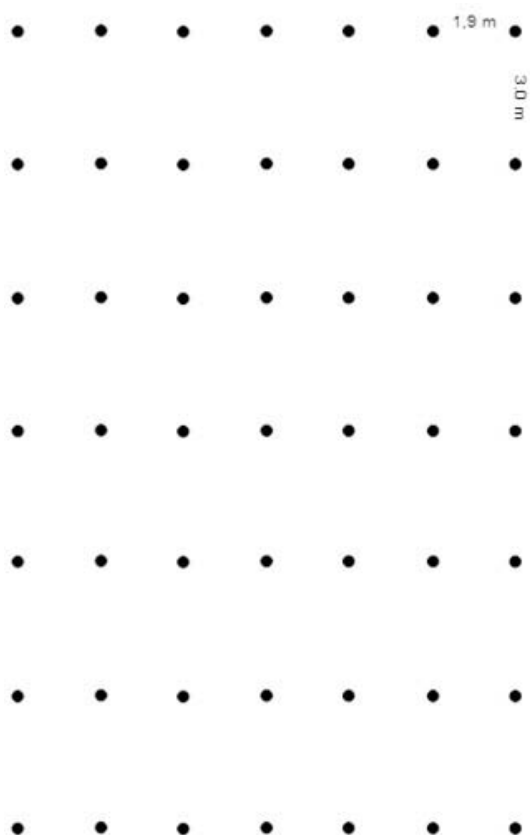


FIGURA 3 – CROQUI DE UMA PARCELA EXPERIMENTAL DO POVOAMENTO DE *Ocotea porosa*.

Foi realizada a medição dos diâmetros a 1,30 m do solo (DAP) de todas as árvores do povoamento conforme Figura 4.



FIGURA 4 – VISTA GERAL DO POVOAMENTO DE *Ocotea porosa*.

### 3.3 Seleção e corte de árvores

As árvores foram distribuídas em sete classes sociológicas, definidas em função da média e desvio padrão dos diâmetros das árvores do povoamento (TABELA 1).

TABELA 1. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DO POVOAMENTO DE *Ocotea porosa*, EM RIO NEGRO, PR COM BASE NO DIÂMETRO MÉDIO E DESVIO PADRÃO.

Classe	Limite inferior	Centro de classe	Limite superior
1	$\bar{d} - 3,5s$	$\bar{d} - 3,0s$	$\bar{d} - 2,5s$
2	$\bar{d} - 2,5s$	$\bar{d} - 2,0s$	$\bar{d} - 1,5s$
3	$\bar{d} - 1,5s$	$\bar{d} - 1,0s$	$\bar{d} - 0,5s$
4	$\bar{d} - 0,5s$	$\bar{d}$	$\bar{d} + 0,5s$
5	$\bar{d} + 0,5s$	$\bar{d} + 1,0s$	$\bar{d} + 1,5s$
6	$\bar{d} + 1,5s$	$\bar{d} + 2,0s$	$\bar{d} + 2,5s$
7	$\bar{d} + 2,5s$	$\bar{d} + 3,0s$	$\bar{d} + 3,5s$

### 3.4 Medição e coleta de amostras

Foi efetuada a cubagem rigorosa (FIGURA 5) de cada uma das árvores até 4,0 cm de diâmetro com casca, estabelecido como o limite mínimo de diâmetro comercial, semelhante ao utilizado por Campos *et al.* (1986); Sturion *et al.* (1988); Sturion e Tomaselli, (1990) e Machado *et al.* (2008).

Com a medida dos diâmetros e o comprimento de cada segmento calculou-se o volume total de madeira com casca de cada árvore pelo método de Smalian.



FIGURA 5 – CUBAGEM RIGOROSA DAS ÁRVORES PARA OBTENÇÃO DE VOLUME.

### 3.5. Ajuste de modelos para estimativa do volume

Para a estimativa do volume individual com casca das árvores do povoamento, foram ajustados 11 modelos matemáticos (TABELA 2), com os dados da cubagem das árvores.

TABELA 2. MODELOS MATEMÁTICOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME DE *Ocotea porosa*, EM RIO NEGRO, PR.

E	Modelo	Designação - Autor
01	$vol = \beta_0 + \beta_1 d^2$	Kopezky-Gehrhardt
02	$vol = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Hohenadl e Krenn
03	$lnvol = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Husch
04	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 (1/d)$	Brenac
05	$vol = \beta_1 (d^2 h)$	Spurr sem $\beta_0$
06	$vol = \beta_0 + \beta_1 (d^2 h)$	Spurr Variável combinada
07	$vol = \beta_0 + \beta_1 h + \beta_2 d^2 + \beta_3 (d^2 h)$	Stoate
08	$vol = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 (d^2 h) + \beta_3 (dh^2) + \beta_4 h^2$	Naslund
09	$vol = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \beta_3 d^2 + \beta_4 (d^2 h) + \beta_5 (dh)$	Meyer
10	$lnvol = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 \ln h$	Schumacher-Hall
11	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln (d^2 h)$	Spurr

Sendo: vol = volume da árvore;  $d$  = diâmetro a altura do peito (1,30 m de altura) da árvore;  $h$  = altura total da árvore;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  = coeficientes do modelo.

Os modelos matemáticos utilizam como variáveis independentes a altura total da árvore ( $h$ ) e o diâmetro tomado à altura do peito (DAP ou  $d$ ), para obter a variável dependente volume ( $v$ ) com casca, em  $m^3$ . Os modelos 1 a 4 são equações de simples entrada (utilizam somente o DAP como variável

independente), enquanto que os demais modelos (5 a 11) são de dupla entrada (usam DAP e altura).

### 3.6 Relação hipsométrica

Para a estimativa da altura no povoamento, foram ajustados quatro modelos matemáticos (TABELA 3).

TABELA 3. MODELOS MATEMÁTICOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DA ALTURA DE *Ocotea porosa*, EM RIO NEGRO, PR.

E	Modelo	Designação - Autor
01	$h = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Regressão Trorey
02	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Regressão Henricksen
03	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/d)$	Regressão Curtis (Ln)
04	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Regressão Stofells (Ln)

A relação hipsométrica é uma relação entre a altura e DAP das árvores e seu respectivo DAP, tratando-se de um quociente H/D (altura/diâmetro). É representada por uma curva ascendente com graus de inclinação e concavidade dependentes das características do povoamento florestal, chamada de curva hipsométrica, ou seja, curva de altura sobre diâmetro.

Conforme Bartoszeck *et. al.* (2004), a inclinação da curva hipsométrica é determinada pelo crescimento relativo dos diâmetros e das alturas das árvores que compõem o povoamento. O princípio do ajuste destes modelos é a análise de regressão, que consiste em determinar os coeficientes do modelo através do método de mínimos quadrados, ou seja, determinar os

coeficientes em que a soma dos quadrados dos resíduos (erros) seja o mínimo valor possível.

### 3.7 Critérios para seleção das melhores equações

Os critérios utilizados para a seleção da melhor equação foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado), o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{yx}$  %) e a análise gráfica de resíduos.

Nos modelos em que a variável dependente sofreu transformação logarítmica foi necessário recalcular os valores estimados pela equação efetuando-se a correção da discrepância logarítmica, multiplicando o valor estimado de cada árvore pelo fator de correção de Meyer:

$$\text{Fator de Meyer} = e^{0,5 \cdot S_{yx}^2} \quad (1)$$

Sendo:

$e = 2,718281828$ ;

$S_{yx}$  = erro padrão da estimativa.

#### *Coeficiente de determinação ajustado*

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica o quanto a relação entre a variável dependente (Y) e as independentes ( $X_i$ ) é explicada pela equação ajustada. Varia de 0 a 1 e valores de ( $R^2$ ) mais próximos da unidade indicam melhor qualidade do ajuste. Este coeficiente é obtido pela razão entre a soma dos quadrados da regressão ( $SQ_{regressão}$ ) e a soma dos quadrados do total ( $SQ_{total}$ ), conforme expresso na fórmula a seguir:

$$R^2 = \frac{SQ_{regress\tilde{a}o}}{SQ_{total}} \quad (2)$$

Sendo:

$$SQ_{regress\tilde{a}o} = SQ_{total} - SQ_{res\tilde{a}duos} ;$$

$$SQ_{total} = \Sigma(Y_i - \bar{Y})^2 ;$$

$$SQ_{res\tilde{a}duos} = \Sigma(Y_i - \hat{Y}_i)^2 ;$$

$Y_i$  = valores reais observados;

$\bar{Y}$  = média reais observadas;

$\hat{Y}_i$  = valores estimados pela equação.

O coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado) é utilizado quando são comparadas equações com um número diferente de variáveis independentes, ponderando-se o  $R^2$  pelos graus de liberdade do total (numerador) e dos resíduos (denominador). Sendo este o caso dos modelos ajustados no presente estudo que apresentavam diferentes números de coeficientes, optou-se por utilizar o  $R^2$  ajustado, o qual é obtido pela seguinte expressão:

$$R^2 = 1 - \left[ (1 - R^2) \cdot \frac{(n-1)}{(n-p)} \right] \quad (3)$$

Sendo:

n = número de observações;

p = número de coeficientes da equação.

Nas equações em que a variável dependente apresentou transformação logarítmica, o  $R^2$  e o  $R^2$  ajustado foram calculados com base

nos valores estimados corrigidos para cada variável, pelo fator de Meyer, como apresentado previamente.

#### *Erro padrão da estimativa em porcentagem*

O erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) é o erro cometido quando a equação ajustada é usada para se obter uma estimativa. Quanto mais baixo for o erro, melhor será a equação ajustada. O  $S_{yx}$  calculado para as equações através da seguinte expressão:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{SQ_{resíduos}}{n - p}} \quad (4)$$

O  $S_{yx}$  em porcentagem ( $S_{yx}\%$ ) expressa o erro em termos relativos e é calculado a partir da fórmula:

$$S_{yx}\% = \left( \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Para as equações que apresentavam sua variável dependente transformada, foi efetuada a correção da discrepância logarítmica por meio do fator de Meyer. Assim, foram recalculados o  $S_{yx}$  e  $S_{yx}\%$  para os valores corrigidos.

#### *Análise gráfica de resíduos*

A distribuição de resíduos é um indicador importante e muito utilizado para avaliar a qualidade do ajuste da equação. Conforme Bussab e Morettin (2002), a análise de resíduos consiste em avaliar o comportamento do modelo

junto aos dados observados, verificando-se as discrepâncias entre os valores observados e os valores estimados pelo modelo.

A tendência de superestimar ou subestimar a variável de interesse pode ser constatada por uma distribuição não uniforme dos dados ao longo da reta que corresponde ao resíduo zero. Esta análise é efetuada levando em consideração a fórmula utilizada para obter os valores dos resíduos em sua forma relativa:

$$e = \left( \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) * 100 \quad (6)$$

Sendo:

$e$  = resíduo;

$Y_i$  = valores observados;

$\hat{Y}_i$  = valores estimados pela equação.

Segundo Draper e Smith (1980), a análise gráfica dos resíduos em sua forma relativa, em função da variável dependente estimada é a maneira mais adequada de se verificar possíveis tendenciosidades da estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão.

Para escolha do melhor modelo foram atribuídos pesos a cada estimador de ajuste e precisão, variando de 1 a 11, sendo para cada parâmetro usado 1 para a melhor equação e 11 para a pior. Em seguida, foram somados os valores obtidos para cada equação. O modelo que apresentou o menor valor ponderado e a melhor distribuição dos resíduos foi considerado o melhor modelo para estimar o volume com casca das árvores individuais.

### 3.8 Ajuste de equação de crescimento e ajuste de crescimento em diâmetro de *Ocotea porosa*

Após cubagem rigorosa das árvores que foram derrubadas, foram retirados 12 discos a 1,30m de altura (diâmetro à altura do peito – DAP) e 12 discos da base, totalizando 24 amostras (FIGURA 6). Os discos foram secos à temperatura ambiente e posteriormente lixados para melhor visualização dos anéis de crescimento.



FIGURA 6 – DISCOS DE *Ocotea porosa* RETIRADOS A 1,30M DE ALTURA DO SOLO E DA BASE E POSTERIORMENTE LIXADOS PARA ANÁLISE EM LABORATÓRIO.

Os anéis de crescimento foram contados e medidos em oito raios para as amostras retiradas a 1,30 m de altura do solo, para maior precisão da estimativa do incremento médio anual em diâmetro e em quatro raios para as amostras retiradas da base, para datação dos anéis de crescimento entre discos da mesma árvore e para estimativa da idade de cada árvore. A medição foi feita com auxílio de microscópio estereoscópico e de mesa de mensuração de anéis, com precisão de 0,01 mm (FIGURA 7).

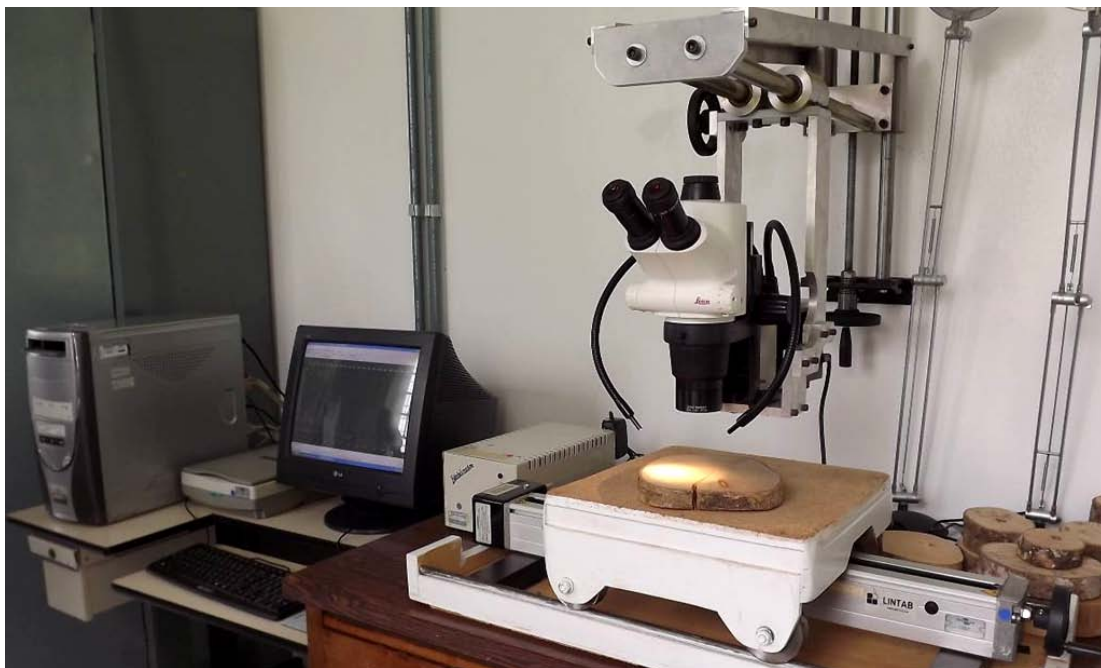


FIGURA 7 – MEDIDOR DE ANÉIS DE CRESCIMENTO LINTAB, ACOPLADO A UM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO.

Foi efetuada ANOVA para identificação de diferenças significativas entre os valores de incremento corrente anual para as 12 árvores selecionadas. Pela grande amplitude diamétrica e posição sociológica marcadamente diferenciadas, optou-se por analisar o crescimento das árvores agrupando-as por classes de diâmetro semelhantes. A partir dessa separação, foi feita a comparação das médias pelo teste Tuckey. Na sequência, foram ajustadas equações de crescimento para cada classe de diâmetro considerada.

### **3.9 Avaliação de índices de competição e índices morfométricos**

Cada árvore selecionada para corte, denominada árvore principal, teve as distâncias até as árvores concorrentes ou vizinhas medida com trena. Foram medidos também os DAPs com fita métrica e após a derrubada foi medida a altura total das árvores principais com trena. A altura total das

árvores vizinhas foi estimada, usando como parâmetro a altura da árvore principal. Das árvores selecionadas para corte estimou-se também o diâmetro de copa ( $dc$ ), em oito raios, com o auxílio de fita métrica, considerando cada raio como a distância do tronco até o ponto extremo da projeção da copa (FIGURA 8). O primeiro raio foi tomado partindo do ponto cardinal Norte, sendo os seguintes medidos na sequência: noroeste, oeste, sudoeste, sul, sudeste, leste e nordeste, determinados com o auxílio de bússola.

A partir dos dados de campo, foram calculadas as seguintes variáveis para cada árvore:

a) Diâmetro de copa ( $dc$ ): calculado pela média aritmética dos oito raios de copa, em metros:

$$dc = 2Rc \quad (7)$$

Em que:  $dc$  = diâmetro de copa em m;  $Rc$  = raio médio da copa em metros.

b) Área de projeção da copa ( $Sc$ ): calculada usando os raios médios de copa:

$$Sc = \pi Rc^2 \quad (8)$$

Em que:  $Sc$  = área de projeção da copa em  $m^2$ ;  $Rc$  = raio médio da copa em metros.

c) Número potencial de árvores por hectare para cada área de projeção de copa ( $Np$ ):

$$Np = \frac{10.000}{Sc} \quad (9)$$

Em que:  $Np$  = número potencial de árvores por hectare; 10.000 = área em  $m^2$  equivalente a 1 hectare e  $Sc$  = área de projeção da copa em  $m^2$ .



FIGURA 8 – MEDIÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE O TRONCO DA ÁRVORE SELECIONADA ATÉ O PONTO EXTREMO DA PROJEÇÃO DA COPA.

A competição foi testada por meio de índices de concorrência independentes e dependentes da distância, para cada árvore selecionada.

Os índices independentes da distância testados foram:

*Basal Area Larger* – BAL: soma da área basal das árvores maiores que a árvore principal

$$BAL = \sum_{i=1}^n g \quad (10)$$

Sendo: n = número de árvores com circunferência a altura do peito maior que a árvore-amostra no ponto amostral; g = área transversal, em m<sup>2</sup>.

O índice de BAL busca quantificar a concorrência por espaço entre as árvores, considerando como competidoras aquelas com área transversal maior que a árvore principal. Logo, quanto maior o índice, maior a competição exercida sobre o indivíduo considerado.

#### Índice de Glover e Hool

$$IGH = \frac{d_i^2}{\bar{d}^2} \quad (11)$$

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

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

O índice dependente da distância testado foi o Índice de Hegyi:

$$IH = \sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{d_j} \right) \frac{1}{L_{ij}} \quad (12)$$

Sendo:  $d_i$  e  $d_j$  = diâmetro da árvore considerada e concorrente, em centímetro, respectivamente;  $L_{ij}$  = distância da árvore principal até a concorrente  $j$ , em metros;  $n$  = número de árvores concorrentes.

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

A partir do melhor índice de competição, foi definida uma equação de incremento, para árvore individual (VANCLAY, 1994; CAMPOS; LEITE, 2009).

Os índices morfométricos das árvores, calculados usando planilha eletrônica, foram: Índice de saliência e grau de esbeltez, onde conforme mencionado anteriormente,  $is = DC/DAP$  e grau de esbeltez será discutido a seguir.

As fórmulas utilizadas para cálculo dos índices de competição foram retiradas do trabalho de Kiernan; Bevilacqua e Nyland, (2008).

### **3.10 Determinação da densidade ótima de árvores por hectare**

Com a equação hipsométrica foi ajustada uma equação para obtenção das alturas por classe de diâmetro para cálculo do grau de esbeltez. Assim, utilizando-se a área de projeção de copa, o grau de esbeltez calculado e altura dominante obtida pela média das alturas das árvores dominantes e codominantes, foi determinado o número ideal de árvores de acordo com o diâmetro médio alcançado (CLUTTER *et al*, 1983; ABETZ; OHNEMUS,1994).

#### **3.10.1 Projeção de copa**

A área da projeção de copa é calculada pela fórmula:

$$PC = \frac{\pi d^2}{4} \quad (13)$$

Sendo  $d$  = diâmetro médio de copa de 4 medições de diâmetros em metros.

Assim:

$$N = \frac{10.000}{Pc} \quad (14)$$

Sendo N = Número de árvores; 10.000 = área em m<sup>2</sup> equivalente a um hectare e Pc = projeção de copa em m<sup>2</sup> do diâmetro médio do povoamento.

### 3.10.2 Grau de esbeltez e altura dominante

O cálculo do grau de esbeltez é dado por:

$$Ge = \frac{Dc}{h} \quad (15)$$

Sendo Dc = diâmetro de copa em metros e h = altura da árvore em metros.

A altura dominante utilizada para cálculo do espaço vital foi o da altura média das árvores dominantes e codominantes, (SCHNEIDER; SCHNEIDER 2008).

$$ev = Ge \times hdom \quad (16)$$

Sendo ev = espaço vital da árvore; Ge = grau de esbeltez e hdom = altura dominante.

Assim, para obter a densidade ótima de árvores por hectare no povoamento, efetuou-se o cálculo abaixo:

$$N = \frac{10.000}{ev^2} \quad (17)$$

Sendo N = número de árvores com possibilidade de serem estocadas em diâmetro médio especificado; 10.000 = área equivalente a 1 hectare em m<sup>2</sup> e ev<sup>2</sup> = espaço vital da árvore em m<sup>2</sup>.

### **3.11 Proposta para manejo do povoamento atual**

Uma vez que o povoamento atual encontra-se estagnado e sem tratamentos silviculturais foi definida uma proposta com base na densidade ótima de árvores por hectare utilizando os resultados dos métodos de análise aplicados: curvas de crescimento, grau de esbeltez, projeção de copa, distribuição diamétrica sociológica e o espaçamento. Foi definida uma retirada mínima ideal de indivíduos para possibilitar o crescimento em 5 anos, considerando esse intervalo suficiente para observar e analisar as respostas ao tratamento de desbaste a ser aplicado.

### **3.12 Proposta de manejo da *Ocotea porosa* em povoamentos com condições semelhantes de plantio e região**

De acordo com a curva de crescimento, IMA, ICA e mortalidade foram identificados os anos ideais de desbastes e de corte final. Com a equação de prognose das árvores individuais das classes de melhor desempenho foram adaptados alguns pressupostos sobre condições ideais de manejo, foi projetado o volume total. De acordo com duas situações de desbaste foi identificado o volume final (corte final mais desbastes) ao final das rotações consideradas. A mortalidade identificada no povoamento atual balizou a correção de volume.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do povoamento

O povoamento de *Ocotea porosa* com 44 anos se apresentava com 963 árvores por hectare distribuídas numa área de 0,8937 hectares totalizando 32 parcelas experimentais, o diâmetro médio foi de 22 cm com desvio padrão de 8,43 cm. A distribuição por classe diamétrica deu-se a partir do diâmetro médio e do desvio padrão (TABELA 4), onde a menor classe de diâmetro adotada foi a classe 2, pois não havia indivíduos na primeira classe.

TABELA 4. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DO POVOAMENTO DE *Ocotea porosa*, EM RIO NEGRO, PR.

Classe	Limite inferior	C. Classe	Limite superior
1	-7,8	-4	0,6
2	0,6	5	9,1
3	9,1	13	17,5
4	17,5	22	25,9
5	25,9	30	34,4
6	34,4	39	42,8
7	42,8	47	51,2

Observou-se uma concentração de árvores nas classes centrais, como apresentado na figura 9, sendo que 485 árvores por hectare estavam em condições de maior exposição à luz solar entre parcelas e na bordadura externa.

A mortalidade média estimada foi de 1% ao ano, considerando a diferença entre população inicial de 1.754 árvores por hectare quando da implantação do povoamento em 1967 e a população atual, que é de 963 árvores por hectare.

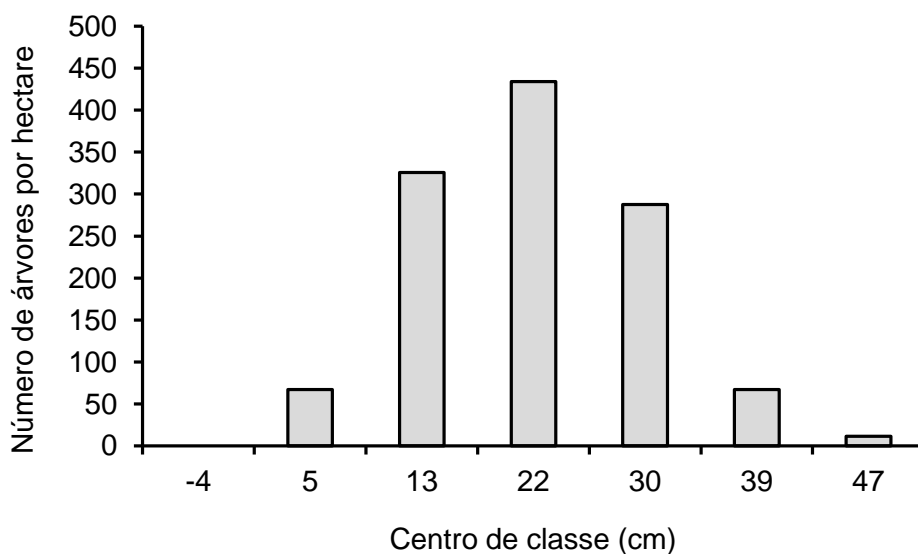


FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EQUIVALENTE A UM HECTARE DE PLANTIO DE *Ocotea porosa* COM 44 ANOS.

A curva das frequências dos diâmetros foi a de distribuição normal com leve assimetria, sendo o lado esquerdo mais curto que o lado direito (FIGURA 9), que pode ser acentuado com o desbaste baixo (BURGER, 1980; GADOW; HUI, 1997).

#### 4.2 Equações volumétricas para *Ocotea porosa*

Foram derrubadas e cubadas 12 árvores, com DAP entre 3,98 cm e 43,13 cm e altura entre 5,10 m e 20,40 m.

A seleção da melhor equação para predição de volume não é uma decisão simples e depende da avaliação simultânea de vários parâmetros estatísticos associados ao melhor ajuste e maior simplicidade do modelo (DRAPER; SMITH, 1980).

Na tabela 5 são apresentados os resultados da análise de regressão dos 11 modelos testados, dos quais 7 modelos apresentaram bons ajustes. Em geral, os modelos apresentaram alto coeficiente de determinação, com valores superiores a 0,96; e erro padrão da estimativa variando de 15,98% a 35,96%. O F calculado variou de 60,88 a 1.523,71.

Os valores ponderados que permitiram a seleção do melhor modelo estão representados na tabela 6. Os modelos de Spurr sem  $\beta_0$  e o de Spurr Variável Combinada foram os que apresentaram os melhores resultados, seguido do de Kopezky-Gehrhardt.

O modelo que teve menor escore foi o modelo 05 (Spurr sem  $\beta_0$ ), seguido do modelo 06 (Spurr variável combinada) e o modelo 01 (Kopezky-Gehrhardt), sendo os melhores nesse estudo, entre os modelos analisados. Destaca-se que o parâmetro Fcal, não foi o melhor para os modelos 1 e 6, dentre os modelos testados, entretanto obtiveram um melhor valor de Syx%.

TABELA 5. ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME DE *Ocotea porosa*.

Equação	Coeficientes						R <sup>2</sup> aj	Syx%	Fcal
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$			
1. Kopezky- Gehrhardt	-0,10917	0,001211	-	-	-	-	0,9619	16,79	383
2. Hohenald e Krenn	-0,0961	-0,00097	0,001227	-	-	-	0,9746	17,30	180
3. Husch	-9,79618	2,872497	-	-	-	-	0,8716	35,96	737
4. Brenac	-5,38372	1,738097	-16,8821	-	-	-	0,9690	17,95	899
5. Spurr sem $\beta_0$	-	0,0000554	-	-	-	-	0,9646	17,97	971
6. Spurr Variável Combinada	-0,2273	0,0000563	-	-	-	-	0,9700	15,98	424
7. Stoate	1,70317	-0,09102	-0,00136	0,000127	-	-	0,9668	17,39	119
8. Naslund	1,552661	-0,00235	0,000135	0,000123	-0,00589075	-	0,9720	18,27	81
9. Meyer	-9,6089	0,902708	0,472601	-0,01878	0,000984	-0,04469	0,9703	18,89	61
10.Schumacher-Hall	-11,0121	2,316272	1,035213	-	-	-	0,9680	19,58	700
11.Spurr	-11,1186	1,131081	-	-	-	-	0,9767	17,66	1.524

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  = coeficientes do modelo R<sup>2</sup>aj - coeficiente de determinação ajustado; Syx% - erro padrão da estimativa percentual; Fcal - valor de F da análise de variância.

TABELA 6. VALORES PONDERADOS PARA 11 MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME DE *Ocotea porosa*, EM RIO NEGRO, PR.

Modelo	Coeficientes			Valor
	R <sup>2</sup> ajustado	Syx %	F est	Ponderado
1. Kopezky- Gehrhardt	3	2	7	12
2. Hohenald e Krenn	4	3	8	15
3. Husch	11	11	4	26
4. Brenac	7	6	3	16
5. Spurr sem $\beta_0$	1	7	2	10
6. Spurr Variável Combinada	2	1	6	9
7. Stoate	5	4	9	18
8. Naslund	8	8	10	26
9. Meyer	9	9	11	29
10. Schumacher-Hall	10	10	5	25
11. Spurr	6	5	1	12

R<sup>2</sup>aj - coeficiente de determinação ajustado; Syx - erro padrão da estimativa; Syx % - erro padrão da estimativa percentual; Fcal - valor de F da análise de variância.

Os gráficos de resíduos não devem ser observados isoladamente, mas sim, aliados aos dados do R<sup>2</sup> aj, e do Syx%, de forma a verificar o comportamento do modelo matemático em toda a linha de regressão.

Os gráficos de resíduo dos três modelos que apresentaram os melhores escores podem ser visualizados na figura 10, bem como as equações de volume ajustadas.

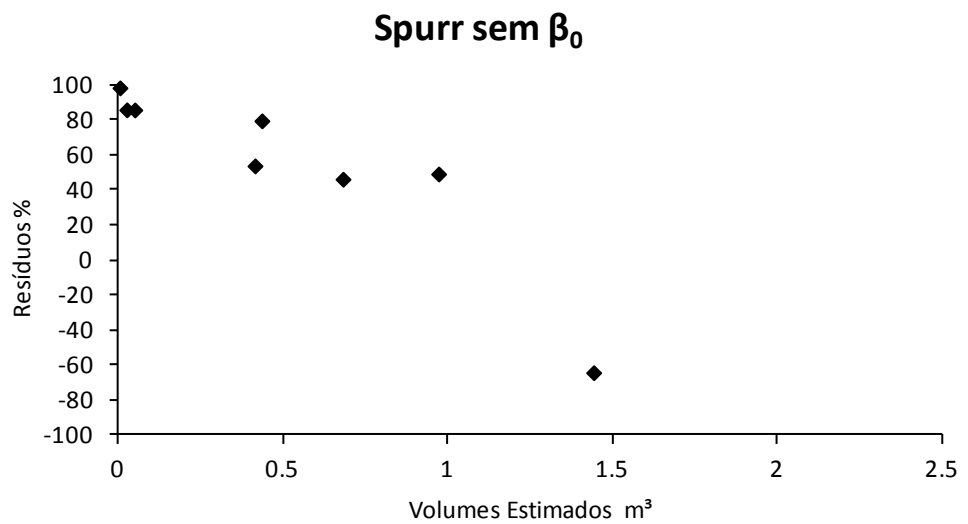
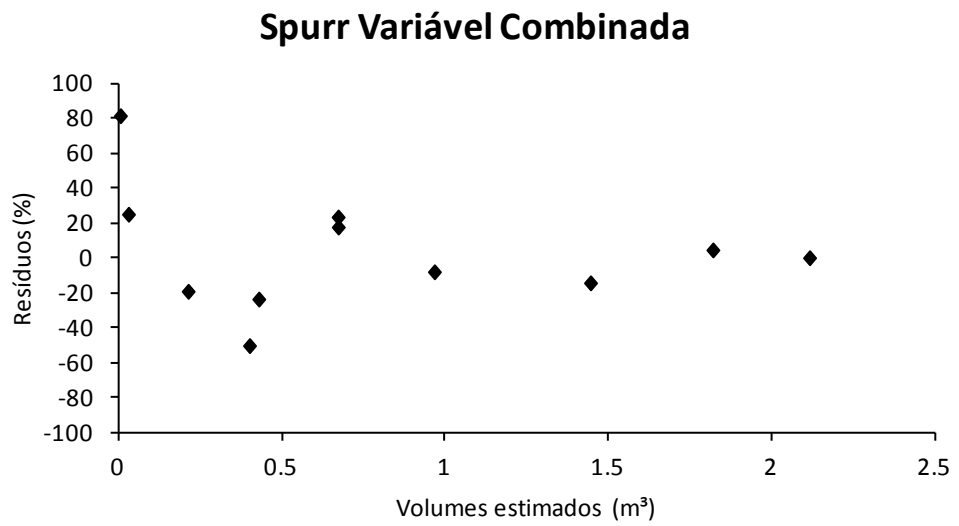
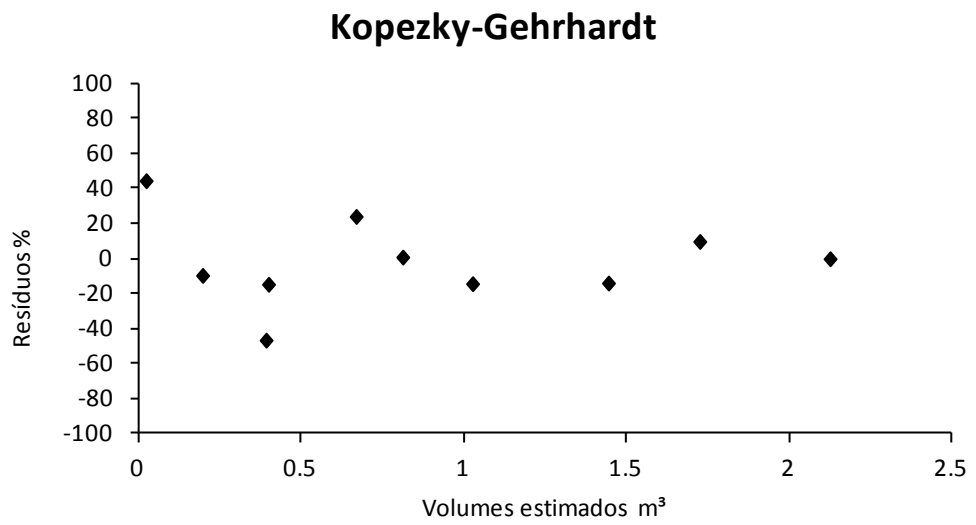


FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA AS EQUAÇÕES DE KOPEZKY-GEHRHARDT, SPURR VARIÁVEL COMBINADA E SPURR SEM  $\beta_0$ .

TABELA 7. EQUAÇÕES DE VOLUME PARA *Ocotea porosa*

Designação - Autor	Equação Ajustada
Kopezky-Gehrhardt	$V = -0,10917 + 0,001211d^2$
Spurr variável combinada	$V = -0,02273 + 5,63E-05(d^2h)$

Sendo:  $V$  = volume com casca em  $m^3$ ;  $d$  = diâmetro a 1,30 m de altura do solo;  $h$  = altura total da árvore.

Equações de volume desenvolvidas para espécies da Floresta Ombrófila Mista se restringem quase que exclusivamente a plantios de araucária (MACHADO *et al.*, 2000; SANQUETTA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011), e *Mimosa scabrella* (MACHADO *et al.*, 2008). Equações para imbuia são inexistentes, dificultando o planejamento da produção em plantios dessa espécie.

Entre as equações de dupla entrada (diâmetro e altura) as equações de Spurr sem  $\beta_0$  e Spurr Variável Combinada apresentaram o menor valor na ponderação. Mesmo tendo apresentado o melhor valor ponderado, o modelo de Spurr sem  $\beta_0$  não foi o modelo selecionado dentre os de dupla entrada. Entre as equações de simples entrada, a de Kopezky-Gehrhardt apresentou a menor pontuação da ponderação, melhor distribuição de resíduos e melhor estimativa do volume.

Quanto ao gráfico de resíduos os modelos (Kopezky-Gehrhardt e Spurr variável combinada, apresentaram distribuição de resíduos não aleatória ao longo da reta. Spurr sem  $\beta_0$  apresentou tendenciosidade na estimativa dos menores volumes.

Considerando que o modelo de Kopezky-Gehrhardt é de simples entrada, ou seja, não utiliza a variável altura, seria o mais indicado quando houver necessidade de otimizar as atividades de campo e o de Spurr Variável

Combinada, quando for necessária maior precisão da estimativa. As equações de volume de simples entrada são mais vantajosas por demandarem menor esforço no campo e processamento (COUTO; BASTOS, 1987). No entanto, as equações de dupla entrada devem ser utilizadas quando se deseja maior precisão nas estimativas (THIERSCH *et al.*, 2006). Outros trabalhos indicam modelos de simples e de dupla entrada para estimativa de volume de povoamentos, como o de Tonini *et al.* (2005), para paricá; Thiersch *et al.* (2006) e Vieira *et al.* (2007), para *Eucalyptus* e Vieira *et al.* (2008) para *Tectona grandis*.

Segundo Thiersch *et al.*, (2006), as equações de simples entrada são normalmente aplicadas quando a correlação entre o diâmetro e a altura é muito forte. As árvores de *Ocotea porosa* estudadas apresentaram alta correlação entre altura e diâmetro, sendo desse modo compatível com a seleção do modelo de Kopecky-Gehrhardt, de simples entrada. Esse modelo também foi o que apresentou o melhor ajuste em trabalhos com estimativa de volume em *Eucalyptus* (THIERSCH *et al.*, 2006) e Paricá (TONINI *et al.*, 2005).

Pela aplicação da equação selecionada ( $v = -0,069 + 0,0011d^2$ ), observa-se que as parcelas com maior percentual de volume de árvores de bordadura apresentaram maior volume total, refletindo o efeito negativo da competição por luz nas árvores internas.

### 4.3 Relação hipsométrica

A relação hipsométrica com o melhor ajuste foi a equação de Regressão Henricksen ( $h = -2,43932177 + 6,545923733 \cdot \ln DAP$ ), que apresentou alto valor de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj} = 0,85$ ), baixo erro padrão da estimativa em porcentagem ( $Syx \% = 11,86\%$ ) e  $F_{calc}$  igual a 66. O gráfico de resíduos encontra-se na figura 11.

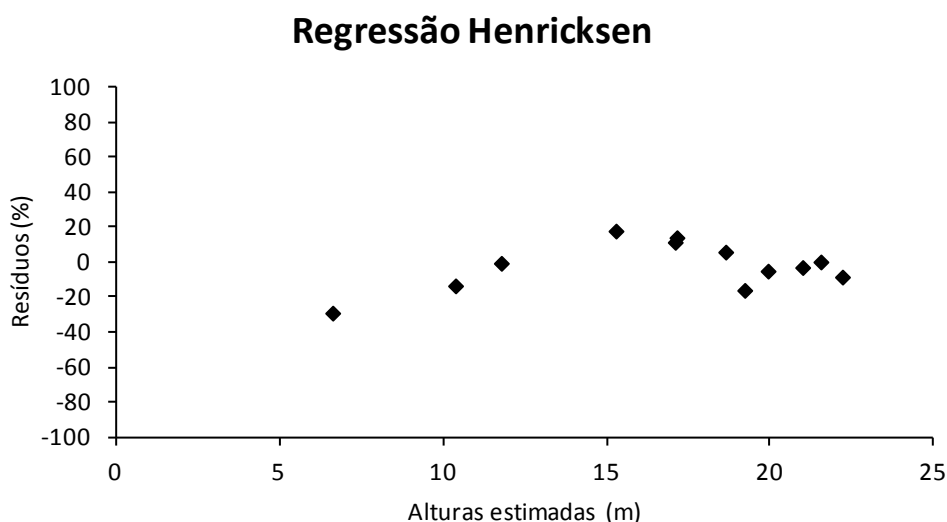


FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS PARA A RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.

### 4.4 Crescimento em diâmetro de *Ocotea porosa*

As amostras apresentaram anéis de crescimento visíveis e de fácil leitura. O limite dos anéis de crescimento era delimitado por linha tangencial de cor mais escura formada pelo espessamento e achatamento das paredes das fibras, conforme descrito por Rondon Neto (2003) (FIGURA 12).



FIGURA 12 – ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Ocotea porosa*.

Os discos da base, das árvores maiores apresentaram 44 camadas de crescimento, confirmando a idade de implantação do povoamento. Alguns autores indicam a confirmação da idade em árvores plantadas, pela contagem das camadas de crescimento como em trabalhos realizados por Poussart *et al.* (2004); Chowdhury *et al.* (2008); Nicolini *et al.* (2010), entre outros.

As árvores com menores diâmetros apresentaram menor número de anéis de crescimento na base, algumas chegando a ter 29 camadas a menos que a idade esperada, refletindo a condição de crescimento insatisfatório, ou de árvores consideradas suprimidas ou com estagnação completa. Anéis de crescimento ausentes são frequentes em árvores suprimidas, em condições naturais ou em plantios como relatado por Lorimer *et al.* (1999) para *Acer saccharum*.

O incremento médio anual das árvores estudadas foi igual a 0,61 cm ano<sup>-1</sup>, variando de 0,03 cm ano<sup>-1</sup> a um incremento máximo de 1,53 cm ano<sup>-1</sup>.

As árvores que alcançam o dossel apresentavam grande diâmetro (maiores classes de DAP) e, com isso, maiores taxas de incremento no período analisado. Esse padrão de crescimento foi relatado por Assmann

(1970). No Sudeste Asiático, na Malásia Peninsular, Manokaran e Kochummen (1993) apresentaram os resultados de incremento para 48 espécies florestais, sendo que as principais espécies do dossel resultaram em valores de 0,5 a 3,5 mm ano<sup>-1</sup>. Na América Tropical, Clark e Clark (1987), na estação La Selva na Costa Rica, para a espécie *Dipteryx panamensis* encontraram um incremento médio de 5 a 8 mm ano<sup>-1</sup>.

Em trabalho realizado por Silva *et al.* (2003) em árvores da Bacia do rio Cuieiras, na Amazônia Central, as árvores de maior porte diamétrico apresentavam maiores incrementos. Isso pode ocorrer devido à maior atividade fotossintética, uma vez que essas árvores, de acordo com Hubbell *et al.* (1999), em sua grande maioria, ocupam o dossel da floresta tendo principalmente maior oferta de luz.

Embora o desempenho de crescimento diferente entre condições naturais e plantadas seja esperado, para espécies arbóreas, observou-se, neste estudo, crescimento semelhante ao de indivíduos de *Ocotea porosa* em condições naturais. Sanquetta *et al.* (2007) observaram um crescimento de *Ocotea porosa* igual a 0,14 cm ano<sup>-1</sup> no ano de 2003 e 0,20 cm ano<sup>-1</sup> no ano de 2004 em remanescente de FOM, em General Carneiro, PR, semelhante ao das árvores suprimidas e dominadas do povoamento estudado (TABELA 10), incremento médio anual de 0,25 cm ano<sup>-1</sup>, 0,27 cm ano<sup>-1</sup> e 0,35 cm ano<sup>-1</sup>, encontrados respectivamente por Mattos *et al.* (2007) em Candói, PR e Figueiredo Filho (2003) em Irati, PR. e Schaaf *et al.* (2005) em São João do Triunfo, PR, compatível com os valores encontrados para as árvores codominantes. Finalmente, árvores com crescimento maior, IPA<sub>20anos</sub> 0,57 cm

ano<sup>-1</sup> semelhante ao observado para as dominantes desse estudo, foram observadas em floresta natural, em Caçador, SC (MATTOS *et al.*, 2010).

Essas diferenças observadas em condições naturais podem ser decorrentes da variabilidade genética, das características ambientais do local, ou mesmo das condições de competição presentes. Por esse motivo, para implantação de novos povoamentos, deve-se ter o cuidado de se identificar em campo as progênies que apresentem melhor desempenho em ambientes semelhantes aos do plantio, para a composição do material genético que irá formar esse novo povoamento. Alguns trabalhos já são encontrados mostrando a importância de se estudar a variabilidade genética de *Ocotea porosa*, como Kalil Filho *et al.* (2004, 2008). No entanto, muitas vezes são desconsideradas na fase de planejamento e implantação de novas áreas, pois informações sobre o crescimento de espécies nativas nem sempre são publicadas de forma sistematizada.

Pela grande diferença diamétrica entre árvores, optou-se por proceder à análise de crescimento considerando quatro categorias diamétricas conforme apresentado na (TABELA 8).

Para cada um dos quatro grupos, foi ajustada uma equação de crescimento em diâmetro (FIGURA 13). Para as classes que obtiveram menor diâmetro (dominadas e suprimidas) o melhor ajuste foi obtido com a equação de Chapman-Richards e para as classes dominantes e codominantes a equação de Gompertz se ajustou melhor. Observou-se um ajuste das equações obtidas, com alto R<sup>2</sup>, baixo Syx% e alto valor de F, com melhor ajuste para as classes com crescimento maior (codominantes e dominantes) (TABELA 9).

TABELA 8– AGRUPAMENTO DAS ÁRVORES COM DIÂMETROS SEMELHANTES PARA FORMAR QUATRO CLASSES SOCIOLÓGICAS DISTINTAS ENTRE SI.

Diâmetro (cm)	Árvore	Classes sociológicas
6,68	Imbuia 4	Suprimidas
3,98	Imbuia 8	
8,75	Imbuia 12	
19,74	Imbuia 1	Dominadas
14,96	Imbuia 2	
20,05	Imbuia 3	
30,24	Imbuia 5	Codominantes
27,31	Imbuia 10	
25,15	Imbuia 11	
43,13	Imbuia 6	Dominantes
35,81	Imbuia 7	
38,99	Imbuia 9	

TABELA 9: COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MELHORES MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Ocotea porosa* COM 44 ANOS DE PLANTIO.

Classe	Coeficientes			Ajuste		
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	Syx%	F
Dominante (G)	39,0801	1,2603	0,0770	0,994644	12,12408	3.796,93
co-dominante (G)	27,8056	1,1607	0,0858	0,995426	11,0289	4.053,04
Dominada (C-R)	1,0	-0,6734831	-0,9391622	0,921403	20,12728	283,93
Suprimida (C-R)	8,1390	1,0297	0,0586	0,803757	36,9465	51,0

Sendo: G = equação de Gompertz; C-R = equação de Chapman-Richards;  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  = coeficientes da equação;  $R^2$  = coeficiente de determinação; Syx% = erro padrão da estimativa e F = valor de F da análise de variância.

Como esperado, a taxa de crescimento foi maior em posições de plena luz solar, decrescendo à medida que diminuiu o grau de exposição da copa à luz na floresta. Na figura 13 é possível visualizar as quatro classes de crescimento em diâmetro, bem como o ponto de inversão da curva para cada classe (ponto de encontro das setas de identificação), ou redução do crescimento, sendo que para a classe suprimida, a redução do crescimento ocorre a partir do quarto ano e para as classes dominadas, codominantes e dominantes essa redução ocorre por volta dos 12 anos no DAP. Neste ponto pode-se inferir o momento em que a competição por luz começou a interferir no crescimento das árvores.

A partir desse resultado, os dados de incremento anual foram reorganizados por classe diamétrica (tratamento), sendo observadas diferenças significativas entre as árvores estudadas (TABELA 10).

TABELA 10– INCREMENTO MÉDIO ANUAL CONSIDERANDO AS QUATRO CLASSES DIAMÉTRICAS

Diâmetro	Todas as árvores	Dominante	Co-dominante	Dominadas	Suprimidas
Até 5 cm	0,50304 a	0,63013 c	0,68766 ab	0,50246 a	0.34837 a
5 -10	0,73432 a	1,01810 a	0,84587 a	0,67244 a	0.42478 a
10 - 15	0,66216 a	1,07048 a	0,75849 a	0,60998 a	0.17530 b
15 - 20	0,57218 a	1,06920 a	0,73836 a	0,15122 b	-
20 -25	0,63939 a	0,96194 ab	0,45507 bc	-	-
25 - 30	0,60192 a	0,71986 bc	0,26493 c	-	-
30 - 35	0,52479 a	0,58310 c	-	-	-
35 - 40	0,53625 a	0,53625 c	-	-	-

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

Observa-se que as árvores dominantes apresentam um crescimento com redução menos intensa, ao contrário do que acontece nas demais classes (TABELA 10).

A *Ocotea porosa* é a espécie arbórea mais longeva da “mata de araucária” podendo ultrapassar os 500 anos de idade. Em Santa Catarina encontrou-se um exemplar de mais de 2.700 anos (CARVALHO, 2003). Mattos *et al.* (2010) em trabalho realizado na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador/SC apresentaram resultados de crescimento em 90 anos de medições, com maior crescimento para árvores de imbuia com diâmetros entre 80 a 100 cm de DAP. Entretanto, sob condições de plantio, podem ocorrer mudanças no ciclo da árvore, como relatado por Ricken *et al.* (2011) em Adrianópolis, para cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.var.*australis* (F.v.M.) C.DC.) que apresentou um ciclo econômico sob plantio naquelas condições de não mais que 12 anos e diâmetro de 80 cm, confrontando com relatos de literatura sob condições naturais, em que a espécie é apresentada como longeva, com potencial para atingir até 3 m de diâmetro (BOLAND *et al.*, 2006).

Outra aplicação importante dos resultados de crescimento obtidos no presente trabalho é a possibilidade de, pelo padrão de crescimento em condições de plantio, sugerir que muitas árvores de imbuia em condições naturais poderiam ser manejadas para atingir maiores diâmetros com incremento diamétrico maior, se fossem efetuadas intervenções na floresta para aumentar a incidência de luz e favorecer as árvores de imbuia remanescentes.

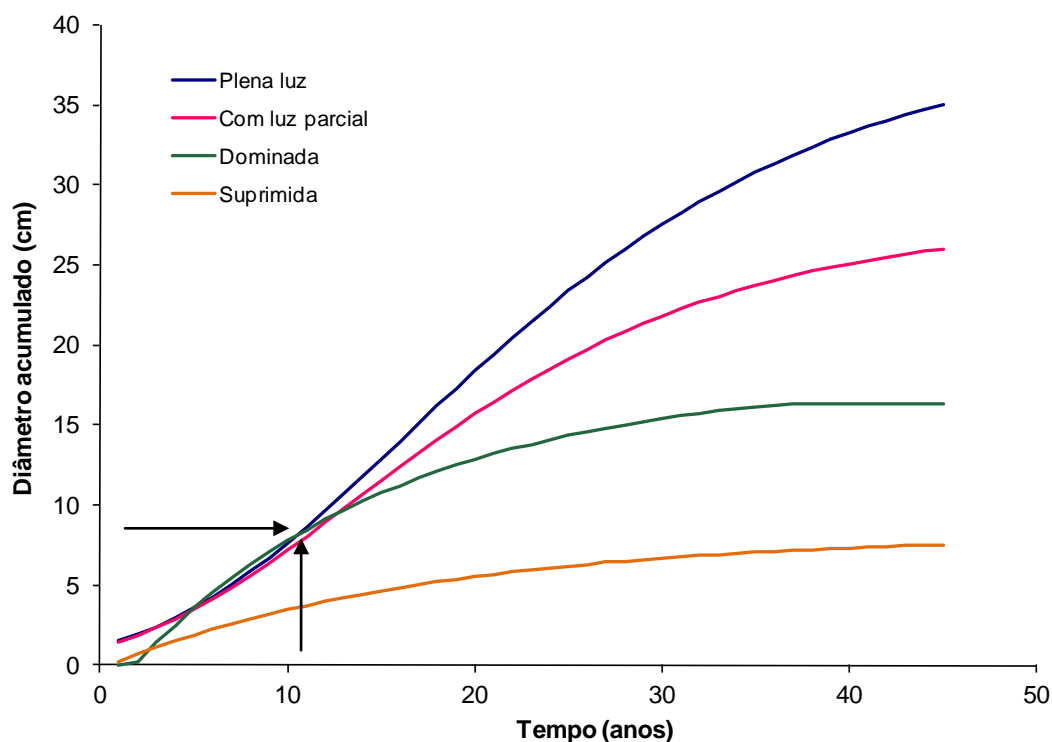


FIGURA 13 – CURVAS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO PARA QUATRO CLASSES SOCIOLÓGICAS, SENDO CHAPMAN-RICHARDS PARA AS CLASSES SUPRIMIDA E DOMINADA E GOMPERTZ PARA AS CLASSES CODOMINANTE E DOMINANTE.

#### 4.5 Índices de competição e índices morfométricos

Na tabela 11, são apresentados os valores calculados para os índices de concorrência de Glover Hool, Hegyi e BAL, em 2011. Para esse estudo de competição foram desconsideradas as árvores suprimidas (4, 8 e 12), para eliminar distorções nos resultados em análise comparativa com as demais árvores.

O índice de Hegyi se mostrou sensível para avaliar as diferenças de crescimento em área basal entre as árvores, com valor significativo para expressar o efeito das árvores competidoras, apresentando correlação  $r$  de  $-0,58971$  com o incremento em área transversal. O maior grau de competição

determinado foi para a árvore 2, equivalente a 1,8282. O valor do índice calculado indicou maior competição para árvores de menor diâmetro e pouca competição para aquelas com maior área transversal (TABELA 11).

TABELA 11: ÍNDICES DE COMPETIÇÃO CALCULADOS PARA CADA ÁRVORE SELECIONADA PARA CORTE, EM POVOAMENTO DE *Ocotea porosa*, RIO NEGRO, PR.

Árvore	DAP	IGH	IH	BAL
1	19,7	0,5934	1,0335	0,1051
2	15,0	0,4392	1,8282	0,2965
3	19,9	1,3712	1,1876	0,0000
5	30,5	1,1387	0,6261	0,1600
6	43,1	2,4294	0,7623	0,0000
7	35,8	1,9054	0,6380	0,0000
9	39,0	1,5613	0,6666	0,1414
10	25,0	1,1599	1,0342	0,0646
11	27,3	1,0224	0,4287	0,3047

Sendo: IGH (Índice Glover e Hool) = diâmetro da árvore considerada ao quadrado dividida pelo diâmetro médio ao quadrado das seis árvores vizinhas da considerada; IH (Hegyí) = representa a soma da relação do diâmetro da árvore concorrente e do diâmetro da árvore principal, multiplicado pelo inverso da distância entre as duas; BAL = área basal das árvores maiores que a árvore principal.

O índice de BAL modificado calculado apresentou valor de correlação  $r$  de -0,4492 para expressar o efeito das árvores competidoras. Esse índice considera competidoras as árvores de maior diâmetro que ocorrem ao redor da árvore em análise. Foram observadas árvores com índice de BAL com valor zero, ou seja, refletindo condição sem competição até 0,30474, como valor máximo de competição encontrado para a árvore 11. Essa foi identificada com o maior índice e apresentava diâmetro 27,3 cm. Por outro

lado, a árvore 2, com 15,0 cm de diâmetro, apresentou valor de índice de BAL muito semelhante (0,2965). Portanto, esse índice se mostrou pouco eficiente para explicar as condições de competição nesse povoamento.

O índice de Glover e Hool calculado para expressar o efeito das árvores competidoras apresentou alta correlação entre o índice calculado e o incremento em área basal ( $r=0,8910$ ).

O índice de Glover e Hool apresentou valor médio de 1,2912. Esse valor confirma que as árvores de imbuia estão em condição de alto grau de competição e que seu crescimento está sendo influenciado por árvores vizinhas. A relação entre o índice e a área basal da árvore foi representada pelo modelo linear mostrado na Figura 14. Esse ajuste apresentou coeficiente de determinação  $R^2$  ajustado = 0,7939; com erro padrão da estimativa percentual  $Syx\% = 30,71$  e valor de  $F_{cal}$  de 26,67. Mediante essa equação, em plantios com condições semelhantes, quanto à região e à idade, é possível determinar rapidamente a área basal por árvore individual quando, por amostragem, se souber as condições de competição do povoamento, segundo o método de Glover e Hool. Isso facilita análises de povoamentos de imbuia.

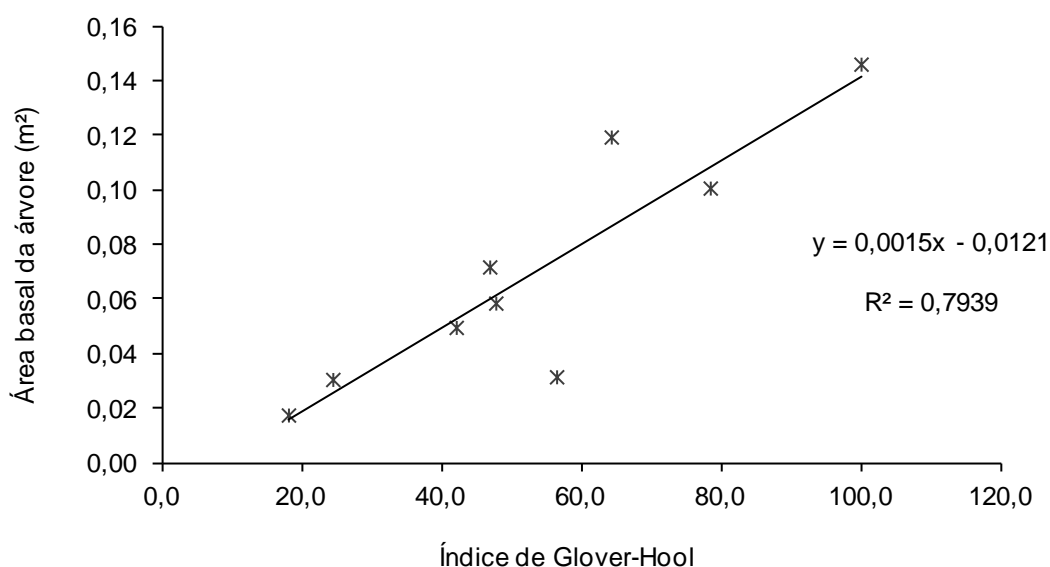


FIGURA 14 – RELAÇÃO ENTRE O INCREMENTO EM ÁREA TRANSVERSAL E O ÍNDICE DE COMPETIÇÃO DE GLOVER E HOOL.

O efeito negativo da competição no crescimento das árvores é confirmado por vários estudos de crescimento em árvores (WYKOFF, 1990; HOLMES; REED, 1991; QUICKE *et al.*, 1994; BIGING; DOBBERTIN, 1995; HASENAUER; MONSERUD, 1996; MONSERUD; STERBA, 1996; STERBA *et al.*, 2002) em que o incremento diminui com o aumento da competição. Isso mostra que tratamentos silviculturais e desbastes de condução são essenciais para o manejo de povoamentos para obtenção de maior rendimento por hectare, priorizando árvores com maior diâmetro e favorecendo seu crescimento pelo manejo adequado, independente de se tratar de espécies nativas ou exóticas. Resultados positivos com o aumento do crescimento após desbaste foram relatados para *Pinus taeda* L. (GOMES *et al.*, 2002), e para *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden (STOCKS, 2007), entre outros.

O índice de saliência encontrado no povoamento em estudo foi de 21 demonstrando que a razão DC/DAP ainda indica uma competição forte. Em

estudos realizados por Tonini e Arco verde (2005) com Castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*); Andiroba (*Carapa guianensis*); Ipê roxo (*Tabebuia avellanedae*) e Jatobá (*Hymenaea courbaril*) foram encontrados valores que variaram de 14,7 a 50,3, com indicação de alta competição a partir de 25. Catinot (1974) observou espécies de baixa produção volumétrica na África com índice de saliência de 40.

#### 4.6 Determinação da densidade ótima de árvores por hectare

O diâmetro à altura do peito e o diâmetro de copa (FIGURA 15). apresentaram correlação  $r$  de 0,77. Dessa forma, foi possível inferir a relação entre as dimensões obtidas pelo DAP ao longo do tempo e área de projeção de copa.

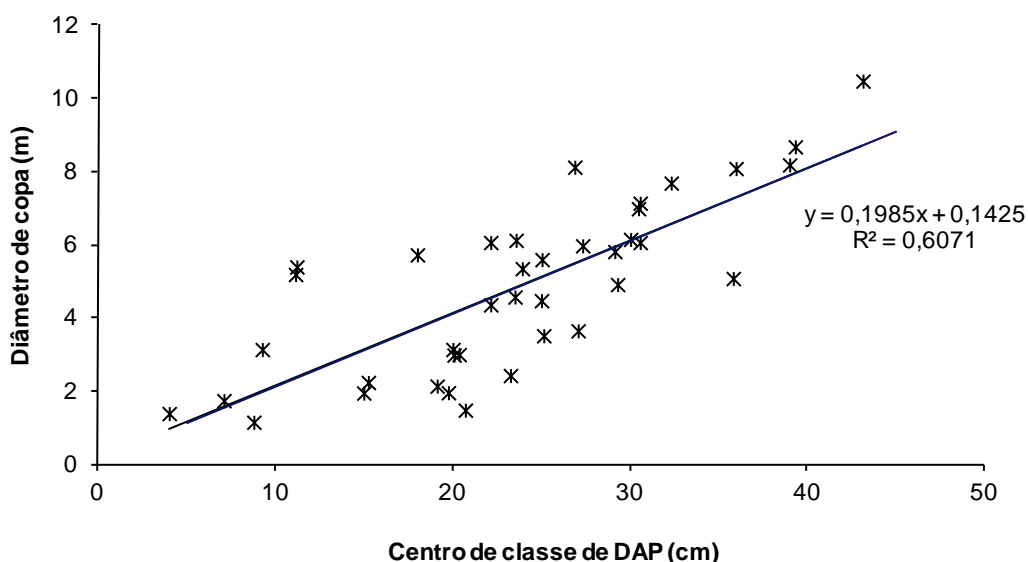


FIGURA 15 – RELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO E O DIÂMETRO DE COPA.

A área da copa é calculada a partir do diâmetro de copa, para se verificar o grau de ocupação de cada árvore. Sabe-se que para uma determinada área de projeção de copa, o incremento é maior para árvores com melhor posição sociológica (ASSMANN, 1970).

Segundo Assmann (1970), o espaçamento médio de crescimento das árvores de um povoamento é inversamente proporcional ao número de árvores e diretamente proporcional ao diâmetro médio. Assim, conclui, quanto maior a área basal por hectare, menor o espaço médio de crescimento e menor o favorecimento ao incremento. Trabalhos como os de Durlo e Denardi (1998); Nutto (2001); Nutto *et al.* (2001) e Tonini e Arco-Verde (2005) confirmaram a importância das variáveis da copa para a modelagem do crescimento em diâmetro.

O povoamento em estudo foi estabelecido com 1.754 indivíduos por hectare. A tabela 12 mostra o ponto de transição inicial entre copas livres e copas em início de sobreposição e competição (com 13 cm de DAP); também mostra o número suportável de árvores de acordo com o diâmetro médio atingido pelo povoamento. A aplicação dos dois métodos para interpretação do espaço disponível para as árvores do povoamento, em função dos DAPs e do diâmetro médio das copas indica que até os 12 anos o espaço individual médio não apresenta comprometimento. No entanto, quando as árvores atingiram 13 cm de DAP médio (TABELA 13), há o indicativo de que essas precisariam de espaço individual maior. Assim, pode-se definir o momento em que o povoamento deveria ter sido desbastado. Aplicando-se o método do grau de esbeltez e altura dominante a redução deveria ter sido para 1.557 no mínimo, plantas por hectare, e segundo o método de projeção de copa para

1.717 árvores por hectare. Esta redução proporcionaria aumento do espaço vital para as árvores, possibilitando retomada do crescimento até quando as copas voltassem a competir, demandando novo desbaste. A ocupação do espaço individual máximo como critério para definição do momento ideal de desbaste está de acordo com Durlo (2001), que menciona que tão logo se feche o espaço aéreo pelas copas, começa a diferenciação de classes sociológicas em função da competição entre árvores, o que acarretaria maior comprometimento do crescimento daquelas que não ficarem na classe superior.

TABELA 12: PONTO DE EQUILÍBRIO DE ÁRVORES POR HECTARE, DE ACORDO COM O DIÂMETRO MÉDIO DO POVOAMENTO (DAP).

DAP médios	Diâmetro copa (m)	Área copa	n.árv.ha <sup>-1</sup> (proj.de copa)	n.árv.ha <sup>-1</sup> (Grau esbeltez e altura dom)
10	2,1	3,55	2.813	2.700
11	2,3	4,25	2.353	2.209
12	2,5	5,01	1.998	1.840
13	2,7	5,82	1.717	1.557
14	2,9	6,70	1.492	1.334
15	3,1	7,65	1.308	1.156
20	4,1	13,28	753	638
23	4,7	17,41	574	479
25	5,1	20,47	489	404
30	6,1	29,20	342	279
35	7,1	39,48	253	204
40	8,1	51,31	195	155

Na figura 16 são apresentadas as equações exponenciais negativas ajustadas, para estimativa do número ideal de árvores, em função do diâmetro médio do povoamento, pelo método de grau de esbeltez e altura dominante e pelo de projeção de copa, com R<sup>2</sup> superior a 0,96. Observa-se que, apesar da semelhança entre as curvas, o grau de esbeltez é um método

um pouco mais rígido, reduzindo em 20,51% o número de árvores com relação ao método de diâmetro de copa, em situação de DAP médio do povoamento de 40 cm (TABELA 12).

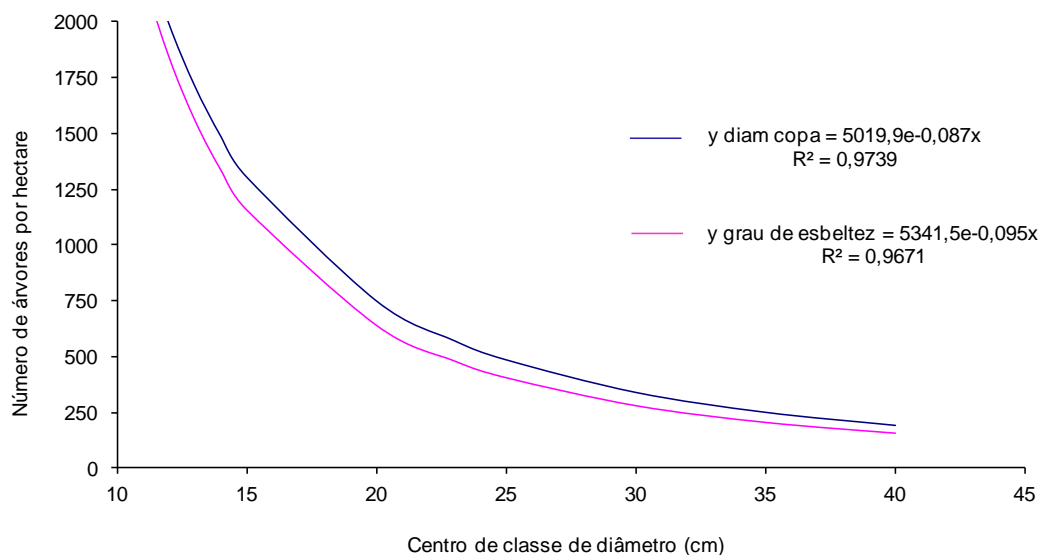


FIGURA 16 – NÚMERO DE ÁRVORES E DIÂMETRO MÉDIO ATINGIDO.

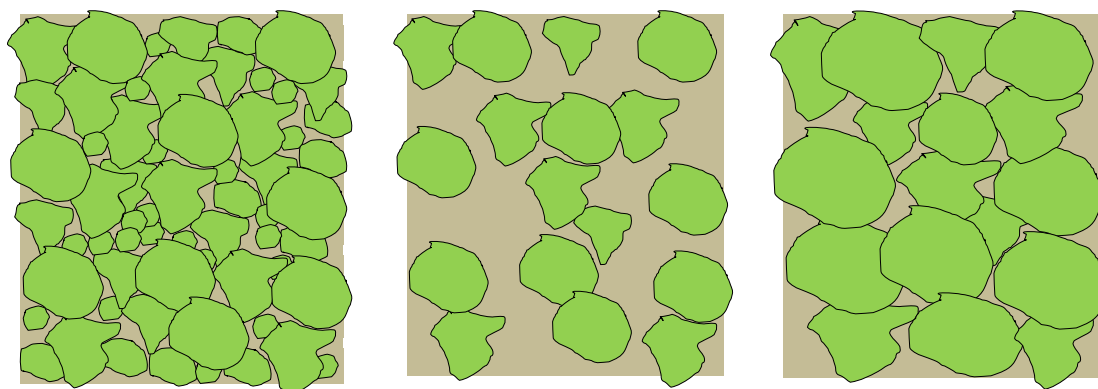
#### 4.7 Proposta para manejo do povoamento atual

Sem manejo, o povoamento atual apresenta-se em estado de estagnação, com grande proporção de classes diamétricas pouco produtivas, considerando o potencial da espécie, que pode ser verificado pelo incremento médio das árvores das classes diamétricas maiores (TABELA 10) e também verificado pela saturação de ocupação da área pelas copas, como discutido no item 4.5. Em função das condições de saturação da área de ocupação das copas, manter o povoamento sem intervenções silviculturais não trará ganhos em incremento em área basal.

Em condições de floresta natural, Mattos *et al.* (2010) determinaram incremento de 0,59 cm em diâmetro, para árvores de imbuia com árvores com DAP de 33 cm a 100 cm, em um período de 10 anos, o que nos leva a supor que este povoamento ainda possa responder a desbastes, com abertura do dossel direcionado para as árvores de maior porte.

Considerou-se como base de cálculo para planejamento do desbaste a ser efetuado, o número ideal de árvores obtido no povoamento por meio da projeção de copa e grau de esbeltez juntamente com o diâmetro médio do povoamento (22 cm) e o incremento médio anual do povoamento de 0,61 cm ano<sup>-1</sup>. Assim, este trabalho sugere algumas medidas que podem ser imediatamente adotadas no povoamento como o desbaste de, no mínimo, 56% das árvores para método de projeção de copa e, no máximo 64% pelo método do grau de esbeltez, que é um pouco mais rigoroso. Será necessário monitorar o crescimento das árvores remanescentes após cinco anos, quando então novas propostas de desbastes deverão ser desenvolvidas, de acordo com a resposta observada.

O desbaste se basearia na abertura de copas com espaço suficiente para que o crescimento das copas atingisse em um período de 4 a 5 anos uma nova fase de sobreposição de copas e competição, transitando do diâmetro médio de 22,00 cm atual para o diâmetro médio de 25 cm (FIGURA 17).



A B C  
 FIGURA 17: SIMULAÇÃO DA ÁREA DE OCUPAÇÃO DAS COPAS (A) ANTES DO DESBASTE, (B) APÓS DESBASTE E (C) CINCO ANOS APÓS O DESBASTE

#### 4.8 Proposta de manejo da *Ocotea porosa* em povoamentos com condições semelhantes de plantio e região

Na situação do povoamento em estudo, foi efetuada a simulação do comportamento dos incrementos IMA e ICA em volume e em área transversal, considerando as informações de crescimento projetadas para árvore individual (FIGURAS 18 e 19). Como pode se observar, os pontos ótimos de equilíbrio foram diferentes quando considerada a área transversal ou o volume individual. A culminação do ICA em volume ocorre, conforme o esperado, ligeiramente após a culminação em área transversal (ASSMANN, 1970). Os pontos ótimos diferenciados serviram para definir as rotações a serem estudadas. Foram simuladas duas situações de manejo considerando-se quatro desbastes de 25%, 42%, 35% e 40% do número de indivíduos, ao serem atingidos os diâmetros médios (DAP) de 10 cm, 15 cm, 20 cm e 25 cm, respectivamente.

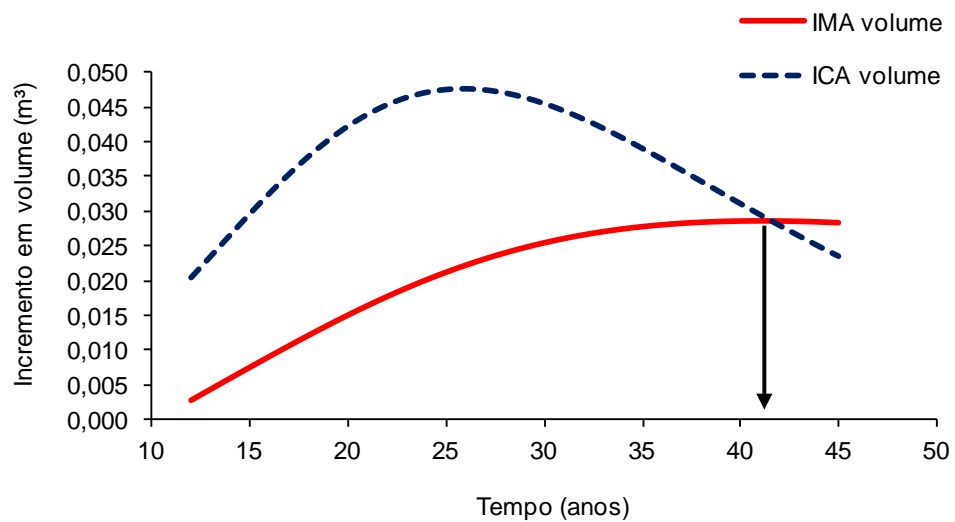


FIGURA 18 – CULMINAÇÃO DO INCREMENTO EM VOLUME DE *Ocotea porosa*.

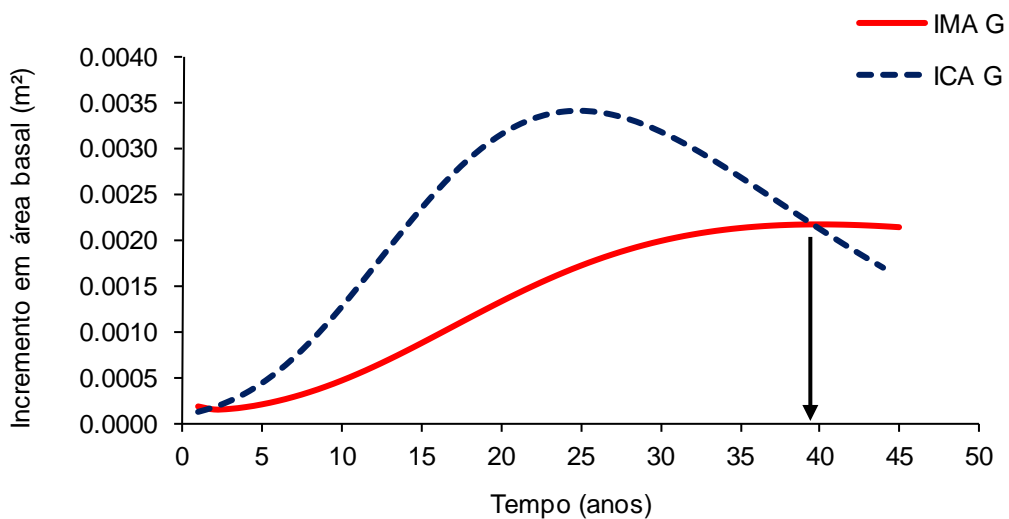


FIGURA 19 – CULMINAÇÃO DO INCREMENTO EM ÁREA BASAL DE *Ocotea porosa*.

A figura 20 mostra as simulações das intervenções periódicas no povoamento e a recuperação obtida. Somando-se o volume obtido no corte final ao dos volumes dos desbastes, a simulação para 42 anos acumulou maior volume ( $626,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) quando comparada à simulação para 39 anos ( $586,82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Foi inferido o intervalo de confiança para o IMA a partir das

equações de crescimento das árvores dominadas, codominantes e dominantes para o ciclo de 39 anos, sendo o encontrados  $12,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ,  $15,05 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e  $17,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , para os valores mínimo, médio e máximo, respectivamente. Verificou-se que a idade de 39 anos para corte final (IMA de  $15,05 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) é melhor do que a idade de 42 anos (IMA de  $14,90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , obtido de forma semelhante, aplicando-se as equações de crescimento), pois as árvores apresentam maior IMA em volume além da redução de três anos no ciclo. Provavelmente, estes três anos de redução resultariam em um retorno econômico positivo, pois se elimina o custo de manutenção do povoamento nesse período. O corte final resultaria em produção de  $289 \text{ m}^3$  a  $329,03 \text{ m}^3$  de madeira, dependendo do ciclo escolhido.

Esses valores estão compatíveis com outras espécies nativas, em condições de plantio, na região Sul do Brasil, como em trabalho realizado por Carvalho (1994) com *Araucaria angustifolia* (IMA 12 a  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), *Cordia trichotoma* (IMA  $23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), *Centrolobium tomentosum* (IMA  $19,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Para *Ocotea porosa* o mesmo autor observou IMA  $6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , aos seis anos, valor semelhante ao observado nesse trabalho, considerando as árvores com idade semelhante.

Os dados obtidos, índices, consistência das informações e compatibilizações dos métodos permitiram, mesmo baseando-se em um povoamento não manejado de 44 anos, definir propostas iniciais de manejo para plantios puros de *Ocotea porosa* realizados em condições semelhantes às do povoamento estudado em termos de plantio e região. Durlo *et al.* (2004) demonstrou em trabalho com *Cedrela fissilis* que o pequeno número de árvores amostradas apresentam resultados significativos. Acredita-se que

isso também ocorra no povoamento de *Ocotea porosa* em questão, que, por possuir um pequeno número de indivíduos, não permitiu generalizações definitivas, apresentando, entretanto, dados consistentes para uma discussão sobre o manejo da espécie *Ocotea porosa*, a uma demonstração do valor da metodologia e as possibilidades de uso dos resultados. Evidentemente que tal proposta não estará completa sem a definição de um programa de desrama que contemple todas as fases de desenvolvimento do povoamento.

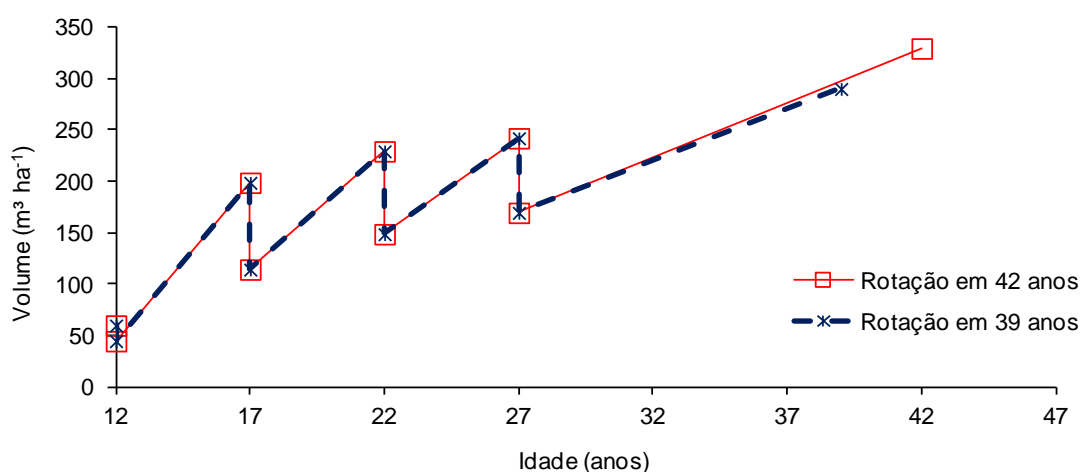


FIGURA 20 – SIMULAÇÃO PARA PROPOSTA DE DESBASTE DE *Ocotea porosa*.

## 5. CONCLUSÕES

O povoamento apresenta número de indivíduos de pequeno diâmetro muito superior ao esperado em povoamentos com manejo, mostrando alto nível de competição entre as árvores. Dessa forma há indicativos de necessidade de desbaste em função da distribuição diamétrica, da análise das curvas de crescimento em diâmetro por classe diamétrica, pelos índices de competição e pelos índices morfométricos.

As melhores equações para estimativa do volume de árvores individuais foram a de Spurr variável combinada e a de Kopecky-Gehrhardt, de simples entrada, sendo essa a mais indicada pela facilidade de coleta de dados dendrométricos no campo.

A melhor equação ajustada para a relação hipsométrica foi a regressão de Henricksen.

A aplicação da equação de volume ajustada para árvores individuais; possibilitou a análise para definição de procedimentos para intervenção com maior precisão na busca do ótimo de produção para o povoamento em estudo.

Inferências do crescimento recuperado pelo estudo dos anéis de crescimento, e competição pela aplicação de metodologias como Grau de Esbeltez e de projeção de copa mostraram resultados compatíveis na análise do povoamento, indicando idade próxima a 12 anos e DAP médio de 13 cm como a primeira indicação da necessidade de desbaste.

A *Ocotea porosa* apresenta crescimentos marcadamente diferenciados, de acordo com o nível de competição. Isso determinou o ajuste de curva de

crescimento em diâmetro em função das classes sociológicas, com as árvores de maior diâmetro sendo representadas pela equação de Gompertz e as de menor diâmetro pela equação de Chapman-Richards.

O potencial de crescimento da *Ocotea porosa* poderia ser melhor aproveitado com desbastes orientados para a otimização do crescimento das melhores árvores.

O povoamento em estudo eventualmente poderá ser conduzido para aumento da produção de toras de maior diâmetro, com aplicação de desbastes periódicos, considerando a priorização das árvores de maior diâmetro, forma do fuste e abertura do dossel, possibilitando uma eventual retomada de crescimento das árvores remanescentes.

Em função do pequeno número de árvores amostradas, os resultados não permitem generalizações definitivas. Entretanto, os resultados são consistentes para embasamento da discussão sobre o manejo de *Ocotea porosa*, bem como para estabelecer um protocolo para análise de povoamentos não manejados de outras espécies.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALBUQUERQUE, J.M; WATZLAWICK, L.F.; MESQUITA, N. S. Efeitos do uso em sistema faxinal na florística e estruturas em duas áreas da Floresta Ombrófila Mista no município de Rebouças, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.323 – 334, abr – jun, 2011.

ALEMDAG, I.S. 1991. National site-index and heightgrowth curves for white spruce growing in natural stands in Canada. **Canadian Journal of Forest Research** vol. 21, p.1466–1474.

AMATO, C.M. **Ecologia de populações de *Ocotea Porosa* (Nees) Barroso em áreas submetidas a diferentes graus de perturbação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 57p. 2008

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506p.

AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1983. 331p.

BARTOSZECK, A. C. de P. e S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.4, p.517-533, 2004.

BIGING, G.S.; DOBBERTIN, M. Evaluation of competition indices in individual tree growth models. **Forest Science**, v. 41, p. 360–377, 1995.

BOLAND, D.J.; BROOKER, M.I.H.; CHIPPENDALE, G.M.; McDONALD, M.W. Rosewood: rose mahogany. In: **Forest trees of Australia**. 5<sup>th</sup>. Ed. Collingwood: CSIRO 2006. P.122-125.

BRASIL. Lei Federal Nº 8.171 – 17 de janeiro de 1991 – Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8171.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm) Acesso em agosto de 2011.

BRASIL. Lei da Mata Atlântica (2006). In: **Constituição da República Federativa do Brasil (1988), Coletânea de Legislação de Direito Ambiental**. MEDAUAR, O. (org.). 5a ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2006.

BURGER, D. **Ordenamento Florestal 1: a produção florestal**. 4. ed. Curitiba: FUPEF, 1980. 124 p.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2002, 526P.

CALDATO, S. L.; LONGHI, S. J.; FLOSS, P. A. ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Ocotea porosa* (LAURACEAE) EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, EM CAÇADOR (SC). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 89-101, 1999.

CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. **Mata Atlântica – Uma rede pela floresta**. Brasília: RMA, 2006. 332p.

CAMPOS, C. H. O.; GRAÇA, L. R.; RIBAS, L. C. A produtividade do bracatingal tradicional através do tempo (Yield of traditionally managed bracatinga (*Mimosa scabrella*, Benth) through time). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p. 35-46, 1986.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 407 p., 2009.

CANALEZ, G. G.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da estrutura da comunidade de lauráceas no período 1995-2004 em uma floresta de araucária no sul do estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 357-367. 2006.

CAPOBIANCO, J. P. R. Situação atual e perspectivas para a conservação da Mata Atlântica. In: Lima, A. **Aspectos jurídicos da proteção da Mata Atlântica**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2001, p.9-15. (Documentos do ISA; 7).

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná, em solos não degradados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 136).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiras**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994 640p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo, Paraná. Embrapa Florestas, 2003.

CATINOT, R. LE présent et l'avenir des forêts tropicales humides. **Revue Bois et forêts des tropiques**, n 154, p. , 1974.

CHERUBINI, P.; GARTNER, B. L.; TOGNETTI, R.; BRAKER, O. U.; SCHOCH, W.; INNES, J. L. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from Mediterranean climates. **Biological Reviews**, v. 78, p. 119–148, 2003.

CHOWDHURY, M.Q.; SCHMITZ, N.; VERHEYDEN, A.; SASS-KLAASSEN, U.; KOEDAM, N.; BEECKMAN, H. Nature and periodicity of growth rings in two Bangladeshi mangrove species. **IAWA Journal**, v.29, p.265-276, 2008.

CLARK, D.B.; CLARK, D.A.. Population Ecology and Microhabitat Distribution of *Dipteryx panamensis*, a Neotropical Rain Forest Emergent Tree. **Biotropica** 19 (3) 236-244, 1987.

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J.C.; PIENNAAR,L.V. BRISTER, G.H.; BAILEY,R.L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Wiley, 1983, 329 p.

COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n.37, p.33-44, dez.1987

CRAIB, I. J. The silviculture of exotic conifers in South Africa. In: British Empire Forestry Conference, 1947.

DA CROCE, D. M. **Caracterização espacial estrutural e fitossociológica da Reserva Genética Florestal de Caçador - SC, através da análise de componentes principais e sistemas de informações geográficas**. Santa Maria, 1991. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.

DANIEL, T.W.; HELMS, J.A.; BAKER, F. **Principles of silviculture**. New York: Mc Graw-Hill, 500p., 1979.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression Analysis**. 2° ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 709 p. 1980.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. de O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 64 p., il. color.

DURLO, M. A. 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 nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 55-66, 1998.

DURLO, M. A.; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.2, p. 79-90, 2004.

FIGUEIREDO-FILHO; SCHAAF, L.B.; HUBIE, S.R. & SANQUETTA, C.R. Uso de cintas dendrométricas na avaliação do incremento diamétrico de algumas espécies de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5, n1, Jan/Jun 2003.

Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF). **Conservação do Bioma Floresta com Araucária**: relatório final - Diagnóstico dos remanescentes florestais. 2v. FUPEF. Curitiba, 124 p. 2001.

GADOW, K.V., HUI, G.Y., **Modelling Forest Development**. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 1999.

GOMES, F. S.; SANQUETTA, C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; GRAÇA, L. R.; MAESTRI, R. Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *Pinus taeda* L. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 13-31, 2002.

GRODZKI, R. M. Trabalho sobre a imbuia (*Phoebe porosa*). In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 1., 1986. Curitiba. **Anais**. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná, 1986. p.295-299.

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

HASENAUER, H.; MONSERUD, R. A. A crown ratio model for Austrain forests. **Forest Ecology and Management**, v. 84, p. 49–60, 1996.

HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M.M. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na reserva florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC – Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v.39, n.3 p.485 – 500, jul/set 2009.

HESS, A.F. **Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze em diferentes locais do rio grande do sul**. Tese de Doutorado. Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria. 177p. 2006.

HOLMES, M. J.; REED, D. D. Competition indices for mixed species Northern Hardwoods. **Forest Science**, v. 37, p. 1338 1349, 1991.

HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B.; O'BRIEN, S.T.; HARMS, K.E.; CONDIT, R.; WECHSLER, B.; WRIGHT, S.; LOO DE LAO, S. Light-Gap Disturbances, Recruitment Limitation, and Tree Diversity in a Neotropical **Forest. Science**, p.554-557, 1999.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3.ed. New York: J. Wiley, 1982. 402p.

IBGE. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro:IBGE. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). 2004. Acesso: agosto de 2011.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto Madeira do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 1984. 260 p.

IUCN - THE INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. **Red List of Threatened Species**. Disponível em < [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) > Acesso em: setembro 2011.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Conservação genética "in situ" e uso múltiplo da floresta. **Silvicultura**, São Paulo, v. 11, n. 41, p. 77-80, 1986.

KALIL FILHO, A. N.; LOPES, A. J.; MARZOLLO, L. G.; BORTOLETO, A. S.; HIRANO, E.; STURION, J. A. Pré-melhoramento de populações de imbuia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 57, p. 61-68, jul./dez. 2008. Nota científica.

KALIL FILHO, A. N.; SOUSA, V. A. de; MARZOLLO, L. G.; HIRANO, E. Dinâmica da germinação de sementes de progênies de populações de imbuia (*Ocotea porosa* Nees et Martius ex. Nees, Lauraceae) do Paraná e de Santa Catarina. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 121-128, jan./jul. 2004. Nota técnica.

KIERNAN, D.H.; BEVILACQUA, E.; NYLAND, R.D. Individual-tree diameter growth model for sugar maple trees in uneven-aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management**. vol.256, p.1579–1586, 2008.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, Itajaí, v. 12, n. 12, p. 17-44, 1960.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002. 145p. Documento.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos tropicos**: ecossistemas florestais e respectivas especies arboreas - possibilidades e metodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.

LEONARDECZ-NETO, E.; VENCOVSKY, R.; SEBBENN, A.M. Ajuste para competição entre plantas em teste progênies e procedências de essências florestais. **Scientia Forestalis**, v. 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**. 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LORIMER, C.G., DAHIR, S.E.; SINGER, M.T. Frequency of partial and missing rings in *Acer saccharum* in relation to canopy position and growth rate. **Plant Ecology**, vol.143, p.189 -202, 1999.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3.ed. Curitiba: Imprensa oficial. 440p., 2002.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO Filho, A. **Dendrometria**. 2.ed. – Guarapuava: Unicentro, 2009. 316p.

MACHADO, S. A.; MELLO, J. M.; BARROS, D. A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o pinheiro do paraná, na região sul do Brasil. **Cerne**, v.6, n.2, p.55 – 66, 2000.

MACHADO, S.A.; FIGURA, M.A.; SILVA, L.C.R.; TEO, S.J.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.17-29, jan./jun. 2008.

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

MANOKARAN, N. e K.M. KOCHUMMEN. Tree Growth in Primary Lowland and Hill Dipterocarp Forests. *J.of Tropical Forest. Science*, 6(3):332-345, 1993.

MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; BERNDT, E. J.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. **Equao de volume para araucárias centenárias da Reserva Florestal Embrapa/Epagri**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010b. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 256).

MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Acelerao do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010a.

MATTOS, P. P. de; SANTOS, A. T. dos.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. D.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Crescimento de Araucaria angustifolia na Reserva Florestal Embrapa/EPAGRI, Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 107-114, jul./dez. 2007a. Nota científica.

MATTOS, P. P. de; SANTOS, A. T. dos.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do Município de Candói, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 153-156, jan./jun. 2007b. Nota científica.

Ministério do meio ambiente. **Avaliao e identificao de áreas e aoes prioritárias para a conservao, utilizao sustentável e repartio dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília,404 p., 2002.

MMA. Instrução Normativa nº 37. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1992. Disponível em:  
[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/portarias/1992\\_Port\\_IBAMA\\_37.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/portarias/1992_Port_IBAMA_37.pdf). Acesso em agosto de 2011.

MONSERUD, R.A.; STERBA, H. A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. **Forest Ecology Management**. p.57-80, 1996.

NARVAES, I.S; BRENA, D. A.; LONGHI, S.J. estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional De São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.

NEGRELLE, R.A.; SILVA, F.C. Fitossociologia de um trecho de floresta com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no município de Caçador – SC. Embrapa Florestas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.24/25, p.37 – 54, jan/dez 1992.

NICOLINI, G.; TARCHIANI, V.; SAURER, W.; CHERUBINI, P. Wood-growth zones in *Acacia seyal* Delile in the Keita Valley, Niger: Is there any climatic signal. **Journal of Arid Environment**, v.74, p.355-359, 2010.

NUTTO, L. 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.; TONINI, H.; BORSOI, G.A.; MOSKOVICH, F.A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 42, p123-138, 2001.

OLIVEIRA, J.M.; PILLAR, V. D.; Roig, F. A. Padrões de idade e crescimento de *Araucaria angustifolia*: Reconstruindo históricos de distúrbio e dinâmica vegetacional. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu, MG, 2007.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil**. (Tese de doutorado Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 139p., 2007.

OLIVEIRA, M. F. de.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C.; SANTOS, W. C. **Equação de volume para um plantio de *Araucaria angustifolia* em Rio Negro, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 4 p. il. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 275).

OLIVEIRA, M. F. de; MATTOS, P. P. de Crescimento de *Drimys brasiliensis* na Floresta Ombrófila Mista, Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 61, p. 79-83, jan./abr. 2010. Nota científica.

POUSSART, P. F., EVANS, M.N., SCHRAG, D. P. Resolving seasonality in tropical trees: multi-decade, high-resolution oxygen and carbon isotope records from Indonesia and Thailand. *Earth Planet Sci Lett*, v. 218, p. 301–316, 2004.

PUCHALSKI, Â.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. dos. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 70, p. 137-148, 2006.

QUICKE, H.E.; MELDAHL, R.S.; KUSH, J.S. Basal area growth of individual trees: a model derived from a regional longleaf pine growth study. **Forest Science**, v. 40, p.528–42, 1994.

RICKEN, P.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; KALIL FILHO, A. N. **Crescimento diamétrico de povoamento de *Toona ciliata* var. *australis* em Adrianópolis, PR.** Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 285).

RIZZINI, C.T.; COIMBRA FILHO, A.F.; HOUAISS, A. **Ecosistemas brasileiros.** Rio de Janeiro: ENGE-RIO / Index Editora, 1988. 200p.

ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, jul./set. 2009. Nota Técnica.

RONDON NETO, R. M. **Análise do Histórico Silvicultural de Quatro Espécies de uma Floresta Ombrófila Mista com Auxílio da Dendrocronologia.** Curitiba, 2003. 124p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

ROSAS, M. P. **Alternativas de determinação da idade técnica de corte de *Eucalyptus urophylla*.** Viçosa, 1994. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; SALZMANN, A. M.; VULCANIS, L. Dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná sob influência de taquaras. **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, v. 3, n. 1, jan./abr., 2007.

SANQUETTA, C. R.; THIELE, P.; CÔRTE, A. P. D. Crescimento, mortalidade e recrutamento de duas Florestas de Araucária no Estado do Paraná, Brasil, no período de 1995-2007. **Naturalia**, Rio Claro, v.33, p. 117-126, 2010.

SANQUETTA, C.R., CÔRTE, A. P. D, EISFELD, R.L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná. Brasil. **Ciências Exatas e Naturais** 5, 101-112., 2003.

SANTOS, A. T. dos; CANETTI, A.; RUY, C. C.; SILVA, M. A.; RICKEN, P.; DOMENE, V. D.; OLIVEIRA, M. F. de; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de Crescimento de espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista, Caçador, SC. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5., 2011, Santa Maria. Sustentabilidade florestal: [anais]. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2011, p. 998-1006.

SANTOS, K.; SANQUETTA, C. R.; EISFIELD, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; ZILIOOTTO, M. A. B. Equações Volumétricas por Classe Diamétrica para Algumas Espécies Folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, vol. 8, nº 1, jan/jun 2006.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA C. R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271-290, 2005.

SCHAFF, L. B.; FIGUEIREDO, FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R.; LONGHI, S. J. Modificações florístico – estruturais de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista montana no período entre 1979 e 2000. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.271 – 291, 2006.

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, dez. 2002.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: FACOS - UFSM. 2008. 566p.

SCHULZ, J.; RODRIGUEZ, P. E. Estabelecimento de parcelas permanentes de rendimento en plantaciones experimentales en *Cupressus lusitanica*, *Pinus radiata* y *Pinus pseudostrobus* en Los Andes Venezolanos. **Revista Forestal Venezolana**, Merida v. 10, n. 5, p. 21-46, 1967.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, p. 170–174, 1989.

SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 7-35, jan./jun. 2007.

SILVA, R. P.; NAKAMURA, S; AZEVEDO, C. P.; CHAMBERS, J. ; ROCHA, R. M.; PINTO, A. C. M.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da Bacia do Rio Cuieiras. **Acta Amazonica**. vol 33, n.1, p.67-84, 2003.

SILVA, L. B. X. DA; TORRES, M. A. V. Espécies florestais cultivadas pela COPEL-PR (1974-1991). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, pt.2, p. 585-594, 1992. Edição de Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, São Paulo, SP, mar.1992.

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1–2, p. 191–202, 2002.

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

STERBA, H.; BLAB, A.; KATZENSTEINER, K. Adapting an individual tree growth model for Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in pure and mixed species stands. **Forest Ecology and Management**, v. 159, p. 101–110, 2002.

STOCKS, J. J. **Dinâmica de copa, crescimento e viabilidade econômica de um povoamento de Eucalipto submetido a desrama e desbaste**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 89p. Viçosa, Minas Gerais, 2007.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus viminalis* PARA FINS ENERGÉTICOS EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E IDADE DE CORTE. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 16, p.55-59, 1988.

STURION, J. A.; TOMASELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de bracinga na produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 37-47, dez. 1990.

THIERSCH, C.R.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; MAESTRI, R.; DEHON, G. Acurácia dos Métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus sp.* **Cerne**, Lavras, v.12, n.2, p.167-181,2006.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital **de quatro espécies nativas da Amazônia**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.7, p.633-638, jul. 2005.

TONINI, H.; PEREIRA, M. R. N.; ARCO-VERDE, M. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. M. de. Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* huber ex ducke), no estado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 19 p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.

VERONA, M. M; SEIDEL, G. O.; CURTI, M. **Levantamento florístico da vegetação ciliar no trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon – PR**. XI Encontro Anual de Iniciação Científica, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.

VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; BENTES-GAMA, M. de M.; ROSSI, L. M. B.; LOCATELLI, M. **Dendrometria e avaliação da performance de clones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantados na região central do Estado de Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. 18 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 47).

VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; BENTES-GAMA, M. de M.; LOCATELLI, M. **Desempenho de teca (*Tectona grandis*) em plantio adensado no Estado de Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 14 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

WADSWORTH, F.H. **Producción Forestal para America Tropical.** Washington: USDA, 2000. 602p.

WEBER, K.S. **Manejo Da Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) baseado no crescimento diamétrico de árvores individuais.** Curitiba, 2007. 141p. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Paraná.

WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rains forests.** Oxford: Clarendon Press, 1990. 226p.

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

ZAMPIERI, L.; SALVADOR, E.D. Levantamento de três espécies arbóreas nativas produtoras de madeiras nobres no município de Turvo – PR. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, n. 1, p.32 – 43, dezembro, 2006.

ZEIDE, B. Analysis of Growth Equations **Forest Science**, v. 39, n. 3, p. 594-616, 1993.