

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

**MANEJO EXPERIMENTAL DE UMA FLORESTA  
OMBRÓFILA MISTA SECUNDÁRIA  
NO RIO GRANDE DO SUL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Régis Villanova Longhi**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2011**

**MANEJO EXPERIMENTAL DE UMA FLORESTA  
OMBRÓFILA MISTA SECUNDÁRIA NO  
RIO GRANDE DO SUL**

**Régis Villanova Longhi**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Schneider**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2011**

L854m Longhi, Régis Villanova

Manejo experimental de uma Floresta Ombrófila Mista Secundária no Rio Grande do Sul / por Régis Villanova Longhi. – 2011.

83 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Paulo Renato Schneider.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2011

1. Engenharia Florestal 2. Silvicultura 3. Manejo Florestal 4. Floresta com Araucária 5. Floresta Ombrófila Mista 6. Fitossociologia 7. Ciclo de corte 8. Incremento I. Schneider, Paulo Renato II. Título.

CDU 630.231

Ficha catalográfica elaborada por Simone G. Maisonave – CRB 10/1733  
Biblioteca Central da UFSM

---

©2011

Todos os direitos autorais reservados a Régis Villanova Longhi. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.

E-mail: [regislonghi@yahoo.com.br](mailto:regislonghi@yahoo.com.br)

---

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**MANEJO EXPERIMENTAL DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA  
MISTA SECUNDÁRIA NO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por  
**Régis Villanova Longhi**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



---

**Paulo Renato Schneider, Dr.  
(Presidente/Orientador)**



---

**Luciano Farinha Watzlawick, Dr. (Unicentro)**



---

**Rudiney Soares Pereira, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 18 de outubro de 2011.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha querida família, pelo incentivo e apoio incondicional em todas as decisões de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Renato Schneider, pela confiança em mim depositada, pela amizade salutar e por todos os ensinamentos e contribuições dados durante a realização deste trabalho.

Ao grande amigo Prof. Dr. Solon Jonas Longhi, por ter sido o principal incentivador desta etapa da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade. À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao Projeto Ecológico de Longa Duração “PELD-CNPQ”, pelo aporte financeiro e logístico ao longo da coleta de dados.

À Paludo Agropecuária S.A., empresa do grupo Vipal, em nome do senhor Vicêncio Paludo, pela disponibilização do local e manutenção do experimento na Fazenda Tupi.

Aos colegas engenheiros florestais, Geedre Adriano Borsoi e Cristiano Hack, pelo fornecimento dos dados iniciais para o presente estudo.

Aos demais professores do PPGEF, em especial os meus coorientadores, professores Dr. César Augusto Guimarães Finger e Dr. Frederico Dimas Freig, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do laboratório de Manejo Florestal, pelas conversas, discussões e trocas de experiências nos mais diversos temas florestais, além de inúmeros momentos de descontração, que fizeram dessa convivência o alicerce de uma sólida amizade durante a realização do curso e para toda a vida. São eles: Guilherme, Claudio, Thiago, Emanuel, Jean, Flávio, Evandro, Gabriel, Elisabete, Veridiana, Lílian e Tatiane.

Ao engenheiro florestal Marcelo Krug e à acadêmica de Engenharia Florestal e futura colega Ana Flávia Boeni, pelo auxílio na coleta de dados à campo.

E a todos que, de alguma ou outra forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu MUITO OBRIGADO!

“Fui para a mata porque queria viver deliberadamente, enfrentar apenas os fatos essenciais da vida e ver se não poderia aprender o que ela tinha a ensinar, em vez de, vindo a morrer, descobrir que não tinha vivido”.

Henry David Thoreau

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### MANEJO EXPERIMENTAL DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA SECUNDÁRIA NO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: RÉGIS VILLANOVA LONGHI  
ORIENTADOR: Dr. PAULO RENATO SCHNEIDER  
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 18 de outubro de 2011.

A presente dissertação foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a recuperação da floresta e o crescimento de espécies de valor comercial oito anos após a aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos em uma área de Floresta Ombrófila Mista secundária no Rio Grande do Sul. As avaliações foram baseadas nas alterações da composição florística, na diversidade de espécies, na estrutura e dinâmica do extrato arbóreo em cada tratamento de manejo e para a testemunha (unidade sem intervenção de manejo), além da análise dos incrementos para o grupo de espécies de valor comercial e do tempo de recuperação do estoque comercial inicial da floresta por intensidade de corte seletivo. Os tratamentos que receberam intervenções de manejo foram: T1- Testemunha; T2-Corte Seletivo Leve (redução de cerca de 20% da área basal por classe de DAP); T3-Corte Seletivo Médio (redução de 30-40% da área basal por classe de DAP); T4-Corte Seletivo Pesado (redução de 50-60% da área basal por classe de DAP). Os dados foram provenientes de três ocasiões de medição, ou seja, inventário pré-exploratório (2001) e dois inventários de monitoramento (2006 e 2010), em que foram remedidos todos os indivíduos com  $DAP \geq 9,6$  cm, presentes em cada tratamento. Oito anos após a aplicação dos cortes seletivos, independentemente da intensidade aplicada, verificou-se aumento da densidade e dos parâmetros fitossociológicos das espécies comerciais, em comparação com o tratamento sem intervenção de manejo. Além disso, não houve perdas no número de espécies, gêneros e famílias com o passar do tempo para as diferentes intensidades de exploração. Foi verificado maior ganho nos índices de diversidade de espécies para os tratamentos que receberam intervenções de manejo e menor alteração para o tratamento testemunha. A densidade de indivíduos mostrou boa capacidade de resiliência, independente da intensidade dos cortes seletivos. Contudo, a recuperação da área basal, com o passar do tempo, apresentou dificuldades quando realizadas intervenções muito pesadas (T4). O incremento periódico anual médio em diâmetro para todas as espécies nos tratamentos que receberam cortes seletivos apresentou baixa variação entre os mesmos, com valores próximos de  $0,30 \text{ cm.ano}^{-1}$ , porém com ganho de mais de 100% em relação ao tratamento testemunha, com valor absoluto de  $0,14 \text{ cm.ano}^{-1}$ . Da mesma forma, as espécies de valor comercial apresentaram valores de incremento periódico anual em diâmetro ( $0,53 \text{ cm.ano}^{-1}$  para o T2;  $0,48 \text{ cm.ano}^{-1}$  para o T3; e  $0,49 \text{ cm.ano}^{-1}$  para o T4) e área basal ( $23,64 \text{ cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para o T2;  $21,61 \text{ cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para o T3; e  $18,55 \text{ cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para o T4) superiores aos do tratamento que não recebeu cortes seletivos, com valores de  $0,28 \text{ cm.ano}^{-1}$  em diâmetro e de  $17,41 \text{ cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  em área basal. O tempo de recuperação do estoque comercial inicial entre as diferentes intensidades de exploração foi de cerca de oito anos para o T2, 16 anos para o T3 e de 34 anos para o T4. Para o manejo sustentável de florestas secundárias no domínio da Floresta Ombrófila Mista na região da encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul, recomenda-se a realização de cortes seletivos leves (redução em torno de 20% da área basal por classe de DAP) e com ciclos de corte de oito anos, como forma de conduzir a floresta com cortes frequentes a uma estrutura mais produtiva.

**Palavras-chave:** Floresta com araucária. Fitossociologia. Incremento. Ciclo de corte.

## ABSTRACT

Master Dissertation  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **EXPERIMENTAL MANAGEMENT OF A SECONDARY MIXED OMBROPHILOUS FOREST IN RIO GRANDE DO SUL**

AUTHOR: RÉGIS VILLANOVA LONGHI  
ADVISER: Dr. PAULO RENATO SCHNEIDER  
Place and Date of Defense: Santa Maria, October 18<sup>th</sup>, 2011.

The present paper was developed with the aim to evaluate the forest recovery and growth of species of commercial valuable eight years after the application of different intensities of selective cuts in an area of secondary Mixed Ombrophilous Forest in Rio Grande do Sul. The evaluations were based on floristic composition changes, species diversity, structure and dynamics of tree extract for each management treatment and for the control (treatment without management intervention), and the analysis of increments for the group of species of commercial value and the recovery time of the initial commercial inventory for each intensity of selective logging. The treatments that received management interventions were: T1-Control, T2-Selective Light Cutting (reduction of about 20% of basal area by DBH class), T3- Selective Medium Cutting (30-40% reduction of basal area by DBH class), T4-Selective Heavy Cutting (50-60% reduction of basal area by DBH class). Data were from three measurement occasions: Pre-harvest inventory (2001) and two monitoring inventories (2006 and 2010). In inventories remeasured monitoring were all individuals with  $DBH \geq 9.6$  cm in each treatment. Eight years after the application of selective cuts regardless of the intensity applied, there was increased density and phytosociological parameters of commercial species, compared with treatment without management intervention. In addition, there were no losses in the number of species, genres and families over time for different intensities of logging. Largest gain was observed in diversity of species to the treatments that received handling interventions and less change to the control treatment. The density of individuals showed good resilience, regardless of the intensity of selective cuts. However, the recovery of basal area over time presented difficulties when performed very heavy intervention (T4). The regular annual average increase in diameter for all species in the treatments with selective cuts showed low variation between them, with values close to  $0.30 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$ , but with a gain of more than 100% compared to control treatment with absolute value of  $0.14 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$ . Similarly, the commercially valuable species had values of periodic annual diameter increment ( $0.53 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$  to T2;  $0.48 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$  for T3; and  $0.49 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$  to T4) and basal area ( $23.64 \text{ cm}^2\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  for T2;  $21.61 \text{ cm}^2\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  for T3; and  $18.55 \text{ cm}^2\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  to T4) higher than the treatment that received selective cuts, with values of  $0.28 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$  in diameter and  $17.41 \text{ cm}^2\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  in basal area. The recovery time of the initial commercial inventory between different intensities of logging was about eight years for T2, 16 years for T3 and 34 years for T4. For the sustainable management of secondary forests in the area of occurrence of Mixed Ombrophylous Forest in the region of encosta superior do nordeste of Rio Grande do Sul, it is recommended to carry out selective light cuts (reduction of approximately 20% of basal area by DBH class) and cycles cutting eight years as a way to lead the forest with frequent cuts to a more productive structure.

**Keywords:** Araucaria Forest. Phytosociology. Increment. Cutting cycle.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes curvas cumulativas de crescimento típicas de diversas espécies arbóreas em florestas tropicais, conforme o grupo ecológico de sucessão. ....	21
Figura 2 – Localização da área de estudo no município de Nova Prata, RS. ....	29
Figura 3 – Imagem do satélite GeoEye da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	30
Figura 4 – Localização das unidades amostrais constituintes de cada tratamento de manejo aplicados na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	34
Figura 5 – Detalhe da faixa amarela a altura da CAP da árvore (a); medição a campo da CAP com fita métrica (b) e; etiqueta numérica (c). Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	35
Figura 6 – Representação das medidas estatísticas em um gráfico <i>box plot</i> . ....	42
Figura 7 – Árvores caídas pela ação do vento no tratamento Corte Seletivo Pesado, observadas durante a ocasião de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	49
Figura 8 – Distribuição diamétrica da densidade de indivíduos e área basal por hectare, por ocasião de medição, para cada tratamento de manejo, e frequência estimada do número de indivíduos por classe de diâmetro para o ano de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	57
Figura 9 – Incremento periódico anual relativo transformado, entre os anos de 2006 e 2010, por classe de diâmetro, para todas as espécies em cada tratamento de manejo aplicado na floresta. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	62
Figura 10 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado em cada tratamento de manejo para a espécie <i>Araucaria angustifolia</i> . Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	68
Figura 11 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado em cada tratamento de manejo para as espécies de canelas. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	69
Figura 12 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado em cada tratamento de manejo para as demais espécies de valor comercial. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	70
Figura 13 – Simulação do tempo de recuperação do estoque comercial em cada intensidade de corte seletivo, para um horizonte de 34 anos. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intensidades dos cortes seletivos para cada tratamento de manejo aplicado na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. Adaptado de Borsoi (2004). ....	33
Tabela 2 – Fórmulas utilizadas para cálculo dos parâmetros fitossociológicos para cada espécie amostrada nos tratamentos de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	37
Tabela 3 – Parâmetros fitossociológicos de cada tratamento de manejo aplicado na floresta, para as ocasiões de 2001 e 2010 para as espécies com valor de importância maior de 2% no ano de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	46
Tabela 4 – Parâmetros fitossociológicos para o grupo de espécies comerciais nos tratamento de manejo aplicado na floresta, para os inventários dos anos 2001 e 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	50
Tabela 5 – Variação do número de famílias, gêneros e espécies nos diferentes tratamentos de manejo para as ocasiões de 2001 e 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	51
Tabela 6 – Índices de diversidade e equabilidade de espécies para os tratamentos de manejo aplicados na floresta nas diferentes ocasiões de monitoramento. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	52
Tabela 7 – Recrutamento e mortalidade para os diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	54
Tabela 8 – Estatísticas de cada equação estimadora do número de indivíduos por hectare por classe de diâmetro para cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	58
Tabela 9 – Variáveis dendrométricas para os diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta nos inventários das ocasiões de 2001, 2006 e 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	59
Tabela 10 – Incremento periódico anual absoluto em diâmetro e em área basal para o grupo de espécies de alto valor comercial por classe diamétrica em cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	64
Tabela 11 – Incremento periódico anual em diâmetro e em área basal para os diferentes grupos de espécies de valor comercial em cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	65
Tabela 12 – Incremento periódico anual relativo em diâmetro, área basal e volume para o grupo de espécies de valor comercial por classe diamétrica em cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	66
Tabela 13 – Incremento periódico anual em volume absoluto e relativo para cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	71
Tabela 14 – Tempo de recuperação do estoque inicial em volume comercial com casca para cada intensidade de corte aplicada na floresta. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. ....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CAP – circunferência à altura do peito (1,3 metros de altura)
- DAP – diâmetro à altura do peito (1,3 metros de altura)
- FOM – Floresta Ombrófila Mista
- FO2001 – Frequência observada na ocasião de 2001
- FO2006 – Frequência observada na ocasião de 2006
- FO2010 – Frequência observada na ocasião de 2010
- G – Área Basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ )
- G 2001 – Área basal observada na ocasião de 2001
- G 2006 – Área basal observada na ocasião de 2006
- G 2010 – Área basal observada na ocasião de 2010
- IPA – Incremento periódico anual
- IPAd – Incremento periódico anual em diâmetro
- IPAd(%) – Incremento periódico anual em diâmetro percentual
- IPAg – Incremento periódico anual em área basal
- IPAg(%) – Incremento periódico anual em área basal percentual
- IPAv – Incremento periódico anual em volume comercial com casca
- IPAv(%) – Incremento periódico anual em volume comercial com casca percentual
- PELD – Projeto Ecológico de Longa Duração
- Vc<sub>c/c</sub> – Volume comercial com casca ( $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ )

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Pressupostos</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Objetivos</b>	<b>16</b>
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Enquadramento fitogeográfico</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Dinâmica e sucessão florestal</b>	<b>19</b>
2.2.1 Recrutamento e mortalidade	22
2.2.2 Crescimento	24
<b>2.3 Manejo de florestas naturais</b>	<b>25</b>
2.3.1 Regulação da produção florestal	25
2.3.2 Tratamentos silviculturais	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Características da área de estudo</b>	<b>29</b>
3.1.1 Localização	29
3.1.2 Climatologia	30
3.1.3 Relevo e solos	31
3.1.4 Vegetação natural	31
3.1.5 Histórico da floresta da Fazenda Tupi	32
<b>3.2 Área experimental</b>	<b>32</b>
3.2.1 Obtenção dos dados e variáveis levantadas	35
<b>3.3 Avaliação da sustentabilidade ecológica dos tratamentos de manejo</b>	<b>36</b>
3.3.1 Estrutura fitossociológica	37
3.3.2 Diversidade e equabilidade	37
3.3.3 Recrutamento e mortalidade	38
3.3.4 Estrutura diamétrica	39
<b>3.4 Análise de incrementos</b>	<b>39</b>
<b>3.5 Determinação do tempo de recuperação do estoque</b>	<b>43</b>

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Sustentabilidade ecológica no manejo florestal</b>	<b>45</b>
4.1.1 Mudanças na composição de espécies e estrutura horizontal	45
4.1.2 Mudanças na diversidade e equabilidade de espécies	52
4.1.3 Recrutamento e mortalidade	54
4.1.4 Mudanças na estrutura diamétrica e da área basal	56
<b>4.2 Análise do incremento</b>	<b>59</b>
4.2.1 Características dendrométricas de cada tratamento	59
4.2.2 Incremento periódico anual em diâmetro percentual para a floresta – IPAd(%)	61
4.2.3 Incremento periódico anual em diâmetro e área basal para o grupo de espécies de alto valor comercial	63
4.2.4 Incremento periódico anual relativo em diâmetro, área basal e volume comercial com casca para o grupo de espécies de alto valor comercial	66
<b>4.3 Tempo de recuperação do estoque comercial por intensidade de corte</b>	<b>71</b>
4.3.1 Determinação do incremento periódico anual relativo em cada tratamento	71
4.3.2 Determinação do tempo de recuperação do estoque por intensidade de corte	72
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>75</b>
<b>Recomendações</b>	<b>76</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>77</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A ação do homem sobre os ecossistemas florestais, desde o passado, exerceu indiscutível influência no progresso e na cultura da humanidade. Contudo, muitas vezes, os recursos naturais, dados a sua abundância, foram subaproveitados, altamente fragmentados ou mesmo dizimados, dando lugar a outras formas de atividade econômica.

Exemplo cabal de fragmentação é a Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como Floresta com araucária, uma das mais expressivas fontes de recursos madeireiros até meados do século passado na economia dos estados do Sul do Brasil, a qual desde o início da colonização foi exaustivamente explorada, de forma predatória, sem qualquer preocupação com a sustentabilidade do recurso florestal. Em algumas áreas, o processo de degradação foi tão agudo ou extenso que a recuperação via regeneração natural é muito pouco provável, havendo necessidade da introdução de técnicas silviculturais para a reabilitação dessas florestas a fim de assegurar a sustentabilidade de seu uso.

Um grande avanço no manejo de florestas foi dado com a introdução da ideia da sustentabilidade, formulada no início do século XVI pelo florestal Hans Carl Von Carlowitz, na qual afirmava que: as florestas deveriam fornecer produtos madeireiros e não-madeireiros às gerações atuais e às futuras, em igual quantidade e qualidade às hoje disponíveis. Para que isso possa ser possível, Schneider e Finger (2000) salientam que é preciso que, periodicamente, seja cortada apenas uma quantidade de madeira igual ao crescimento das árvores da floresta, proporcionando, assim, a perpetuação do estoque de madeira e da biodiversidade, o que requer longo prazo e a manutenção do equilíbrio do ecossistema, suporte básico de qualquer produção.

Em que pese o fato de a legislação florestal, que regula a elaboração e execução de Planos de Manejo Florestal, existir a muito tempo, a sua aplicação não teve comandos e controles com a eficiência e eficácia necessárias para assegurar a implantação de planos de manejo florestal verdadeiramente sustentáveis, tanto do ponto de vista da produção como da conservação e da biodiversidade. Em consequência disso, esse instrumento técnico caiu em descrédito, impedindo que os produtores rurais se apropriassem de produtos da floresta, indispensáveis para atender às necessidades da sociedade e contribuir para a melhoria da renda e qualidade de vida de seus proprietários.

No Estado do Rio Grande do Sul, as florestas atualmente encontram-se alteradas pela

exploração madeireira no passado, em estágio secundário de desenvolvimento, as quais ainda podem ser bastante produtivas e, geralmente, contêm espécies de rápido crescimento, com madeiras de boa qualidade, bem aceitas no mercado local madeireiro, além de poderem oferecer produtos não madeireiros como frutos, plantas medicinais e ornamentais. O manejo dessas florestas torna-se, então, uma alternativa viável para diminuir a pressão de desmatamento sobre as florestas ainda existentes, além de desempenhar relevante papel ecológico, pois contribui na fixação de carbono da atmosfera, na melhoria das condições ambientais, na restituição da fertilidade dos solos e na manutenção da biodiversidade.

Em estudo recente, Porter-Bolland et al. (2011) analisaram 40 áreas de proteção e 33 comunidades florestais em 16 países, sendo onze na América Latina, três na África e dois na Ásia, e descobriram que as áreas protegidas perdiam cerca de 1,47% de cobertura florestal por ano, enquanto as florestas geridas pelas comunidades tinham uma perda de cerca de 0,24% ao ano. Sobre isto, McEvoy (2004) é enfático ao afirmar que, se "... pretendemos manter as florestas na paisagem, é necessário manejá-las como tal, pois florestas sem manejo estão destinadas a desaparecer, sendo gradualmente convertidas para outros usos do solo, bem menos benéficos do que sistemas florestais saudáveis".

Para manejar racionalmente as florestas alteradas por ações antrópicas, Sanquetta (1996) afirma que é preciso conhecer e respeitar sua capacidade regenerativa. Tal capacidade está intimamente relacionada com três processos demográficos: recrutamento, crescimento e mortalidade, os quais governam a sustentabilidade e a diversidade da floresta.

Sobre isto, Ahrens (1990 apud BRAZ, 2010) identifica ainda as seguintes informações a serem consideradas:

a) a distribuição diamétrica ideal para um povoamento: expressa pelo número de árvores em cada classe. Em adição aos objetivos da produção, a determinação da distribuição diamétrica ideal também é influenciada pela composição de espécies e pela frequência do abate de árvores, além das características edafoclimáticas que irão afetar o crescimento;

b) a composição ideal de espécies: além dos seus efeitos sobre a posição da curva e sobre a função de distribuição diamétrica, o controle da composição de espécies é extremamente importante para atender aos objetivos da produção;

c) a periodicidade dos cortes: fator fundamental, deve-se sempre considerar as conveniências em se minimizar os danos e distúrbios ao povoamento (principalmente no que se refere à regeneração natural) para possibilitar retornos em ciclos menos dilatados. Também se deve ter em mente que a frequência dos cortes afetará a distribuição diamétrica remanescente e futura;

d) a estratégia ideal de conversão do povoamento para uma condição regulada: uma vez que a distribuição diamétrica ideal tenha sido definida, deve-se então conceber a estratégia ou conjunto de ações silviculturais que permitam a transformação da estrutura atual da floresta em uma condição ideal, com características que possibilitem a sustentação da produção no futuro.

O uso irracional e irresponsável dos recursos florestais não é mais admissível. Quanto maior e mais profundo for o grau de conhecimento sobre as florestas, maior será a possibilidade de que sejam usadas de forma correta, com menor dano sobre essas e maior longevidade de seus componentes. Como toda atividade de manejo florestal implica intervenção, a atuação do engenheiro florestal somente será bem sucedida no momento em que estejam disponíveis ferramentas e tecnologia que lhe permitam prever os resultados de diferentes alternativas silviculturais, assegurando assim, o êxito na escolha da opção de manejo mais adequada, que garanta a utilização sustentável do recurso natural.

Vários artigos sobre a Floresta Ombrófila Mista na região Sul do Brasil têm sido publicados, com temas importantes, tais como análises fitossociológicas e estrutura diamétrica (LONGHI, 1980; SCHAAF et al., 2006), crescimento e dendrocronologia (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; RONDON NETO, 2003; SCHAAF et al., 2005; MATTOS et al., 2010), dinâmica florestal (MOSCOVICH, 2006; FIGUEIREDO FILHO et al., 2010), análise de agrupamento da vegetação (LONGHI et al., 2006; GOMES et al., 2008; ARAUJO et al., 2010), estimativa de biomassa e carbono (WATZLAWICK et al., 2009), entre outros, que poderiam ser analisados em conjunto, visando estabelecer uma abordagem preliminar para o uso sustentável dessas florestas.

Apesar de todo o conhecimento atualmente disponível na área de manejo florestal e do constante aperfeiçoamento da legislação florestal, não existe no Rio Grande do Sul nenhuma outra área experimental de manejo de Floresta Ombrófila Mista conduzida com base em fundamentos técnicos e científicos capaz de embasar a elaboração de instrumentos legais reguladores do uso do recurso florestal e de nortear políticas de incentivo a essa atividade.

## **1.1 Pressupostos**

Os fragmentos de Floresta Ombrófila Mista secundárias existentes na região da encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul necessitam de intervenções regulares,

como forma de garantir a melhoria da floresta em termos de estrutura, composição de espécies, manutenção da capacidade de reprodução e perpetuação das espécies, principalmente da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze; e também, visando acelerar o crescimento de espécies desejáveis para futuro aproveitamento (“árvores-futuro”), tornando assim, a floresta produtiva, sem comprometer a sustentabilidade do recurso florestal.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

O trabalho teve como objetivo geral avaliar a recuperação da floresta e o crescimento de espécies de valor comercial, após a aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos, realizados em uma área de Floresta Ombrófila Mista na região da encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul, visando fornecer subsídios para o manejo da biodiversidade e do incremento dessas florestas, após oito anos de observações.

### 1.2.2 Objetivos específicos

O trabalho teve os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar as mudanças ocorridas na diversidade e na estrutura da floresta com o passar do tempo para os diferentes tratamentos de intensidade de manejo;
- b) Caracterizar a dinâmica de crescimento em cada tratamento de intensidade de manejo;
- c) Realizar um balanço da exploração, observando mudanças no número de árvores, na área basal e no volume, nos diferentes tratamentos de intensidade de manejo;
- d) Determinar o incremento periódico anual em diâmetro, área basal e volume, para a floresta em geral e para os grupos de espécies comerciais nos diferentes tratamentos de

intensidade de manejo;

e) Determinar o tempo de recuperação do estoque comercial inicial em cada intensidade de corte aplicada no manejo da floresta.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Enquadramento fitogeográfico

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com araucária (IBGE, 1992) é o tipo fitogeográfico que caracteriza a fisionomia do planalto Sul Brasileiro, sendo a formação predominante da área em estudo.

Conforme Teixeira e Coura Neto (1986), a FOM compreende as formações “Submontana”, “Montana” e “Alto-Montana”. A “Floresta Submontana” está associada a terrenos de até 400m de altitude, distribuída em fragmentos relictuais pela Depressão Central e o Planalto Sul-Riograndense. A “Floresta Montana” ocorre no Planalto das Araucárias e a leste do Planalto das Missões, em altitudes de 400 a 800 m, formando uma linha irregular ao longo das bordas superiores dos vales, em contato com as “Savanas”. A Floresta “Alto-Montana” restringe-se aos pontos mais altos do relevo, a nordeste do Planalto das Araucárias, distinguindo-se pela ausência ou pela raridade das espécies da selva subtropical.

Na FOM, a *Araucaria angustifolia* forma uma cobertura muito característica, por vezes contínua, dando a impressão de se tratar de uma formação uniestratificada. Além da presença dominante da *Araucaria angustifolia* no estrato superior, Reitz et al. (1983) descrevem a presença de um denso sub-bosque, constituído, sobretudo, de lauráceas, a exemplo de canela-lageana (*Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez), canela-guaicá (*Ocotea puberula* (Rich.) Nees), canela-vick (*Cryptocarya aschersoniana* Mez), canela-preta (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez), canela-amarela (*Nectandra lanceolata* Nees), canela-cheirosa (*Nectandra grandiflora* Nees); mirtáceas, como os guamirins (*Myrcia oblongata* DC. e *Calyptanthes concinna* DC.), cambuíns (*Myrceugenia euosma* (O.Berg) D.Legrand e *Myrcia hartwegiana* (O.Berg) Kiaersk.), araçaceiros (*Psidium cattleianum* Sabine e *Myrcianthes gigantea* (D.Legrand) D.Legrand), murta (*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg); aquifoliáceas como a erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) e as caúnas (*Ilex brevicuspis* Reissek e *Ilex dumosa* Reissek); sapindáceas como o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides* Radlk.) e o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis* Cambess.); winteráceas como a cataia (*Drimys brasiliensis* Miers); podocarpácea como o pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl.) e de fabáceas como a bracatinga (*Mimosa scabrella*

Benth.).

No Brasil, a FOM originalmente distribuía-se numa superfície de cerca de 200.000 km<sup>2</sup>. Destes, 40% ocorria no estado do Paraná, 31% em Santa Catarina, 25% no Rio Grande do Sul, 3% em manchas isoladas nas partes mais elevadas do sul de São Paulo e 1% em Minas Gerais e no Rio de Janeiro (CARVALHO, 2003); além de ocorrer com disjunções em países vizinhos, atingindo a Argentina, na província de Misiones, estendendo-se até o oeste do Paraguai (KLEIN, 1960; HUECK, 1972).

No estado do Rio Grande do Sul, a FOM ocorria em toda borda superior livre do planalto, iniciando-se no norte de Santa Maria e estendendo-se até o extremo ângulo nordeste; na aba superior de todos os vales profundos dos rios Caí, Taquari, das Antas e Pelotas; em grupos isolados ou em densas comunidades nos capões disseminados pelo planalto; em indivíduos solitários em pleno campo, e misturada com a “mata virgem” do Alto Uruguai, ao norte de Passo Fundo e Lagoa Vermelha (RAMBO, 1956).

Em 1983, o estado do Rio Grande do Sul possuía uma área de FOM de apenas 1.866,58 km<sup>2</sup> (0,66% da superfície do estado). Contudo, dados recentes do Inventário Florestal Contínuo do Estado (RIO GRANDE DO SUL, 2001) apontaram um aumento para aproximadamente 9.195,65 km<sup>2</sup> ou 3,25% da superfície coberta por FOM. Essa expansão proporcionou maior volume de madeira e maior número de indivíduos, porém, uma diminuição em área basal por hectare, indicando que as novas áreas formadas são oriundas da regeneração natural (HESS, 2007).

## **2.2 Dinâmica e sucessão florestal**

A dinâmica das florestas naturais depende, sobretudo, dos fatores ecológicos que contribuem durante o seu desenvolvimento, tais como a sucessão, a competição, a exposição, o sítio natural e a luminosidade (MOSCOVICH, 2006). Para esse mesmo autor, o conhecimento das interações desses fatores, na dinâmica da floresta, facilita a interpretação sobre como se desenvolveu a vegetação através do tempo, transformando-se numa ferramenta de fundamental importância na tomada de decisões concernentes ao manejo silvicultural.

A dinâmica e a sucessão florestal relacionam-se a distúrbios na floresta. Com os distúrbios e a conseqüente morte de árvores, pode ocorrer a formação de clareiras, que atuam favoravelmente na sobrevivência das árvores, pois aumentam a disponibilidade de nutrientes,

luz e espaço necessário para o desenvolvimento das espécies, liberando-as da competição (WADSWORTH; ZWEEDE, 2006). Nesse caso, o próprio corte seletivo, ao diminuir a densidade da floresta, pode proporcionar aumento da sobrevivência das plantas remanescentes (SMITH, 1986).

Por outro lado, as mudanças causadas no ambiente, devido aos distúrbios ou intervenções silviculturais, podem surtir efeito contrário. De acordo com Schneider e Schneider (2008), quando se libera árvores que cresceram na sombra, suas folhas, adaptadas à sombra, ficam expostas a uma maior intensidade luminosa e devem se ajustar a este novo ambiente, sendo que, em casos extremos, árvores sufocadas e depois liberadas podem chegar à morte, no caso de espécies incapazes de se adaptar rapidamente a essa mudança.

Segundo Carvalho (1997), após a criação de uma clareira, as espécies pioneiras crescem rápido e vão formar o dossel, debaixo do qual estabelecem-se as mudas de espécies tolerantes a sombra. Quando as espécies intolerantes começam a morrer, o dossel começa a desfazer-se, e as tolerantes são liberadas e crescem como um segundo ciclo. O autor ressalta ainda que a sucessão ocorre quando um grupo de espécies tolerantes à sombra substitui um grupo de espécies intolerantes. Uma abordagem mais detalhada de cada grupo ecológico, classificando as espécies arbóreas em três grupos, de acordo com as respectivas exigências relativas à luz, foi realizada por Lamprecht (1990):

a) espécies heliófilas (Pioneiras): necessitam de luz mais ou menos plena do início ao fim da vida. Apresentam rápido crescimento e adquirem muito cedo a capacidade de reprodução, produzindo sementes em abundância;

b) espécies esciófilas (Tolerantes): regeneram-se na sombra do povoamento e, sob certas condições, conseguem manter-se na sombra durante toda a vida. Precisam de sombra, pelo menos, durante o período juvenil. Em geral, sua produção de sementes não é elevada. Ao contrário das pioneiras, que necessitam de luz para se desenvolverem, as espécies esciófilas podem sobreviver no interior da floresta durante décadas sem crescer, praticamente. Neste compasso de espera, elas preservam sua capacidade de reagir ao crescimento a qualquer melhoria nas condições de luminosidade;

c) espécies parcialmente esciófilas (Intolerantes): capazes de regenerarem-se na sombra ou sob a luz, mas necessitam de luz plena na primeira fase. Apresentam grande capacidade de disseminação de sementes no interior da floresta, no entanto, a tolerância das plântulas à sombra é limitada, ou seja, se, passados alguns anos, não houver um incremento de luminosidade, elas acabarão por morrer. Devido ao caráter fortuito do surgimento de uma clareira e, tendo-se em vista o aspecto aleatório desta regeneração, estas espécies também

recebem a denominação de nômades ou oportunistas. Ao contrário das espécies esciófilas, as espécies nômades conseguem estabelecer-se mesmo em grandes áreas sem cobertura florestal, embora venham a se deparar com a concorrência das pioneiras, com vigor superior a delas.

O tamanho da clareira tem fundamental importância para sucessão da floresta, sendo responsável pela dinâmica das espécies e um importante fator na manutenção da alta diversidade das florestas tropicais (HARTSHORN, 1989 apud JARDIM et al., 2007). Pequenas clareiras, como aquelas formadas pela queda de um galho, normalmente não promovem as condições microclimáticas para o estabelecimento de espécies pioneiras. Nessas condições, as espécies de clímax acabam por preencher a clareira pelo crescimento lateral dos galhos. Por outro lado, se a clareira é grande, ela é primeiramente colonizada pelas espécies pioneiras (JARDIM et al., 2007). Portanto, o tamanho das clareiras deve ser levado em consideração quando se planeja a exploração florestal (SILVA, 1989); assim, quando a espécie desejável é tolerante à sombra, a exploração deve minimizar a formação de clareiras muito grandes, que favorecem o desenvolvimento de espécies heliófilas indesejáveis (JARDIM et al., 2007).

O esquema apresentado na Figura 1, extraído de Lamprecht (1990), retrata as diversas curvas cumulativas de crescimento entre o ciclo vital das pioneiras, esciófilas e oportunistas.

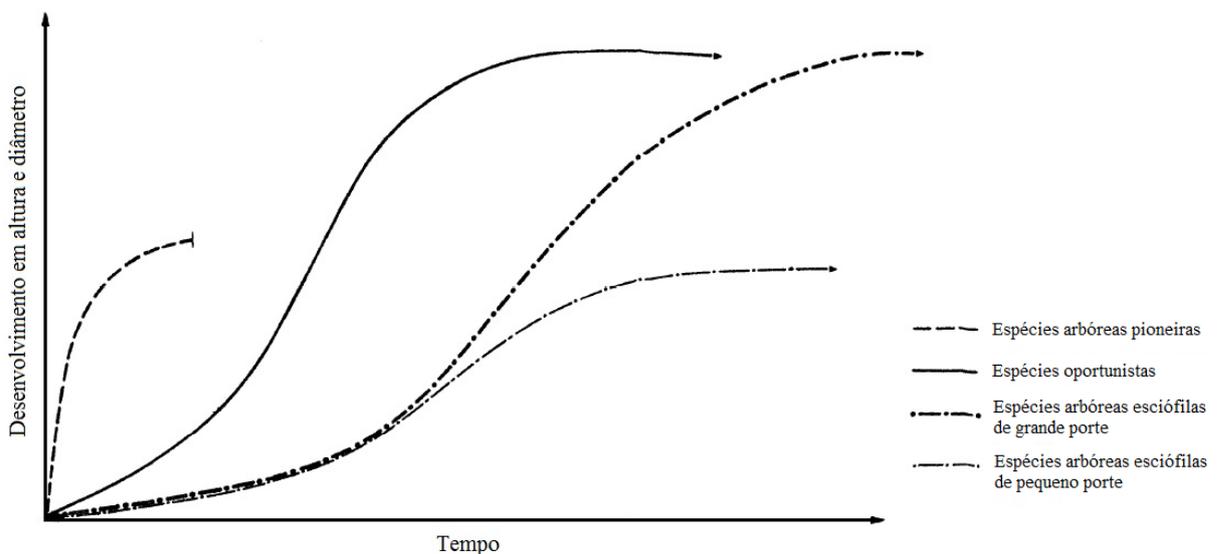


Figura 1 – Diferentes curvas cumulativas de crescimento típicas de diversas espécies arbóreas em florestas tropicais, conforme o grupo ecológico de sucessão.

FONTE: Lamprecht (1990).

Nesses tipos de curvas apresentadas na Figura 1, caracterizadas por um comportamento sigmoidal, inicialmente, há um crescimento moderado até determinada idade, passando então a apresentar uma ascensão convexa para com o eixo *X* até um determinado ponto de inflexão. Depois, a curva passa a ter um comportamento côncavo em relação a esse eixo *X* até um máximo, passando a ser, então, levemente assintótica ou podendo até mesmo decrescer. Tal decréscimo se dá em função da senescência do povoamento (ASSMANN, 1970; FINGER, 1992).

Assmann (1970) menciona que as florestas naturais possuem três tipos de estágios: “reestoqueamento” (*restocking*), “produção completa” (*full production*) e “mudança da cobertura” (*canopy change*). Na fase de “reestoqueamento”, à qual o autor refere-se como fase de construção, os estratos superior, médio e inferior contribuem com um terço cada na cobertura. Nessa fase, o estrato superior não está totalmente estocado. Nela, o estoque seria ainda moderado para o potencial da floresta. A tendência é de que os estratos intermediário e superior aumentem. No estágio de “produção completa”, o estrato superior ocupa aproximadamente 50% do teto de cobertura. A floresta está próxima de atingir seu estoque máximo e o incremento alcança seu máximo valor. No estágio de “mudança de cobertura”, depois de alcançar seu estoque máximo, acontece uma diminuição pesada da cobertura (seja por calamidade ou exploração). Outra vez, condições favoráveis de luminosidade ocorrem, favorecendo inúmeros pontos de regeneração. O crescimento é moderado e, conseqüentemente, o incremento é pequeno.

Dessa forma, conhecer o tipo de estágio em que se encontra a floresta torna-se fundamental para se pensar o tratamento silvicultural, uma vez que a luminosidade é imprescindível para os processos de dinâmica de seu crescimento. A prática do manejo em florestas nativas, para Souza et al. (1993), passa, obrigatoriamente, pelo conhecimento desses processos que, segundo Arce et al. (1998), podem ser entendidos como um processo contínuo, que inclui uma entrada, um movimento e uma saída de matéria. A entrada é o ingresso ou recrutamento, o movimento é o crescimento (incremento), e a saída é a mortalidade.

### 2.2.1 Recrutamento e mortalidade

O recrutamento ou ingresso é subentendido como o processo pelo qual as árvores

surtem na tabela de povoamento de parcelas permanentes depois de uma medição inicial (ALDER, 1983). Em outras palavras, recrutas são as árvores que atingiram um diâmetro mínimo entre duas medições subsequentes, o que difere de regeneração, que Vanclay (1994) relaciona ao desenvolvimento de árvores já estabelecidas por sementes ou plântulas.

Para Alder (1983), a quantidade de ingresso varia com a composição das espécies e com o grau de perturbação no dossel. Pequenas perturbações, tais como aquelas resultantes da queda de uma árvore ou galho, não levam ao aparecimento de grande número de novos indivíduos do recrutamento (SILVA, 1989). O mesmo autor salienta ainda que, se a clareira é de pequeno tamanho, o ingresso não é abundante, porque normalmente espécies de crescimento lento e tolerante à sombra ocupam a clareira. Inversamente, perturbações pesadas tais como aquelas causadas pela exploração, geralmente resultam em germinação e crescimento de grande número de espécies pioneiras de rápido crescimento, que logo crescem até o mínimo tamanho de medição.

Já a mortalidade é definida por Sanquetta et al. (2003) como o número de árvores que foram mensuradas inicialmente, que não foram cortadas e morreram durante o período de crescimento. Pode ser causada por diversos fatores, a saber: idade ou senilidade; competição e supressão; doenças ou pragas; condições climáticas; fogos silvestres; anelamento e envenenamento; injúrias; corte ou abate da árvore (SANQUETTA, 1996).

A mortalidade influencia as condições microambientais e as taxas de crescimento das árvores vizinhas, aumentando ou diminuindo a chance de morte de outras árvores (WERNECK; FRANCESCHINELLI, 2004). Alguns estudos sugerem ainda que a mortalidade tende a ser maior nas árvores pertencentes às maiores e menores classes de diâmetro. No primeiro caso, devido ao grande porte, idade e por estarem mais susceptíveis à influência dos agentes naturais, como ventos e deslizamentos de terras; e, no segundo, devido à competição no sub-bosque e por estarem sujeitas a danos físicos causados pela queda de árvores ou por partes delas (ROLIN et al., 1999; GOMES et al., 2003; KING et al., 2006).

A posição da espécie no contexto do processo de sucessão também é importante, uma vez que espécies pioneiras tendem a apresentar maiores taxas de mortalidade, que pendem à diminuição à medida que a floresta evolui para o seu clímax (WHITMORE, 1989).

### 2.2.2 Crescimento

Para Davis e Johnson (1987), o conhecimento da produção e crescimento das florestas é essencial para o manejo criterioso dessas florestas. A palavra crescimento é definida por muitos autores, indicando a importância dessa grandeza. Zeide (1993) definiu o crescimento como a expressão da interação de dois componentes opostos: um componente positivo, que manifesta o aumento gradual de um organismo e representa a tendência natural de multiplicação, alongamento e engrossamento das células; e um componente negativo, que representa as restrições impostas por fatores externos (competição, estresse hídrico, disponibilidade de nutrientes) e por fatores internos (mecanismos autorregulatórios, características genéticas e envelhecimento).

Já Vanclay (1994) e Prodan et al. (1997) entendem por crescimento o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta em determinado período de tempo, o qual é influenciado pelas características da espécie em interação com o ambiente. Tais dimensões podem ser o diâmetro, a altura, o volume, a biomassa, a área basal, etc.

Os principais fatores que influem no crescimento de uma árvore, segundo Schneider e Schneider (2008), são: luz, conteúdo de clorofila, concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura, água e nutrientes; fatores esses dependentes da adaptação genética da espécie e da competição. Para Carvalho (1997), existe variação de crescimento entre espécies, assim como pode haver variação dentro de uma mesma espécie e entre indivíduos por causa das diferenças existentes entre tamanhos e grau de iluminação do dossel e a influência dos fatores genéticos. Os tratamentos silviculturais podem diminuir ou até, em alguns casos, eliminar as diferenças do crescimento entre indivíduos de uma mesma espécie e de seu padrão de crescimento.

O crescimento de uma floresta depende tanto da produtividade potencial, dada pela qualidade de sítio, quanto do grau em que se aproveita essa potencialidade expressa pelo estoqueamento da floresta, ou seja, a densidade presente em relação a uma condição de referência normal (CHASSOT, 2009). Conforme Prodan et al. (1997), o conceito de densidade está estritamente ligado às condições de concorrência, ocupação da superfície e fechamento do dossel.

## 2.3 Manejo de florestas naturais

### 2.3.1 Regulação da produção florestal

A regulação da produção é o conjunto de procedimentos que permitem determinar as dimensões, a quantidade, a localização e o volume de madeira que pode ser explorado em uma floresta de maneira sustentável (BRAZ, 2010). Para Davis e Johnson (1987), uma floresta regulada é aquela em que classes de idade, como classes de diâmetro, estão crescendo segundo determinadas taxas e são representadas em proporções tais que uma produção aproximadamente igual de madeira, anual ou periodicamente, segundo dimensões e qualidades desejadas, pode ser obtida de forma contínua, regular e perpétua.

A necessidade de estabelecer a normalidade e rendimento sustentado levou o engenheiro francês Liocourt, em 1898, a formular um modelo de floresta ideal para estruturas de seleção, em esquema de regulação de cortes consistentes (LOETSCH et al., 1973 apud SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). A teoria de De Liocourt sugere que a distribuição diamétrica em florestas heterogêneas tende a uma distribuição em forma de "J" invertido, na qual o número de árvores decresce na direção das classes de maior diâmetro, podendo ser descrita por uma função exponencial, como a aplicada por Meyer (1952), representada pela função de densidade  $Y_j = e^{b_0 + b_1 \cdot D_j}$ , sendo  $Y_j$  o estimador do número de árvores por hectare na  $j$ -ésima classe de DAP;  $b_0$  e  $b_1$ , os coeficientes da equação;  $D_j$ , o diâmetro correspondente ao centro da  $j$ -ésima classe de DAP; e  $e$ , a constante dos logaritmos neperianos.

A análise do número de árvores por unidade de área por intervalo de classe de diâmetro pode ser utilizada como um indicativo de equilíbrio ou desequilíbrio do recurso florestal. Se a floresta está em equilíbrio, as taxas de recrutamento ficam parecidas com as taxas de mortalidade e a distribuição dos diâmetros das árvores apresenta a forma de J reverso ou exponencial negativo, que pode ser quantificado pelo quociente de De Liocourt. Esse coeficiente fornece a relação entre o número de indivíduos existentes em uma classe de diâmetro e na classe imediatamente anterior, e, para a floresta estar em equilíbrio, deve ser relativamente constante ao longo da curva. Se constante, indica que a floresta é capaz de render um volume estável de madeira ao longo do tempo, sem mudar sua estrutura ou volume inicial, podendo ser considerada sustentável e qualquer mudança na curva pode indicar desbalanceamento na regeneração e no crescimento (O'HARA, 2002).

Para conduzir a floresta a uma distribuição balanceada/regulada é necessário que o manejo a induza a um nível de produção sustentada. A viabilização desta prática, segundo Scolforo (1997), depende da execução criteriosa do inventário florestal para, então, utilizar-se o conceito de floresta balanceada, que, dentre outros benefícios, possibilita quantificar o número de árvores que se pode remover por classe diamétrica. No mesmo sentido, Souza et al. (2006) salientam que o conhecimento da estrutura diamétrica auxilia na condução da floresta e, no caso de uma estrutura balanceada, na determinação da intensidade de corte e na manutenção da capacidade de sustentação da produção, bem como no estabelecimento do ciclo de corte e na colheita da madeira.

Uma vez definida a intenção de se obter o rendimento sustentado, Braz (2010) salienta que é necessário definir qual área deve ser submetida à exploração seletiva periodicamente e qual volume pode ser explorado em cada período ou ciclo de corte para que o rendimento sustentado seja obtido ao longo do tempo. Para isso, o corte deve ser igual ao incremento, uma vez que, o incremento pode ser considerado o “juro” do estoque de crescimento, e o ciclo de corte, o tempo de acumulação desse juro. Já para uma floresta cujas densidades sejam diferentes da padrão, o corte deverá ser ajustado, para que, pouco a pouco, obtenha-se a densidade desejada.

### 2.3.2 Tratamentos silviculturais

Segundo Pinard et al. (1999), sistemas silviculturais envolvem a aplicação de tratamentos pré e pós-colheita que objetivam, notadamente, realçar a regeneração natural, aumentando as taxas de recrutamento, estabelecimento e crescimento das árvores, ou mesmo melhorar suas qualidades comerciais na floresta remanescente. Dentre os sistemas silviculturais aplicados a florestas nativas, que envolvem a exploração de espécies comerciais, Gómez–Pompa e Burley (1991) destacam como eficientes os que favorecem a regeneração natural ou artificial, enriquecendo a futura floresta com espécies de interesse; e os que promovem a eliminação de espécies indesejáveis.

Para Azevedo et al. (2008), as taxas de crescimento podem ser aceleradas pelos tratamentos silviculturais, que envolvem dois tipos: i) liberação ou desbaste seletivo, que consiste na remoção de indivíduos competidores, não desejáveis, cujas copas estejam competindo por luz com as copas das árvores de espécies selecionadas para a próxima

colheita; ii) refinamento ou desbaste sistemático, que consiste na redução da área basal de espécies não desejáveis, visando diminuir a competição no povoamento de forma geral.

De acordo com Schneider e Finger (2000), os cortes a serem executados nas árvores previamente selecionadas no inventário e que constituem a taxa de corte devem ser considerados de acordo com o objetivo e a fase de sua aplicação, como:

a) Corte de limpeza: compreende os cortes de eliminação de cipós para facilitar o abate das árvores, reduzindo danos às remanescentes e riscos ao abatedor;

b) Colheita propriamente dita: abate e extração das árvores selecionadas, que compõem a taxa de corte sustentada;

c) Refinamento: abrange a liberação de árvores com um bom potencial futuro e a retirada de árvores com más perspectivas de crescimento, formação e sobrevivência.

Tratamentos silviculturais, aplicados periodicamente, podem resultar em uma floresta com predominância de espécies de valor econômico e em novas colheitas com ciclo de corte duas a três vezes menores do que no caso de florestas não manejadas (OLIVEIRA, 2005). Diversas pesquisas realizadas para investigar o crescimento de árvores em relação ao aumento da disponibilidade de recursos, em função de intervenções silviculturais, confirmam um maior crescimento em áreas sob intervenções, quando comparado ao crescimento em áreas sem intervenções, no mesmo sítio (GERWING, 2001; SILVA et al., 1995; HIGUCHI et al., 1997; WADSWORTH; ZWEEDE, 2006; PEÑA-CLAROS et al., 2008; VILLEGAS et al., 2009). Esses estudos estão concentrados nas Florestas Tropicais, sendo escassos os estudos nas florestas sob domínio da Mata Atlântica.

Em trabalho realizado por Villegas et al. (2009), concluiu-se que as taxas de crescimento em diâmetro das árvores de interesse aumentaram com a disponibilidade de luz, intensidade de exploração, e diminuíram com o grau de infestação de cipós.

Na floresta de terra firme na Amazônia brasileira, Wadsworth e Zweede (2006) verificaram que o corte de competidoras para liberação de árvores desejáveis aumentou o incremento em diâmetro em 20%, e o rendimento de madeira de  $25\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$  na área controle passou para  $43\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$  na área sob manejo, após 5,7 anos.

Em uma pesquisa que incluiu corte de lianas como tratamento silvicultural em Paragominas, na Amazônia brasileira, Gerwing (2001) verificou que na ausência de intervenções silviculturais, o incremento médio em diâmetro foi de  $1,3\text{ mm.ano}^{-1}$ , enquanto que no tratamento com corte de lianas este foi de  $3,0\text{ mm.ano}^{-1}$ . Silva et al. (1995) encontraram taxa de crescimento em diâmetro de  $4,0\text{ mm.ano}^{-1}$  após cortes seletivos, e de  $2,0\text{ mm.ano}^{-1}$  na área não explorada, após oito anos, na Amazônia.

Também na Amazônia brasileira, Higuchi et al. (1997) testaram diferentes intensidades de redução da área basal da floresta, em 4 tratamentos distintos: (i) sem remoção de área basal (testemunha); (ii) remoção de 25% de área basal; (iii) remoção de 50% de área basal; e (iv) remoção de 75% de área basal. O incremento anual em área basal e volume das espécies comerciais com DAP acima de 10 cm nesse estudo foi, para a testemunha, de 0,07 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e 0,96 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>; com remoção de 25% de área basal, 0,16 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e 2,11 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>; com remoção de 50% de área basal, 0,13 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e 1,71 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>; e com remoção de 75% de área basal, 0,10 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e 1,58 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Em uma Floresta Estacional Semidecídua secundária em Pirenópolis, estado de Goiás, Venturoli (2008) testou diferentes intervenções silviculturais que consistiram em liberação de competição, corte de cipós, plantio de enriquecimento e um controle. O incremento periódico anual em diâmetro entre os tratamentos foi de 0,29 cm.ano<sup>-1</sup> na testemunha (tratamento 1), 0,32 cm.ano<sup>-1</sup> no tratamento de liberação de desejáveis (tratamento 2), 0,33 cm.ano<sup>-1</sup> no tratamento de liberação de desejáveis mais corte de cipós (tratamento 3) e de 0,36 cm.ano<sup>-1</sup> no tratamento de liberação de desejáveis mais corte de cipós e plantio (tratamento 4).

Jesus e Souza (1995), trabalhando em floresta secundária de transição, no Estado de Minas Gerais, estimaram o incremento periódico anual em diâmetro de 2,49; 4,76 e 5,50 mm.ano<sup>-1</sup>, e para os povoamentos sem intervenção, reduções de 78,76 e 87,15% em área basal, respectivamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Características da área de estudo

##### 3.1.1 Localização

A presente pesquisa foi realizada na Fazenda Tupi, pertencente à Paludo Agropecuária S.A., empresa do grupo VIPAL, localizada no distrito de Rio Branco, município de Nova Prata, região da encosta superior do nordeste do Rio grande do Sul, entre as coordenadas 28°40' e 28°43' S e 51°38' e 51°36' W, estando a uma altitude média de 662 metros (Figura 2).

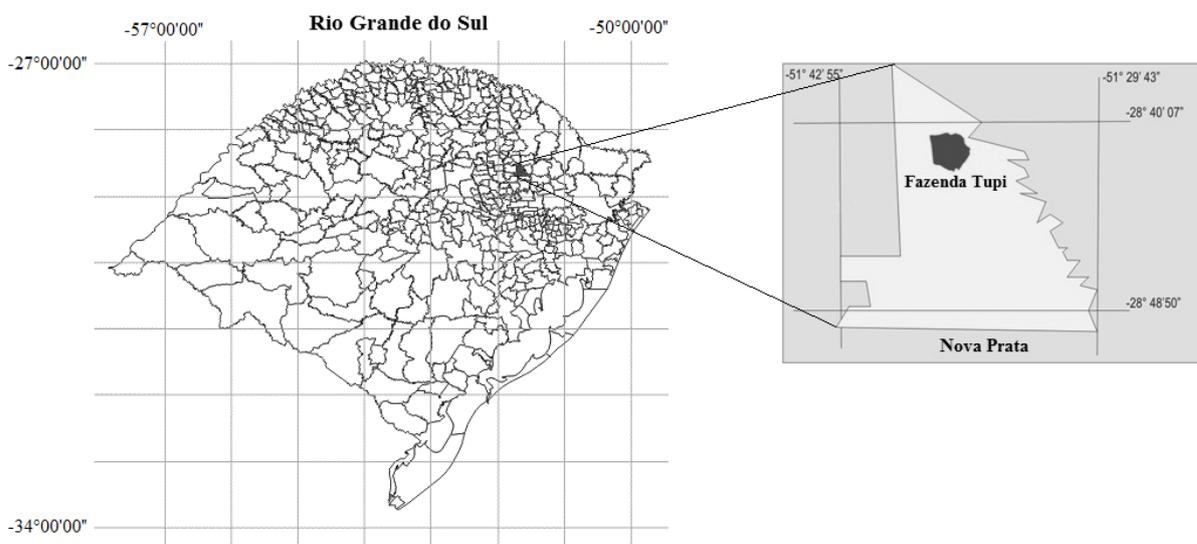


Figura 2 – Localização da área de estudo no município de Nova Prata, RS.

A área total da Fazenda Tupi é de 962,3 ha, sendo 784,3 ha ocupados com Floresta Ombrófila Mista em estágios de desenvolvimento médio e avançado. A propriedade constitui-se em um dos últimos remanescentes de floresta com araucária desta extensão na região nordeste do Rio Grande do Sul, razão pela qual se destaca na paisagem como se pode observar na imagem do satélite GeoEye, apresentado na Figura 3.



Figura 3 – Imagem do satélite GeoEye da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.  
 Fonte: *Google earth* (2011).

### 3.1.2 Climatologia

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “CfbI”, caracterizado pela ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, apresentando a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C, e a do mês mais frio oscilando entre -3 e 18°C (MORENO, 1961).

De acordo com dados meteorológicos obtidos de 1961 a 1990, na Estação Agroclimática da Embrapa Uva e Vinho, no município de Bento Gonçalves (latitude 29°09'S, longitude 51°31'W e altitude de 640 m), próximo à região de estudo, a temperatura média anual é de 17,2°C, sendo junho o mês mais frio, com média de 12,8°C; e janeiro o mais quente, com média de 21,8°C. A umidade relativa média anual é de 76,0%. As precipitações são regularmente distribuídas em todos os meses do ano, com média anual acumulada de 1736 mm, sendo o mês de setembro o mais chuvoso, com 185 mm; e maio o mais seco, com 107 mm.

A formação de geadas na região é um fenômeno comum, em virtude de suas latitude e

orografia. Em média, ocorrem 4 geadas no outono, 13 no inverno e 3 na primavera, variando entre um mínimo de 8 e um máximo de 32 geadas anuais (MOSCOVICH, 2006).

### 3.1.3 Relevo e solos

A região de Nova Prata apresenta relevo montanhoso, sendo recortada profundamente por rios que formam vales estreitos. As altitudes variam de 300 a 600 metros nos vales, até 800 metros nos limites com o planalto (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

A unidade de relevo que ocorre na região é do tipo Planalto das Araucárias, situado na parte intermediária da serra e as declividades médias do local não ultrapassam 30% (HERRMANN; ROSA, 1990).

Na porção nordeste do Rio Grande do Sul são encontrados os derrames basálticos nas cotas mais baixas, formando as bases e encostas dos morros, enquanto os derrames riolíticos aparecem nas cotas mais altas, geralmente acima de 700 a 800 metros de altitude (STRECK et al., 2008).

O solo, cuja profundidade varia entre 1,5 a 2,0 m, é moderadamente drenado, com textura argilosa, fortemente ácido. Pertence à unidade de mapeamento Durox, sendo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (STRECK et al., 2002).

### 3.1.4 Vegetação natural

Baseando-se na classificação proposta pelo IBGE (1992), a tipologia vegetal característica da área de estudo é a Floresta Ombrófila Mista Montana. O caráter “*ombrófila*” deste tipo de vegetação refere-se ao clima, ou seja, formação florestal situada numa região com alta pluviosidade, onde ocorrem chuvas bem distribuídas ao longo do ano. O caráter “*misto*” dá-se pela mistura de floras com origens distintas: temperada (austro-brasileira) e tropical (afro-brasileira). Já o caráter “*montano*” deve-se ao fato da floresta localizar-se entre 400 m e mais ou menos 1.000 m de altitude.

### 3.1.5 Histórico da floresta da Fazenda Tupi

Na Fazenda Tupi, a partir da década de 70, teve início uma exploração intensiva da floresta, culminando com a exploração indiscriminada ocorrida em meados da década de 80, quando foi abatida grande parte das araucárias adultas presentes na propriedade. Essa exploração acabou degradando a floresta, tanto pela ampla subtração das araucárias como pelos danos causados às árvores remanescentes.

Em 1989, a propriedade foi adquirida pela Paludo Agropecuária S.A., empresa do Grupo Vipal, que de imediato solicitou ao Centro de Pesquisas Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria, a realização de um estudo detalhado, visando caracterizar seu estado atual, seu potencial madeireiro remanescente e a elaboração de um plano de manejo florestal.

Em 1995, implantou-se um experimento para estudo da dinâmica de desenvolvimento da floresta nativa da Fazenda Tupi que, 4 anos depois, foi integrado a um Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), intitulado de **Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais – Bioma Floresta de Araucária e suas Transições**. O programa teve duração de 10 anos (1999 a 2009) com levantamentos anuais de dados.

## 3.2 Área experimental

A estrutura amostral da presente pesquisa teve como base a do experimento realizado por Borsoi (2004). Esse autor testou diferentes intervenções de manejo na floresta em unidades de 0,5 ha cada. Tais intervenções consistiram em rebaixar em cinco níveis percentuais a curva de distribuição de frequência em relação à área basal. As intensidades das intervenções nos tratamentos foram: Tratamento 1 = redução da curva de distribuição de frequência em 20% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 2 = redução da curva de distribuição de frequência em 30% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 3 = redução da curva de distribuição de frequência em 40% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 4 = redução da curva de distribuição de frequência em 50% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 5 = redução da curva de distribuição de frequência em 60% do total da área basal, por classe de DAP.

Para o presente estudo, com a finalidade de tornar mais prático o estabelecimento das classes de grau de intervenção da floresta e também para aumentar a área amostral de cada tratamento, consideraram-se para os tratamentos que receberam intervenção de manejo, três intensidades de corte seletivo, adaptados de Borsoi (2004), as quais são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Intensidades dos cortes seletivos para cada tratamento de manejo aplicado na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. Adaptado de Borsoi (2004).

<b>Trat.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Área amostral</b>	<b>Estratégia de Manejo</b>
T1	Testemunha	1,0ha	Unidade que não sofreu intervenção.
T2	Corte Seletivo Leve	0,5ha	Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a retirada de cerca de 20% do total da área basal, por classe de DAP.
T3	Corte Seletivo Médio	1,0ha	Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a extração de 30-40% do total da área basal, por classe de DAP.
T4	Corte Seletivo Pesado	1,0ha	Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a extração de 50-60% do total da área basal, por classe de DAP.

A área total amostral do presente trabalho foi de 3,5 ha, sendo 1,0 ha pertencente à testemunha. A testemunha é uma das cinco parcelas permanentes de 1,0 ha que foram monitoradas anualmente, no período de 2000 a 2009 pelo Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD). Para a escolha da testemunha, prevaleceu o fato de a mesma estar próxima à área onde ocorreram os cortes seletivos, evitando/diminuindo, assim, a influência do sítio nos tratamentos.

Os tratamentos que receberam intervenções de manejo estão separados entre si por uma distância de  $\pm 20$  m entre cada parcela. Cada parcela possui dimensão de 50 m de largura por 100 m de comprimento (0,5 ha). O tratamento Corte Seletivo Leve possui apenas uma parcela e os tratamentos Corte Seletivo Médio e Corte Seletivo Pesado possuem duas parcelas cada. Cada uma dessas foi dividida em 5 faixas de 10 m de largura por 100 m de comprimento, as quais foram subdivididas em subunidades de 10 m por 10 m para o controle espacial dos indivíduos na área. As faixas foram marcadas nas extremidades e no centro das linhas laterais com canos de PVC branco de 40 mm de diâmetro e nas subunidades de cada faixa com canos de PVC marrom de 25 mm. A localização das parcelas constituintes de cada tratamento de manejo aplicado na Fazenda Tupi pode ser observada na Figura 4.

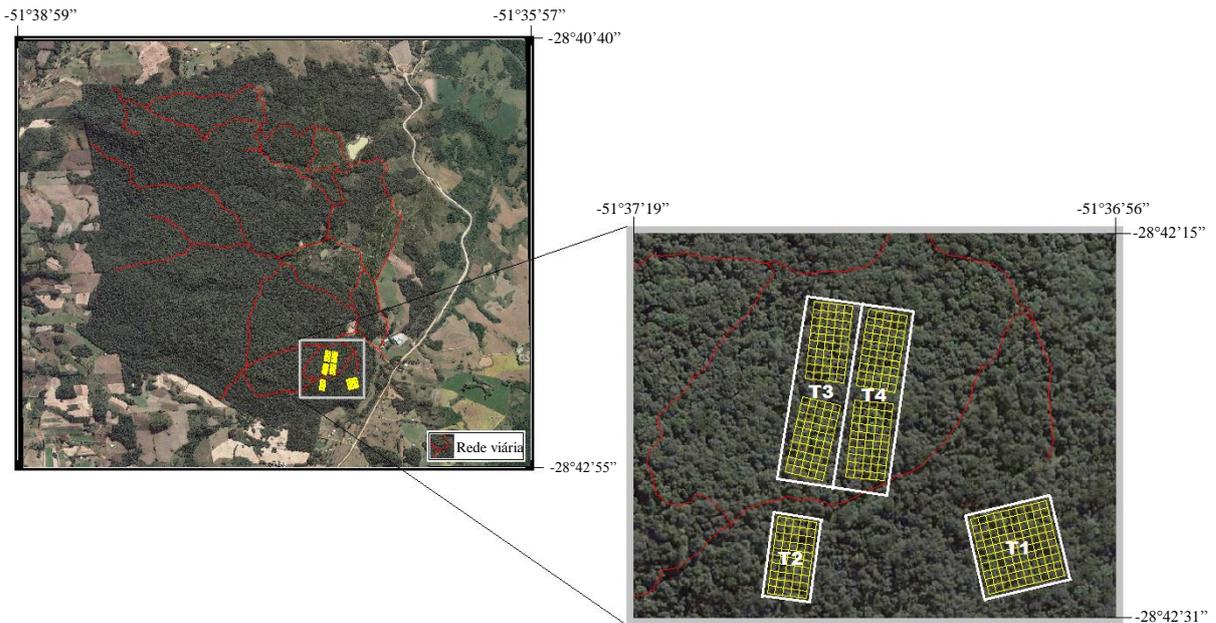


Figura 4 – Localização das unidades amostrais constituintes de cada tratamento de manejo aplicados na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

As intervenções de manejo ocorreram no ano de 2002, tendo em vista que, para a extração das árvores, em cada tratamento, foi dada preferência aos indivíduos defeituosos, mortos e danificados e aos de maior densidade absoluta, sendo respeitados os critérios estabelecidos em cada tratamento. Esse método de escolha se deu ao fato de que na próxima intervenção será possível obter indivíduos com fustes mais regulares, com melhores condições de sanidade, com copas bem distribuídas e, por consequência, tornar a floresta produtiva e com distribuição regular de espécies.

A metodologia de abate das árvores imposta por Borsoi (2004) teve como base os trabalhos de pesquisa realizados sobre impactos na exploração de florestas tropicais. Em linhas gerais, Borsoi (2004) relatou que o abate teve como regra o direcionamento da queda a fim de causar os menores impactos possíveis sobre os indivíduos remanescentes. Para isto, realizou-se a limpeza das árvores selecionadas, quanto aos cipós e, em seguida, orientou-se o corte, de maneira que a queda da árvore atingisse o menor número de indivíduos, tanto de adultos quanto da regeneração natural.

### 3.2.1 Obtenção dos dados e variáveis levantadas

A obtenção dos dados utilizados no presente estudo foi proveniente de três ocasiões, ou seja, três inventários de monitoramento da floresta, sendo estes:

a) Inventário pré-exploratório: realizado no ano de 2001, foi base para o planejamento das intervenções de manejo realizadas por Borsoi (2004);

b) 1º Inventário de monitoramento: realizado no ano de 2006 em trabalho desenvolvido por Hack (2007) para a avaliação da recuperação da floresta após as intervenções de manejo;

c) 2º Inventário de monitoramento: realizado no ano de 2010, sendo proveniente do presente estudo. Para esse, foi utilizada a mesma metodologia do inventário anterior, a saber, remediram-se todas as árvores com CAP (circunferência à altura do peito)  $\geq 30$  cm presentes na parcela, que já estavam identificadas e numeradas com etiqueta de alumínio fixadas com prego a 1,25 metros da base da árvore, além de apresentarem uma faixa amarela em torno de 2 cm de largura na altura do ponto de medição (1,30 m), com a finalidade de se evitar erros de remedição subsequente da CAP (Figura 5).

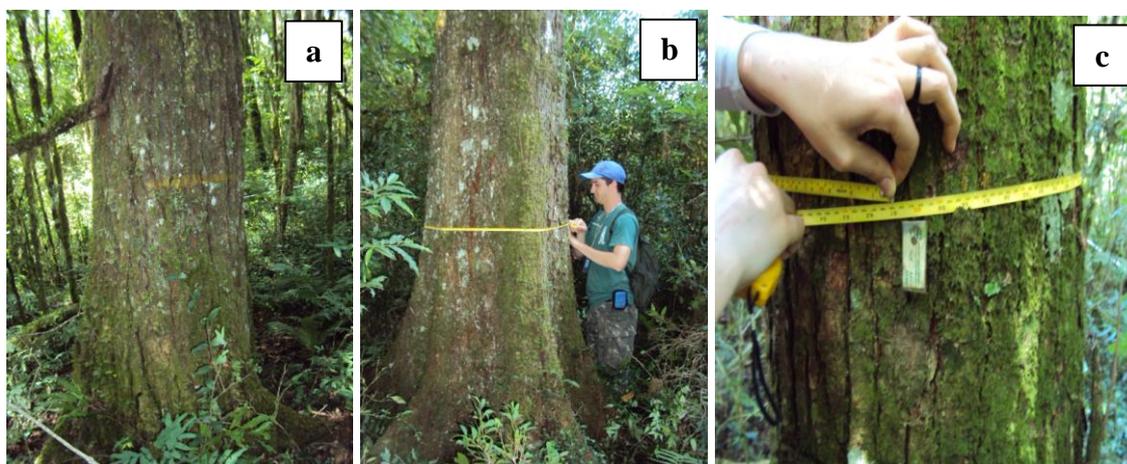


Figura 5 – Detalhe da faixa amarela a altura da CAP da árvore (a); medição a campo da CAP com fita métrica (b) e; etiqueta numérica (c). Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Foto: Longhi (2010).

Cada indivíduo teve medido a CAP, a altura comercial e total, e as coordenadas X e Y de seu posicionamento dentro da subunidade. Para a obtenção da altura comercial foi considerada a altura entre o nível do solo e a porção superior utilizável do tronco, sendo esta

determinada por presença de bifurcação, galhos de grande porte ou tortuosidade acentuada.

Os indivíduos que não estavam presentes no estoque de crescimento, mas que atingiram o CAP mínimo de 30 cm no ano da remedição, foram ingressados no estoque do estrato arbóreo, receberam uma etiqueta de alumínio com número sequencial, foram identificados botanicamente, sendo medidas todas as variáveis descritas anteriormente. A medição da CAP das árvores foi feita com trena de precisão em milímetros e as alturas das árvores com o Hipsômetro Digital Vertex, com precisão de 0,1 metro.

A identificação botânica foi inicialmente realizada *in loco*, bem como utilizando as informações encontradas nas bibliografias especializadas sobre o assunto e consultas ao acervo do Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF) da Universidade Federal de Santa Maria. A nomenclatura das espécies segue a proposta do Angiosperm Phylogeny Group (APG) (APG III, 2009).

### **3.3 Avaliação da sustentabilidade ecológica dos tratamentos de manejo**

A produção sustentada de madeira em longo prazo requer, indiscutivelmente, a manutenção das condições ecológicas ótimas da floresta, sem o qual não haverá sustentabilidade. Para que isso possa ser possível é preciso que, periodicamente, seja cortada somente uma quantidade de madeira igual ao crescimento de cada árvore da floresta, propiciando-se, assim, a perpetuação do estoque de madeira e da manutenção do equilíbrio ecológico do ecossistema.

Dessa forma, faz-se necessário verificar o comportamento da floresta com o passar do tempo após as intervenções de manejo, conhecendo-se as alterações de estrutura, florística e diversidade, além da dinâmica da floresta para os diferentes tratamentos de manejo. Esses resultados fornecerão informações confiáveis do grau de alteração e recuperação da biodiversidade, base para o aproveitamento racional do recurso florestal.

### 3.3.1 Estrutura fitossociológica

Foram caracterizadas a composição de espécies e a estrutura horizontal dos diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta, para a ocasião antes das intervenções de manejo, em 2001, e oito anos após as intervenções, em 2010, comparando-se as mudanças que ocorreram nesse período em relação ao tratamento que não sofreu cortes seletivos.

Para se avaliar as mudanças na estrutura horizontal de cada tratamento, estimaram-se os parâmetros fitossociológicos tradicionalmente utilizados: densidade, dominância, frequência e valor de importância (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; LONGHI, 1980). As fórmulas para os cálculos dos parâmetros são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Fórmulas utilizadas para cálculo dos parâmetros fitossociológicos para cada espécie amostrada nos tratamentos de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Parâmetro	Abreviação	Fórmula	Unidade
Densidade absoluta	DA	$ni.ha^{-1}$	n/ha
Densidade relativa	DR	$DA/N.ha^{-1} \times 100$	%
Dominância absoluta	DoA	$g_i.ha^{-1}$	m <sup>2</sup> /ha
Dominância relativa	DoR	$(DoA/G.ha^{-1}) \times 100$	%
Frequência absoluta	FA	% parcelas com registro da espécie	%
Frequência relativa	FR	$(FA/\sum FA) \times 100$	%
Valor de Importância	VI	$DR + DoR + FR$	%

Em que:  $ni$  = número total de indivíduos amostrados de cada espécie;  $N$  = número total de indivíduos amostrados;  $g_i$  = área basal de cada espécie;  $G$  = área basal total das espécies encontradas por unidade de área.

Para a análise da estrutura horizontal, os dados foram processados nos diferentes períodos de análise pelo software Mata Nativa 2 (CIENITEC, 2006).

### 3.3.2 Diversidade e equabilidade

A variação de espécies existentes entre comunidades pode ser representada e quantificada de diversas maneiras, sendo a mais comum por meio dos índices de diversidade. Assim, para avaliar as mudanças de diversidade e equabilidade de espécies nos diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta, utilizaram-se os seguintes índices: índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) (SHANNON, 1948) e índice de equabilidade de Pielou ( $J$ )

(PIELOU, 1966). A síntese do postulado de cada índice é apresentada a seguir:

a) *índice de diversidade de Shannon (H')* – fornece a ideia do grau de incerteza em prever qual seria a espécie pertencente a um indivíduo da população, se retirado aleatoriamente (LAMPRECHT, 1990). É expresso pela fórmula:

$$H' = -\sum P_i \times \ln P_i \quad (1)$$

Sendo:  $P_i$ =probabilidade de importância de cada espécie ( $n_i/N$ );  $n_i$ =número de indivíduos de cada espécie;  $N$ =número total de indivíduos amostrados;  $\ln$ =logaritmo neperiano.

Quanto maior o valor de  $H'$ , maior a diversidade da área em estudo. Segundo Felfili e Rezende (2003), os valores do índice de Shannon geralmente situam-se entre 1,3 e 3,5, podendo exceder 4,0 e alcançar em torno de 4,5 em ambientes florestais tropicais.

b) *índice de equabilidade de Pielou (J')* – é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1966). É expresso pela fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (2)$$

Sendo:  $H'$ =índice de diversidade de Shannon;  $H'_{\max}=\ln(s)$ ;  $s$ =número de espécies amostradas.

Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

### 3.3.3 Recrutamento e mortalidade

Para o presente estudo, definiu-se como morta a árvore viva com CAP (circunferência à altura do peito, a 1,30 m do solo)  $\geq 30$  cm na ocasião do inventário de 2006 e que estava morta no levantamento de 2010. Considerou-se como ingresso toda árvore viva que não foi amostrada no levantamento de 2006 e que, no inventário de 2010, apresentava CAP  $\geq 30$  cm.

As taxas de recrutamento e de mortalidade foram calculadas para cada unidade que

sofreu intervenção, através das seguintes fórmulas:

$$TAR = \frac{R}{N \cdot n} \cdot 100 \quad (3)$$

$$TAM = \frac{M}{N \cdot n} \cdot 100 \quad (4)$$

Sendo: TAR = taxa anual média de recrutamento, em percentagem; TAM = taxa anual média de mortalidade, em percentagem;  $R$  = número de árvores recrutadas no período entre 2006 e 2010;  $M$  = número de árvores que morreram no período entre 2006 e 2010;  $N$  = número de árvores vivas em 2006;  $n$  = intervalo entre as medições.

#### 3.3.4 Estrutura diamétrica

Foram verificadas as alterações da densidade de indivíduos por classe de DAP e da área basal por classe de DAP. Para isso, consideraram-se as três ocasiões de monitoramento, ou seja, um ano antes das intervenções de manejo (2001), quatro e oito anos após as intervenções (2006 e 2010, respectivamente).

A análise da estrutura diamétrica de cada tratamento consistiu na elaboração de histogramas, cujos intervalos de classe foram definidos pela fórmula  $A/K$ , onde  $A$  representa a amplitude para o parâmetro (DAP) e  $K$  é definido pelo algoritmo de Sturges, extraído de Finger (1992), o qual é expresso pela fórmula  $K = 1 + 3,3 \cdot \log(n)$ , em que  $n$  = número de indivíduos amostrados.

O ajuste do número de indivíduos em cada tratamento por centro de classe de DAP foi realizado por meio do modelo  $Y_j = e^{b_0 + b_1 \cdot D_j}$  (MEYER, 1952), sendo  $Y_j$  o estimador do número de indivíduos e  $D_j$  o diâmetro correspondente ao centro da  $j$ -ésima classe de DAP.

### 3.4 Análise de incrementos

Para a comparação dos incrementos entre os tratamentos, foi quantificado o

incremento periódico anual (IPA) absoluto e relativo, em diâmetro, área basal e em volume, para cada indivíduo nos dois períodos de análise e, após, os valores foram somados para se obter o incremento total da variável para cada tratamento. O IPA foi obtido pelas fórmulas:

$$IPA = \frac{Y_{(m+n)} - Y_{(m)}}{n} \quad (5)$$

$$IPA\% = \frac{Y_{(m+n)} - Y_{(m)}}{Y_{(m)}} \cdot \frac{100}{n} \quad (6)$$

Sendo: IPA = incremento periódico anual absoluto; IPA% = incremento periódico anual relativo;  $Y_{(m+n)}$  = valor da variável no final do período;  $Y_{(m)}$  = valor da variável no início do período; n = período de tempo.

Para a determinação do crescimento em volume comercial com casca para cada indivíduo foi utilizada a equação volumétrica de Schumacher-Hall, descrita abaixo:

$$\log V = b_0 + b_1 \log DAP + b_2 \log hc \quad (7)$$

Sendo:  $\log$  = logaritmo de base 10;  $V$  = volume com casca por árvore, em m<sup>3</sup>;  $DAP$  = diâmetro à altura do peito com casca, em cm;  $hc$  = altura comercial, em m.

Os coeficientes ( $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ ) já foram definidos para espécies folhosas e para *Araucaria angustifolia* no Inventário de Florestas Nativas do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1983), como segue:

a) Para folhosas:

$$b_0 = -3,95275; b_1 = 2,04354 \text{ e } b_2 = 0,61461;$$

b) Para *Araucaria angustifolia*:

$$b_0 = -4,29736; b_1 = 2,18411 \text{ e } b_2 = 0,68504.$$

A análise do incremento foi realizada para o conjunto de todas as espécies em cada tratamento de manejo e também para o grupo de espécies de valor comercial. As espécies previamente identificadas como de valor comercial, ou seja, com relevante interesse no mercado local, foram as seguintes: *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro),

*Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), *Cedrela fissilis* (cedro), *Ocotea pulchella* (canela-lageana), *Ocotea puberula* (canela-guaicá), *Nectandra megapotamica* (canela-preta), *Nectandra lanceolata* (canela-amarela), *Cryptocarya aschersoniana* (canela-vick), *Cinnamomum amoenum* (canela), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) e *Prunus myrtifolia* (pessegueiro-do-mato).

Essas espécies foram divididas em três grupos buscando-se agrupar, dentro de cada grupo, espécies com determinado grau de associação entre elas e que apresentassem número suficiente de indivíduos (amostra) para análise de médias do IPAd(%) entre os tratamentos de manejo. Dessa forma, o primeiro grupo foi formado apenas pela espécie *Araucaria angustifolia*; o segundo grupo foi formado pelas espécies de canelas, tendo como associação entre as espécies, todas constituintes da mesma família - lauraceae; e o terceiro grupo ficou, então, determinado pelas demais espécies de valor comercial.

As espécies presentes em cada grupo ficaram assim distribuídas:

- a) Grupo da araucária: *Araucaria angustifolia*;
- b) Grupo das canelas: *Ocotea pulchella*, *Ocotea puberula*, *Nectandra megapotamica*, *Nectandra lanceolata*, *Cryptocarya aschersoniana* e *Cinnamomum amoenum*;
- c) Grupo das demais espécies comerciais: *Parapiptadenia rigida*, *Cedrela fissilis*, *Luehea divaricata* e *Prunus myrtifolia*.

Para a comparação das taxas de crescimento dos grupos de espécies de valor comercial entre os diferentes tratamentos de manejo, foi utilizado o incremento periódico anual em diâmetro relativo ao invés do incremento absoluto, uma vez que a capacidade da árvore em ganhar incremento em diâmetro ou em área basal está relacionada ao seu diâmetro inicial.

Os incrementos periódicos anuais em diâmetro percentual para o grupo de espécies de valor comercial foram representados por gráfico de caixa ou *box plot*. O gráfico *box plot* é uma análise gráfica que utiliza cinco medidas estatísticas: valor mínimo, valor máximo, mediana, primeiro e terceiro quartil da variável quantitativa. Este conjunto de medidas oferece a idéia da posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes (*outliers*).

Em um gráfico *box plot*, a caixa contém a metade dos dados. O limite superior da caixa indica o percentil de 75% dos dados e o limite inferior da caixa indica o percentil de 25% dos dados. A distancia entre esses dois quartis é conhecida como interquartil. A linha dentro da caixa indica o valor de mediana dos dados. A representação das medidas estatísticas que podem ser observadas em um gráfico *box plot* pode ser visualizada na Figura 6.

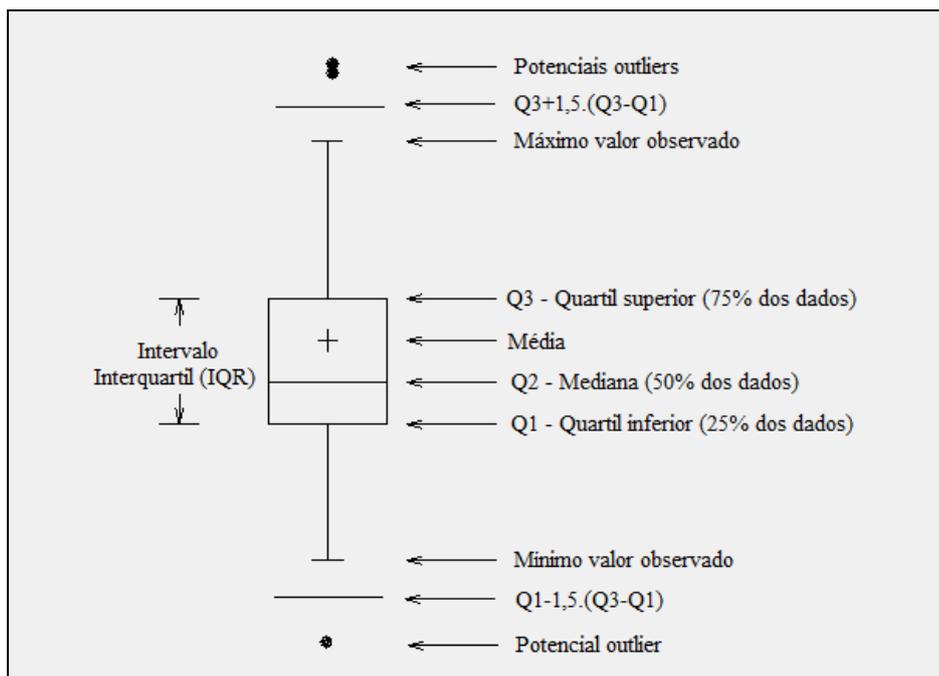


Figura 6 – Representação das medidas estatísticas em um gráfico *box plot*.

Para a verificação dos valores discrepantes (*outliers*), optou-se por eliminar apenas os pontos com valores extremos (três vezes o valor do interquartil), embora fosse possível identificar na estrutura interna dos dados os pontos como sendo potenciais *outliers* (maior que 1,5 vezes a distância interquartil), uma vez que, dependendo das circunstâncias em uma floresta, alguns indivíduos podem apresentar incrementos mínimos, nulos ou até mesmo negativos, além de poder manifestar crescimentos altamente elevados devido a uma condição especial a que podem estar sujeitos.

Para essa análise considerou-se um delineamento inteiramente casualizado com diferente número de observações (desbalanceado), sendo as árvores presentes em cada intensidade de corte seletivo, as repetições. Os dados resultantes do incremento periódico anual em diâmetro percentual foram submetidos à análise de variância e as médias discriminadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Para a análise, foi utilizado o procedimento PROC MIXED pelo teste LSmeans (estimativas de médias ajustadas para dados desbalanceados) do sistema estatístico SAS (Statistical Analysis System) Versão 9.1 (SAS Institute Inc., 2004).

Para garantir a aplicação de testes de significância baseados na distribuição *F*, foi calculado o teste de normalidade e homocedasticidade (SNEDECOR; COCHRAN, 1989) para a variável resposta “incremento periódico anual em diâmetro percentual”. Para tal, utilizaram-se o teste de Bartlett para verificação da homocedasticidade e o teste de Kolmogorov–

Smirnov para a normalidade. A fim de cumprir com os pressupostos, quando necessário, foi utilizado o método proposto por Box e Cox (1964) para estabilizar a variância por meio de uma potência lambda ( $\lambda$ ) estimada por máxima verossimilhança. A transformação Box-Cox automaticamente identifica uma transformação a partir de uma família de transformações  $Y^\lambda = Y^\lambda$  de potência de Y (SCHNEIDER et al., 2009), sendo que  $Y^{(\lambda)} = (Y^\lambda - 1)/\lambda$  para tal  $\lambda \neq 0$  e  $Y^{(\lambda)} = \ln(Y)$  para  $\lambda = 0$ .

Também foi realizada uma comparação do incremento periódico anual percentual para todas as árvores por classe de diâmetro presentes em cada tratamento de manejo. Para isso, utilizou-se gráfico *box plot*, que incluiu uma breve análise da média (ANOM) com os limites de diferença superior e inferior calculados com nível de significância  $\alpha = 0,05$ . A análise foi realizada utilizando-se o procedimento PROC ANOM do sistema estatístico SAS. Como o número de observações não foi constante em cada classe de diâmetro (desbalanceado) os limites de decisão foram calculados da seguinte forma:

$$\text{Limite Inferior (LI)} = \bar{\bar{X}} - h(\alpha; k, n_1, \dots, n_k, \nu) \cdot \sqrt{MSE} \cdot \sqrt{\frac{N - n_i}{N \cdot n_i}} \quad (8)$$

$$\text{Limite Superior (LS)} = \bar{\bar{X}} + h(\alpha; k, n_1, \dots, n_k, \nu) \cdot \sqrt{MSE} \cdot \sqrt{\frac{N - n_i}{N \cdot n_i}} \quad (9)$$

Sendo: Quadrado Médio do Erro (QME) =  $MSE = \frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + \dots + (n_k - 1) \cdot s_k^2}{n_1 + \dots + n_k - k}$ ;  $\bar{\bar{X}}$  = média ponderada de

$k$  grupos;  $k$  = número de grupos;  $\alpha$  = nível de significância (95%);  $\nu$  = graus de liberdade associado ao QME;  $n_i$  = tamanho da amostra de cada grupo;  $N$  = tamanho da amostra total;

### 3.5 Determinação do tempo de recuperação do estoque

Para a determinação do tempo de recuperação do estoque, assumiu-se que a projeção do estoque remanescente fundamenta-se no pressuposto de que os crescimentos anuais volumétricos de uma árvore ou povoamento se acumulam, seguindo a lei de juros compostos. Dessa forma, a ideia básica é a de que a floresta possa repor o volume que foi cortado durante determinado período de tempo, garantindo a sustentabilidade de sua produção. As expressões algébricas usadas para estimar o tempo de recuperação do estoque (ciclo de corte), extraídas

de Schneider e Schneider (2008), estão descritas abaixo:

$$VT_j = VR_j \cdot (1 + i_j)^{cc_j} \quad (10)$$

$$cc_j = \frac{\ln(VT_j) - \ln(VR_j)}{\ln(1 + i_j)} \quad (11)$$

Sendo:  $VT_j$  = volume do estoque total ou final na  $j$ -ésima tratamento de manejo ( $m^3/ha$ );  $VR_j$  = volume de estoque remanescente na  $j$ -ésima tratamento de manejo ( $m^3/ha$ );  $i_j$  = taxa de crescimento anual na  $j$ -ésima tratamento de manejo (%);  $cc_j$  = ciclo de corte na  $j$ -ésima tratamento de manejo (anos);  $ln$  = logaritmo neperiano.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Sustentabilidade ecológica no manejo florestal

#### 4.1.1 Mudanças na composição de espécies e estrutura horizontal

As florestas secundárias necessitam, normalmente, de intervenções que as levem de uma estrutura pouco desenvolvida, muitas vezes estagnada, a uma estrutura produtiva. Entretanto, a modificação da composição de uma floresta natural, segundo Schneider e Schneider (2008), só deve ser projetada quando uma análise do povoamento atual demonstrar que sua estrutura fitossociológica não é satisfatória. Dessa forma, esse subitem possui apenas o objetivo de contribuir com uma análise geral da estrutura fitossociológica em cada tratamento de manejo, buscando verificar o grau de recuperação da floresta com o passar do tempo após as diferentes intensidades de corte seletivo, além de avaliar a estrutura atual, como forma de fornecer subsídios para futuras intervenções de manejo, sem entrar em maiores detalhes quanto às mudanças de cada parâmetro fitossociológico específico.

As mudanças na estrutura horizontal de cada tratamento de manejo aplicado à floresta, nas diferentes ocasiões de medição, podem ser observadas na Tabela 3, em que são mostrados os parâmetros fitossociológicos das espécies com valor de importância (VI) maior ou igual a 2% para o ano de 2010. Em todos os tratamentos, a estrutura horizontal comprova o estágio secundário em que se encontra a floresta, não tendo *Araucaria angustifolia* como a espécie mais importante do dossel, espécie esta citada por muitos autores, entre eles Hueck (1972) e Reitz et al. (1983), como de presença constante e dominante nos domínios da Floresta Ombrófila Mista. Esse estágio secundário também vai de encontro com o histórico da floresta da Fazenda Tupi, onde houve intensa exploração seletiva de *Araucaria angustifolia* no passado, interferindo, assim, no atual estágio da floresta.

Tabela 3 – Parâmetros fitossociológicos de cada tratamento de manejo aplicado na floresta, para as ocasiões de 2001 e 2010 para as espécies com valor de importância maior de 2% no ano de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Nome científico	2001					2010				
	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)
<b>T1 - Testemunha</b>										
<i>Matayba elaeagnoides</i>	122	15,62	4,34	14,02	11,00	115	15,67	4,69	14,75	11,34
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	67	8,58	3,85	12,43	8,12	63	8,58	4,41	13,87	8,68
<i>Araucaria angustifolia</i>	22	2,82	4,30	13,90	6,69	21	2,86	4,70	14,77	7,08
<i>Lithraea brasiliensis</i>	54	6,91	3,27	10,55	6,94	47	6,40	3,33	10,47	6,83
<i>Myrciaria floribunda</i>	87	11,14	1,51	4,88	6,46	83	11,31	1,51	4,76	6,56
<i>Erythroxylum deciduum</i>	72	9,22	2,13	6,88	6,49	59	8,04	2,03	6,37	6,00
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	39	4,99	1,52	4,92	4,43	35	4,77	1,68	5,29	4,56
<i>Cupania vernalis</i>	37	4,74	0,98	3,16	3,75	41	5,59	1,17	3,67	4,28
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	34	4,35	0,66	2,15	3,29	42	5,72	0,85	2,66	3,99
<i>Myrcia guianensis</i>	38	4,87	0,96	3,12	3,78	31	4,22	0,96	3,02	3,62
<i>Siphoneugena reitzii</i> cf.	30	3,84	0,44	1,43	2,88	31	4,22	0,47	1,48	3,10
<i>Casearia decandra</i>	19	2,43	0,27	0,88	1,95	29	3,95	0,43	1,36	2,67
<i>Myrcianthes gigantea</i>	15	1,92	0,83	2,68	2,66	12	1,63	0,83	2,61	2,62
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	11	1,41	0,37	1,18	1,98	11	1,50	0,42	1,32	2,14
Demais espécies	134	17,15	5,51	17,81	29,61	114	15,52	4,33	13,60	26,52
Total	781	100	30,95	100	100	734	100	31,80	100	100
<b>T2 - Corte Seletivo Leve</b>										
<i>Matayba elaeagnoides</i>	322	48,35	11,41	42,72	31,59	224	34,89	8,87	32,32	23,55
<i>Luehea divaricata</i>	26	3,90	3,33	12,47	6,69	40	6,23	4,07	14,84	8,17
<i>Cupania vernalis</i>	58	8,71	1,33	4,98	5,80	58	9,03	1,47	5,35	5,94
<i>Ilex paraguariensis</i>	26	3,90	2,21	8,26	5,29	24	3,74	2,48	9,05	5,41
<i>Araucaria angustifolia</i>	16	2,40	1,42	5,31	3,80	24	3,74	2,14	7,81	5,00
<i>Myrciaria floribunda</i>	32	4,80	0,42	1,58	3,36	46	7,17	0,67	2,43	4,35
<i>Casearia decandra</i>	22	3,30	0,31	1,15	2,72	32	4,98	0,49	1,78	3,40
<i>Ocotea pulchella</i>	10	1,50	0,92	3,46	2,89	10	1,56	1,16	4,23	3,08
<i>Lithraea brasiliensis</i>	16	2,40	0,41	1,54	2,55	20	3,12	0,70	2,54	3,04
<i>Erythroxylum deciduum</i>	14	2,10	0,49	1,82	2,54	16	2,49	0,72	2,63	2,86
<i>Styrax leprosus</i>	16	2,40	0,39	1,45	2,52	20	3,12	0,44	1,60	2,72
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	6	0,90	0,09	0,32	1,64	16	2,49	0,25	0,91	2,28
<i>Cedrela fissilis</i>	4	0,60	0,63	2,37	2,22	4	0,62	0,75	2,71	2,26
<i>Allophylus edulis</i>	12	1,80	0,13	0,47	1,99	16	2,49	0,21	0,76	2,23
Demais espécies	86	12,90	3,23	12,11	24,38	92	14,29	3,03	11,03	25,68
Total	666	100	26,70	100	100	642	100	27,44	100	100

Continua...

Tabela 3 – Continuação...

Nome científico	2001					2010				
	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)
<b>T3 - Corte Seletivo Médio</b>										
<i>Matayba elaeagnoides</i>	257	41,25	12,94	46,50	30,51	144	26,09	7,67	32,85	20,83
<i>Araucaria angustifolia</i>	17	2,73	2,59	9,29	5,26	25	4,53	3,29	14,11	7,39
<i>Cupania vernalis</i>	41	6,58	1,01	3,62	4,34	57	10,33	1,44	6,17	6,68
<i>Myrciaria floribunda</i>	39	6,26	0,59	2,12	4,05	42	7,61	0,70	3,02	4,72
<i>Casearia decandra</i>	33	5,30	0,73	2,61	3,89	35	6,34	0,64	2,73	4,20
<i>Ilex theezans</i>	17	2,73	1,96	7,05	4,52	12	2,17	1,34	5,72	3,81
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	26	4,17	0,50	1,80	3,25	27	4,89	0,59	2,53	3,65
<i>Solanum mauritianum</i>	17	2,73	0,22	0,80	1,81	22	3,99	0,46	1,97	3,17
<i>Siphoneugena reitzii</i> cf.	32	5,14	0,56	2,01	3,64	18	3,26	0,31	1,34	2,71
<i>Ilex paraguariensis</i>	5	0,80	0,26	0,94	1,52	18	3,26	0,28	1,18	2,66
<i>Ocotea pulchella</i>	7	1,12	1,22	4,37	3,09	6	1,09	0,92	3,94	2,56
<i>Cedrela fissilis</i>	9	1,44	0,69	2,47	2,25	8	1,45	0,77	3,31	2,47
<i>Myrceugenia miersiana</i>	14	2,25	0,17	0,61	2,21	13	2,36	0,13	0,55	2,15
<i>Lithraea brasiliensis</i>	10	1,61	0,46	1,64	2,03	8	1,45	0,49	2,09	2,07
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	5	0,80	0,29	1,05	1,87	5	0,91	0,38	1,64	2,03
Demais espécies	94	15,05	3,65	13,09	25,75	112	20,26	3,93	16,81	28,93
Total	623	100	27,83	100	100	552	100	23,34	100	100
<b>T4 - Corte Seletivo Pesado</b>										
<i>Matayba elaeagnoides</i>	247	39,27	10,26	39,26	27,57	133	28,73	4,55	26,51	19,68
<i>Araucaria angustifolia</i>	25	3,97	2,81	10,73	6,29	30	6,48	3,46	20,15	10,15
<i>Erythroxylum deciduum</i>	53	8,43	2,08	7,95	6,50	34	7,34	1,53	8,92	6,37
<i>Nectandra megapotamica</i>	30	4,77	1,25	4,79	4,58	33	7,13	1,00	5,84	5,59
<i>Myrciaria floribunda</i>	20	3,18	0,25	0,94	2,42	25	5,40	0,32	1,86	3,37
<i>Lithraea brasiliensis</i>	32	5,09	1,30	4,97	4,05	15	3,24	0,80	4,64	3,26
<i>Allophylus edulis</i>	21	3,34	0,31	1,2	2,55	20	4,32	0,35	2,05	3,08
<i>Parapiptadenia rigida</i>	24	3,82	1,68	6,44	4,46	6	1,30	0,74	4,28	2,81
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	38	6,04	0,97	3,72	4,30	18	3,89	0,29	1,66	2,80
<i>Eugenia uniflora</i>	21	3,34	0,36	1,37	2,96	14	3,02	0,21	1,24	2,69
<i>Casearia decandra</i>	4	0,64	0,04	0,14	1,30	13	2,81	0,15	0,87	2,50
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	8	1,27	0,37	1,43	2,29	7	1,51	0,32	1,83	2,38
<i>Ilex theezans</i>	14	2,23	1,14	4,37	3,59	5	1,08	0,37	2,14	2,34
<i>Ocotea pulchella</i>	8	1,27	0,28	1,05	1,82	9	1,94	0,38	2,21	2,34
<i>Myrcianthes gigantea</i>	10	1,59	0,53	2,02	2,59	7	1,51	0,26	1,49	2,27
<i>Siphoneugena reitzii</i> cf.	20	3,18	0,35	1,35	2,90	9	1,94	0,18	1,05	2,27
<i>Cedrela fissilis</i>	4	0,64	0,56	2,16	1,97	4	0,86	0,28	1,63	2,10
<i>Ilex brevicauspis</i>	4	0,64	0,31	1,17	1,64	5	1,08	0,35	2,05	2,00
Demais espécies	46	7,36	1,29	4,94	16,23	76	16,43	1,65	9,57	22,02
Total	629	100,07	26,14	100	100	463	100	17,18	100	100

Em que: 2001 = um ano antes das intervenções; 2010 = oito anos após as intervenções; DA = densidade absoluta (ind.ha<sup>-1</sup>); DR = densidade relativa (%); DoA = dominância absoluta (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); DoR = dominância relativa (%); VI% = valor de importância (%).

Para todos os tratamentos de manejo, a espécie *Matayba elaeagnoides* apresentou a maior dominância e densidade e, conseqüentemente, sendo a espécie mais importante, nas diferentes ocasiões de medição (Tabela 3). Contudo, oito anos após os cortes seletivos, observou-se uma melhor estruturação dos parâmetros fitossociológicos em relação à ocasião anterior às intervenções de manejo, sendo que a preferência pela retirada de indivíduos de espécies com alta densidade na floresta durante a realização dos cortes foi atendida, o que ocasionou, assim, um decréscimo considerável nos parâmetros fitossociológicos de *Matayba elaeagnoides* em detrimento do aumento dos parâmetros de espécies mais desejáveis.

Um dos fatores mais importantes que comprova essa reestruturação foi o aumento da densidade de *Araucaria angustifolia* no ano de 2010 em relação à ocasião anterior às intervenções (2001) em todos os tratamentos de manejo que receberam cortes seletivos. No tratamento que não sofreu intervenção (T1) verificou-se perda de um indivíduo e, mesmo assim, ganho de 5,8% no VI nesse mesmo período. Já nos tratamentos que receberam os cortes seletivos ocorreu acréscimo de 8 ind.ha<sup>-1</sup> no T2, 8 ind.ha<sup>-1</sup> no T3 e 5 ind.ha<sup>-1</sup> no T4, respondendo assim a um ganho na faixa de 31,6%, 40,5% e 61,4% do VI para esses mesmos tratamentos, respectivamente, em relação à medição anterior às intervenções de manejo.

O aumento da densidade de *Araucaria angustifolia* nos tratamentos em que ocorreram cortes seletivos, em contraste com o tratamento sem intervenção, indicou que a abertura do dossel, independente da intensidade dos cortes seletivos, com o aumento da disponibilidade de luz, beneficiou o recrutamento de indivíduos que se encontravam na regeneração natural e apresentaram crescimento suficiente para entrar na classe de vegetação adulta. Vale salientar que, no caso da *Araucaria angustifolia*, por ser uma espécie heliófita quando adulta (CARVALHO, 2003) e por ser beneficiada pelo leve sombreamento na fase de germinação e crescimento até dois anos (REITZ; KLEIN, 1966), o pleno desenvolvimento do sub-bosque ocasiona condições de sombreamento que impedem o recrutamento de novos indivíduos desta espécie (SOLÓRZANO-FILHO; KRAUS, 1999) no momento de sua fase de maturação.

No mesmo sentido, de acordo com Lingner et al. (2007), a *Araucaria angustifolia* tende a ser substituída pelas folhosas à medida que se avança para o estágio climácico. A falta de luz, associada ao adensamento do dossel da floresta, faz com que a araucária não encontre condições favoráveis para se regenerar e, em decorrência da competição com as espécies folhosas, poucos indivíduos da regeneração atingem grandes dimensões.

Ao analisar a densidade total de indivíduos no tratamento que não sofreu intervenção de manejo (T1), percebe-se que houve decréscimo de 47 indivíduos com o passar do tempo. Esse fato ressalta a necessidade de intervenções em florestas naturais, uma vez que

possivelmente o T1 encontra-se superestocado, ou seja, a floresta encontra-se sob concorrência, o que ocasiona a sucumbência dos indivíduos que estão nos estratos inferiores, quer seja por falta de luz ou de nutrientes.

Para o tratamento Corte Seletivo Pesado, oito anos após as intervenções, verificou-se que os valores dos parâmetros fitossociológicos das espécies ainda estavam muito abaixo dos observados nos demais tratamentos. Sendo assim, constatou-se que os cortes seletivos foram demasiadamente pesados, dificultando a reestruturação da floresta. Um fato marcante que comprova essa afirmação foi que durante a coleta de dados do presente estudo observou-se para esse tratamento um elevado número de indivíduos caídos em decorrência de ventos (Figura 7), fato este não observado nos demais tratamentos de manejo.



Figura 7 – Árvores caídas pela ação do vento no tratamento Corte Seletivo Pesado, observadas durante a ocasião de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Foto: Longhi (2010).

A participação dos parâmetros fitossociológicos do grupo de espécies comerciais em separado, para cada tratamento de manejo nas ocasiões de um ano antes das intervenções e oito anos após as intervenções, pode ser observado pela Tabela 4. Verificou-se que o tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1) apresentou as menores variações, além de ocorrer déficits em todos os parâmetros fitossociológicos com o passar do tempo. Essa redução não foi observada nos tratamentos que sofreram cortes seletivos. Antes das intervenções, o tratamento Corte Seletivo Pesado apresentava a maior proporção de indivíduos comerciais por hectare. Já oito anos após as intervenções de manejo, o tratamento Corte Seletivo Leve mostrou a maior densidade absoluta de indivíduos comerciais, respondendo também pelo maior incremento em dominância absoluta, ou seja, teve um ganho de  $1,91 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ .

Tabela 4 – Parâmetros fitossociológicos para o grupo de espécies comerciais nos tratamento de manejo aplicado na floresta, para os inventários dos anos 2001 e 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	2001					2010				
	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)
T1 - Testemunha	54	6,92	7,12	23,0	14,73	48	6,53	6,68	21,01	13,98
T2 - Corte Seletivo Leve	72	10,80	7,37	27,6	20,81	100	15,56	9,28	33,82	24,51
T3 - Corte Seletivo Médio	58	9,30	5,21	18,7	16,25	71	12,90	5,87	25,10	19,74
T4 - Corte Seletivo Pesado	99	15,75	6,81	26,0	21,92	98	21,17	6,05	35,19	25,46

Em que: 2001 = um ano antes das intervenções; 2010 = oito anos após as intervenções; DA = densidade absoluta ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ); DR = densidade relativa (%); DoA = dominância absoluta ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ); DoR = dominância relativa (%); VI% = valor de importância (%).

Dessa forma, comparando-se o tratamento que não sofreu intervenções de manejo (T1) com os demais, percebe-se o benefício que os cortes seletivos proporcionaram para os parâmetros fitossociológicos das espécies de valor comercial, uma vez que, por mais leves ou por mais pesadas que tenham sido as intensidades dos cortes, todas elas apresentaram ganhos no valor de importância para o grupo de espécies de interesse comercial, oito anos após as realizações dos cortes seletivos. Esse fato não foi observado no tratamento sem intervenção de manejo, em que foram computadas uma diminuição de seis indivíduos/ha de espécies comerciais e uma redução de 5,4% no valor de importância para o período em questão.

Ao se verificar as mudanças no número de famílias, gêneros e espécies para as ocasiões de um ano antes das intervenções, em 2001, e oito anos após as intervenções, em 2010, em cada tratamento de manejo aplicado na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, representadas pela Tabela 5, observa-se o aumento no número de espécies em todos os tratamentos que receberam cortes seletivos. Esse fato denota que a abertura do dossel com os cortes possibilitou o estabelecimento de espécies que estavam no sub-bosque esperando uma condição favorável para seu desenvolvimento e aparecimento no estoque arbóreo. Por outro lado, no tratamento que não ocorreu corte seletivo, provavelmente por encontrar-se altamente estocado, verificou-se uma menor dinâmica, ocorrendo o desaparecimento de três espécies, dois gêneros e uma família.

Tabela 5 – Variação do número de famílias, gêneros e espécies nos diferentes tratamentos de manejo para as ocasiões de 2001 e 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	N° Famílias			N° Gêneros			N° Espécies		
	2001	2010	Saldo	2001	2010	Saldo	2001	2010	Saldo
T1 - Testemunha	23	22	-1	37	35	-2	46	43	-3
T2 - Corte Seletivo Leve	18	22	+4	27	33	+6	32	38	+6
T3 - Corte Seletivo Médio	23	23	=	35	36	+1	42	45	+3
T4 - Corte Seletivo Pesado	19	23	+4	34	36	+2	41	45	+4

Em que: 2001 = um ano antes das intervenções; 2010 = oito anos após as intervenções.

Na ocasião anterior às intervenções de manejo, em 2001, o tratamento testemunha apresentava o maior número de gêneros (37), espécies (46) e famílias (23). Já os menores valores pertenciam ao tratamento Corte Seletivo Leve, com 18 famílias, 27 gêneros e 32 espécies, sendo que essa observação deu-se ao fato que o tratamento T2 possuía a menor área amostral em relação aos demais tratamentos e, então, assumindo a menor probabilidade de ocorrer espécies raras, ou seja, espécies com densidade absoluta de um/dois indivíduos por hectare. Mesmo assim, oito anos após os cortes seletivos, o tratamento Corte Seletivo Leve apresentou as maiores mudanças, com o acréscimo de quatro famílias, seis gêneros e seis novas espécies. Contudo, foram os tratamentos Corte Seletivo Médio e Corte Seletivo Pesado que apresentaram o maior número de famílias (23), gêneros (36) e espécies (45), após as intervenções de manejo, demonstrando que a intensidade dos cortes não causou o desaparecimento de espécies na floresta.

Os valores encontrados no presente estudo estão próximos aos mínimos verificados em estudo realizado por Longhi (1997) que, ao constatar a ocorrência de seis grupos em uma Floresta Ombrófila Mista da Sub-bacia do Rio Passo Fundo, verificou a variação de 41 a 84 espécies, 36 a 67 gêneros e 23 a 32 famílias botânicas.

Em estudo do efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Oliveira et al. (2005) verificaram que, logo após a exploração, todos os tratamentos de manejo tiveram perdas no número médio de famílias, gêneros e espécies, em decorrência da eliminação pela extração madeireira. Todavia, essas perdas foram recuperadas nos anos posteriores pelo surgimento de novas espécies (ingresso) na comunidade.

#### 4.1.2 Mudanças na diversidade e equabilidade de espécies

Os valores dos índices de diversidade e equabilidade por ocasião de medição em cada tratamento de manejo aplicado na floresta são apresentados na Tabela 6. Verificou-se que em todos os tratamentos que sofreram cortes seletivos, tanto a diversidade quanto a equabilidade de espécies apresentaram um acréscimo considerável nesses índices, quatro anos após as intervenções. Esse fato deu-se, principalmente, pela preferência da retirada de indivíduos com maior densidade na floresta durante a realização dos cortes seletivos, diminuindo, assim, a proporção de indivíduos da mesma espécie e, conseqüentemente, elevando a diversidade pelo índice de Shannon, uma vez que, para Kanieski (2010), esse índice é afetado por espécies raras, ou seja, valoriza estas, assumindo valor de zero quando há apenas uma espécie, e o logaritmo do número de espécies, quando todas as espécies estão representadas pelo mesmo número de indivíduos.

Tabela 6 – Índices de diversidade e equabilidade de espécies para os tratamentos de manejo aplicados na floresta nas diferentes ocasiões de monitoramento. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

<b>Tratamento</b>	<b>1 ano AE (2001)</b>	<b>4 anos DE (2006)</b>	<b>8 anos DE (2010)</b>
<b>Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H')</b>			
T1 – Testemunha	3,03	3,02	2,99
T2 – Corte Seletivo Leve	2,25	2,60	2,64
T3 – Corte Seletivo Médio	2,53	2,87	2,94
T4 – Corte Seletivo Pesado	2,51	2,85	2,92
<b>Índice de equabilidade de Pielou (J')</b>			
T1 – Testemunha	0,79	0,78	0,80
T2 – Corte Seletivo Leve	0,65	0,72	0,73
T3 – Corte Seletivo Médio	0,67	0,77	0,77
T4 – Corte Seletivo Pesado	0,68	0,76	0,77

Em que: AE = antes das intervenções; DE = depois das intervenções.

Para a ocasião antes das intervenções de manejo, o índice de diversidade de Shannon apresentava uma elevada variação entre os tratamentos, desde 2,25 para o T2 até 3,03 no T1 (Tabela 6), podendo-se classificar como diversidade alta no tratamento testemunha (T1) e diversidade média nos demais tratamentos de manejo. Já oito anos após as intervenções de manejo, observaram-se valores muito próximos para esse índice entre os tratamentos, sendo

de 2,64 no T2 e com valores em torno de 2,9 nos demais tratamentos.

No tratamento que não sofreu cortes seletivos (T1) foi verificada a menor variação entre os períodos, sendo o único a apresentar diminuição da diversidade em relação à medição anterior às intervenções de manejo, mas, mesmo assim, apresentando os maiores valores para a diversidade de espécies.

Vale ressaltar que o menor valor observado para o índice de Shannon no tratamento Corte Seletivo Leve pode ser decorrente da menor área amostral, uma vez que a parcela desse tratamento foi de 0,5ha, enquanto nas demais foi de 1,0ha. Assim, a probabilidade de se amostrar espécies raras nesse tratamento era menor, afetando o valor final para esse índice.

Os valores encontrados na presente pesquisa para o índice de diversidade de Shannon estão em consonância com diversos trabalhos já realizados em FOM na região Sul do Brasil, podendo-se citar os trabalhos de Nascimento et al. (2001), Seger et al. (2005), Watzlawick et al. (2005), Cordeiro e Rodrigues (2007), Lingner et al. (2007), Sonego et al. (2007) e Gomes et al. (2008), em que foram encontrados diversidade de média a alta para esse índice.

Em relação ao índice de equabilidade de Pielou, esse apresentou comportamento semelhante ao índice de diversidade de Shannon entre os tratamentos de manejo, ou seja, foi observado um elevado aumento no seu valor quatro anos após a realização dos cortes seletivos, sendo que apenas o tratamento que não sofreu intervenção (T1) apresentou variação mínima. Já oito anos após a aplicação dos cortes seletivos, observou-se baixa variação em relação à ocasião de 2006, porém todos apresentando acréscimo.

O índice de Pielou mede a proporção da diversidade observada em relação à máxima diversidade esperada. Os valores desse índice podem variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo estiverem de 1, maior será a uniformidade do local. No presente estudo, na ocasião anterior às intervenções, o índice variou de 0,65, para a o T2, até 0,79, para o T1. Já oito anos após os cortes seletivos, os tratamentos de manejo atingiram valores entre 0,73 e 0,80 para esse índice, indicando média a alta uniformidade na composição das parcelas (Tabela 6). Valores parecidos foram encontrados por Longhi (1997) em seis grupos constatados na Floresta Ombrófila Mista da Sub-Bacia do Rio Passo Fundo, sendo a equabilidade apresentando valores entre 0,68 e 0,86.

Diante do exposto, os cortes seletivos, nas diferentes intensidades em que foram aplicados nos tratamentos, ocasionaram aumento da diversidade de espécies, pelo índice de Shannon, e da equabilidade, pelo índice de Pielou, podendo-se relatar dois motivos que favoreceram esse aumento: a diminuição da proporção de indivíduos de espécies com alta densidade durante a realização dos cortes; e o aumento da disponibilidade de luz com a

realização dos cortes seletivos, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento e recrutamento de novas espécies no estrado arbóreo.

#### 4.1.3 Recrutamento e mortalidade

Os valores absolutos e a taxa anual média de recrutamento e mortalidade para o período compreendido entre quatro e oito anos após os cortes seletivos, nos diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta, para todas as espécies e para as espécies comerciais em separado, podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 – Recrutamento e mortalidade para os diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	Variável	Recrutamento		Mortalidade	
		N	%	N	%
T1 – Testemunha	Toda a floresta	21	0,69	45	1,48
	Espécies comerciais	2	1,09	0	0,00
T2 – Corte Seletivo Leve	Toda a floresta	52	2,11	26	1,06
	Espécies comerciais	10	2,78	0	0,00
T3 – Corte Seletivo Médio	Toda a floresta	77	3,88	21	1,06
	Espécies comerciais	15	6,25	4	1,67
T4 – Corte Seletivo Pesado	Toda a floresta	79	4,90	19	1,18
	Espécies comerciais	25	7,53	6	1,81

Em que: N = número de indivíduos/ha.

Verificou-se que em todos os tratamentos que receberam cortes seletivos as taxas de recrutamento foram maiores do que as taxas de mortalidade. Já no tratamento que não sofreu intervenção de manejo (T1), a taxa de mortalidade (1,48%) foi maior do que a de recrutamento (0,69%), indicando que a floresta não se encontrava em equilíbrio, pois, segundo Whitmore (1984), em florestas *clímax*, a mortalidade é mais ou menos balanceada pelo ingresso de novos indivíduos.

Para os demais tratamentos de manejo, não foi verificada grande variação para a mortalidade de espécies, assumindo valores de 1,06% nos tratamentos Corte Seletivo Leve e Corte Seletivo Médio, e de 1,18% no tratamento Corte Seletivo Pesado (Tabela 7). Esses resultados estão de acordo com os valores observados por Swaine et al. (1987) que, revisando

trabalhos realizados em 18 áreas tropicais de três continentes, observaram taxas de mortalidade entre 1 e 2%.

Na Floresta Nacional de Irati, região centro-sul do estado do Paraná, Figueiredo Filho et al. (2010) verificaram, em três períodos de análise, para árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) mínimo de 10cm, taxa anual de mortalidade entre 1,66% e 1,91%, taxa essa se mostrando, em todas as ocasiões, ligeiramente superior ao ingresso.

Através da Tabela 7 constata-se também que quanto maior a intensidade dos cortes seletivos, maior foi a taxa de recrutamento. Esse fato já era esperado, uma vez que maiores intensidades de cortes seletivos proporcionam maior abertura do dossel, favorecendo o desenvolvimento e recrutamento de indivíduos do sub-bosque. As taxas de recrutamento foram de 2,11% para o tratamento Corte Seletivo Leve; de 3,88% para o tratamento Corte Seletivo Médio, e de 4,90% para o tratamento Corte Seletivo Pesado, correspondendo a valores absolutos de 52, 77 e 79 ind.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em estudo realizado por Moscovich (2006), na mesma floresta do presente estudo, porém em áreas distintas, o pesquisador verificou taxa média anual de ingresso de 3,05%, indicando que esse alto valor se deve ao fato de a floresta encontrar-se em um processo de evolução desde um estado *seral* de floresta secundária para um estado *seral* de floresta madura, onde o ingresso é muito abundante, mas não tanto como os registrados em florestas que sofreram intervenção recente ou com pouco tempo de evolução.

Considerando-se o grupo das espécies comerciais em cada tratamento de manejo, verificaram-se valores absolutos no número de ingressos de 2, 10, 15 e 25 ind.ha<sup>-1</sup>, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente, apresentando ainda um balanço altamente positivo, uma vez que, no período de estudo, só foram verificadas mortalidade de árvores nos tratamentos Corte Seletivo Médio (4 ind.ha<sup>-1</sup>) e Corte Seletivo Pesado (6 ind.ha<sup>-1</sup>). Vale ressaltar que o ingresso de espécies comerciais na floresta é a base para a sustentabilidade de produção, pois conforme observado por Silva (1989) é imprescindível que uma determinada quantia de regeneração de espécies comerciais ingresse na floresta e que pelo menos um número razoável dessas árvores permaneça na floresta até o tamanho de abate a cada ciclo de corte.

Ao analisar o ingresso das espécies comerciais com atenção especial para a *Araucaria angustifolia*, observou-se que apenas os tratamentos T3 (Corte Seletivo Médio) e T4 (Corte Seletivo Pesado) apresentaram ingressos dessa espécie no período avaliado, com valores absolutos de 6 e 2 ind.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, podendo-se inferir que o aumento da abertura do dossel foi favorável ao seu recrutamento. Sanquetta et al. (2003) ao estudarem o crescimento,

mortalidade e recrutamento em duas florestas com Araucária no estado do Paraná com diferentes históricos de exploração, verificaram altas taxas de recrutamento de *Araucaria angustifolia* na área que sofreu sistematicamente raleamentos de sub-dossel para manejo de erva-mate e também corte seletivo de madeira até o ano de 2001, podendo ser esse um indicativo de que as práticas de manejo podem ter beneficiado espécies de alto valor comercial. Os mesmos autores não verificaram esse comportamento na outra floresta, a qual vinha sendo mantida intacta praticamente por mais de 25 anos, devido a sua densidade ser elevada e à competição mais acirrada.

#### 4.1.4 Mudanças na estrutura diamétrica e da área basal

A evolução da estrutura diamétrica da densidade de indivíduos e da área basal por hectare, para as ocasiões de medição de um ano antes das intervenções de manejo (2001) e quatro e oito anos após as intervenções (2006 e 2010, respectivamente), pode ser observada na Figura 8. Embora o número de classes diamétricas tenha sido calculado para cada tratamento pela fórmula de Sturges, optou-se pela amplitude de 10 cm entre as classes devido ao fato de essa ser a mais utilizada nos estudos em Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil, como observado nos trabalhos de Longhi (1980); Hack (2007); Schaaf et al. (2006); Figueiredo Filho et al. (2010); Cubas (2011); entre outros, além de seu uso ser mais restritivo e preciso, podendo-se assim realizar uma comparação entre esses estudos.

Na Figura 8, para cada tratamento de manejo, as barras dos gráficos referem-se às frequências observadas do número de indivíduos por hectare em cada ocasião de monitoramento. Já a linha pontilhada retrata a frequência ajustada, calculada para o ano de 2010. As demais linhas se relacionam com o eixo y secundário e representam a área basal por hectare por classe de diâmetro.

Para a distribuição da densidade de árvores por hectare, verificou-se que a vegetação estudada apresentou a típica distribuição J-invertido, característica de florestas multiâneas, nas três ocasiões de medição e para todos os tratamentos de manejo, ou seja, as diferentes intensidades de cortes seletivos não alteraram a estrutura original da floresta. Longhi (1980) afirmou que este tipo de distribuição diamétrica garante que o processo dinâmico da floresta se perpetue, pois a súbita ausência de indivíduos dominantes (maiores dimensões) dará lugar para o desenvolvimento das árvores chamadas de “reposição”.

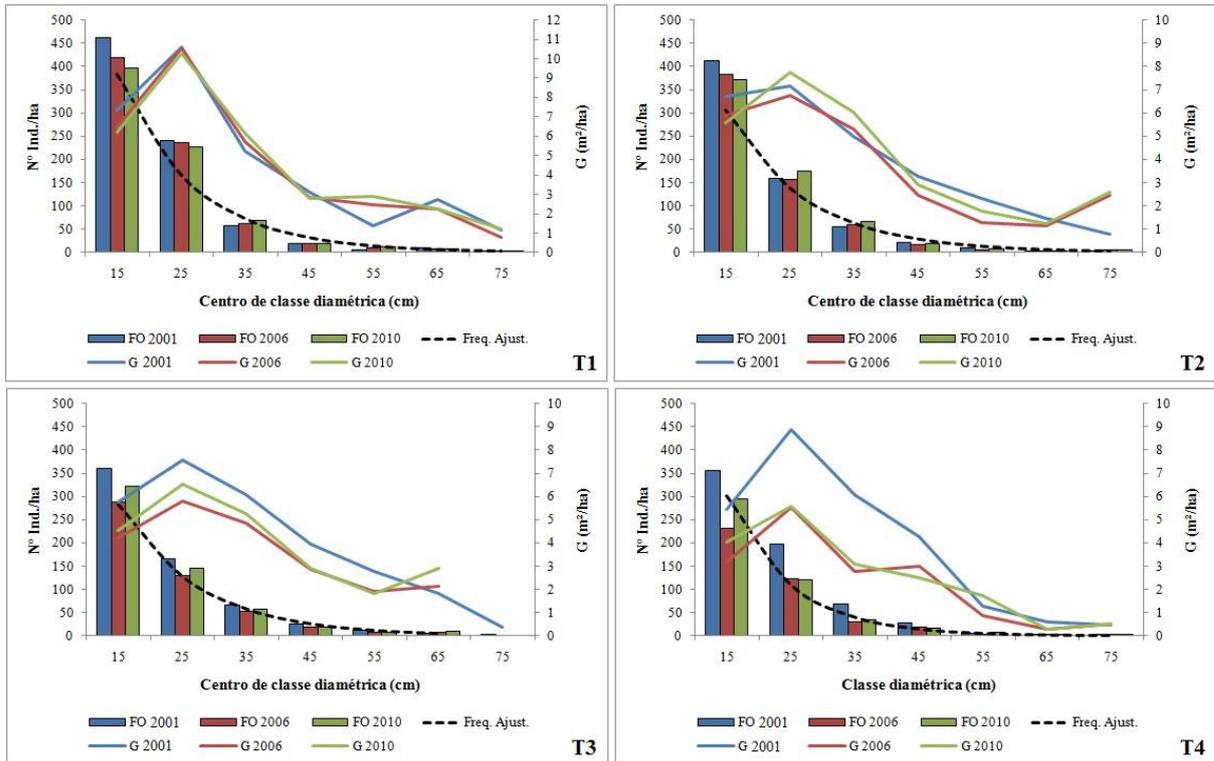


Figura 8 – Distribuição diamétrica da densidade de indivíduos e área basal por hectare, por ocasião de medição, para cada tratamento de manejo, e frequência estimada do número de indivíduos por classe de diâmetro para o ano de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Sendo: T1=testemunha; T2=corte seletivo leve; T3=corte seletivo médio; T4=corte seletivo pesado

A distribuição ajustada do número de indivíduos nas classes diamétricas em relação ao monitoramento de 2010 também foi demonstrada em todos os tratamentos, confirmando a tendência exponencial negativa. As equações usadas para as estimativas apresentaram boa precisão e podem ser verificadas na Tabela 8.

Na Figura 8, observou-se que a evolução da distribuição diamétrica da densidade de árvores nas três ocasiões de monitoramento, para as diferentes intensidades de cortes seletivos, revelou que oito anos após as intervenções o número de árvores por hectare mostrou alta recuperação em todos os tratamentos de manejo em relação ao momento anterior às intervenções. Para o tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1), verificou-se que a estrutura permanece praticamente constante, sendo observada diminuição da densidade de indivíduos na primeira classe de diâmetro (9,5 - 19,5cm) devido, provavelmente, à maior taxa de mortalidade em relação à taxa de ingresso verificada nesse tratamento.

Em relação aos tratamentos que receberam cortes seletivos, o T2 (Corte Seletivo Leve) apresentou as menores variações em relação às ocasiões anteriores de monitoramento, com diminuição do número de indivíduos por hectare na classe inicial de diâmetro e aumento nas

demais classes, devido ao crescimento da floresta e migração desses indivíduos para classes sucessivas de diâmetro, superando, muitas vezes, a densidade que havia sido observada anterior às intervenções de manejo.

Já para as maiores intensidades de cortes seletivos (Corte Seletivo Médio e Corte Seletivo Pesado) nota-se que a floresta ainda apresenta déficits de indivíduos na grande maioria das classes de diâmetro em relação ao momento anterior às intervenções, porém, vem mostrando boa capacidade de recuperação de sua estrutura.

Embora a densidade de indivíduos tenha mostrado boa capacidade de resiliência, independentemente da intensidade dos cortes seletivos, percebeu-se que a recuperação da área basal apresentou dificuldades quando realizadas intervenções muito pesadas, como observado no tratamento Corte Seletivo Pesado, o qual, oito anos após os cortes seletivos, ainda não apresentava sinais claros de recuperação.

O tratamento Corte Seletivo Leve (T2) foi o que demonstrou a maior recuperação em área basal com o passar do tempo, principalmente nas classes iniciais de diâmetro, porém ainda apresentando déficits nas classes superiores de diâmetro em relação ao momento anterior aos cortes seletivos. O mesmo comportamento foi observado para o tratamento Corte Seletivo Médio, porém de forma mais lenta, com pouca variação em relação ao momento após as intervenções de manejo, principalmente para nas maiores classes de diâmetro. Já o tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1) apresentou certa estagnação na distribuição da área basal nas classes de diâmetro, ocorrendo alteração mínima no período avaliado.

Tabela 8 – Estatísticas de cada equação estimadora do número de indivíduos por hectare por classe de diâmetro para cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>Syx</b>	<b>CV (%)</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>Ai</sub></b>
T1 – Testemunha	$Ni = e^{7,36483 - 0,08865 * di}$	0,2852	8,26	0,975
T2 – Corte Seletivo Leve	$Ni = e^{6,81201 - 0,07889 * di}$	0,5022	14,94	0,919
T3 – Corte Seletivo Médio	$Ni = e^{6,77693 - 0,07992 * di}$	0,3731	13,51	0,939
T4 – Corte Seletivo Pesado	$Ni = e^{7,07678 - 0,10004 * di}$	0,3896	12,00	0,968

Em que:  $Ni$  = número de árvores por hectare ajustado;  $e$  = constante dos logaritmos neperianos;  $di$  = centro de classe de diâmetro.

## 4.2 Análise do incremento

### 4.2.1 Características dendrométricas de cada tratamento

Os valores das variáveis dendrométricas, obtidas em cada ocasião de medição, para cada tratamento de manejo aplicado na Floresta Ombrófila Mista da fazenda Tupi, Nova Prata, estão representados na Tabela 9.

Tabela 9 – Variáveis dendrométricas para os diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta nos inventários das ocasiões de 2001, 2006 e 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	Variável	Monitoramento			IPA
		2001	2006	2010	2006-2010
<b>T1</b> <b>Testemunha</b>	Nº ind.ha <sup>-1</sup>	781	758	734	
	Mínimo	9,5	9,6	9,6	
	DAP (cm) Médio	20,1	20,5	21,0	0,1395
	Máximo	70,0	72,5	73,9	
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	30,95	31,18	31,81	0,1574
	Vc <sub>c/c</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	168,40	171,81	177,96	1,5354
<b>T2</b> <b>Corte Seletivo</b> <b>Leve</b>	Nº ind.ha <sup>-1</sup>	666	616	642	
	Mínimo	9,5	9,5	9,6	
	DAP (cm) Médio	20,1	20,1	20,5	0,3016
	Máximo	70,0	72,9	75,1	
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	26,70	25,01	27,44	0,6066
	Vc <sub>c/c</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	142,00	136,77	151,50	3,6811
<b>T3</b> <b>Corte Seletivo</b> <b>Médio</b>	Nº ind.ha <sup>-1</sup>	623	496	552	
	Mínimo	9,5	9,5	9,6	
	DAP (cm) Médio	21,2	20,7	20,4	0,3018
	Máximo	70,0	67,2	68,9	
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	27,83	21,45	23,34	0,4737
	Vc <sub>c/c</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	159,00	124,19	136,45	3,0655
<b>T4</b> <b>Corte Seletivo</b> <b>Pesado</b>	Nº ind.ha <sup>-1</sup>	638	403	463	
	Mínimo	9,5	9,5	9,6	
	DAP (cm) Médio	20,8	19,9	19,2	0,2968
	Máximo	78,9	79,6	80,7	
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	26,57	15,85	17,18	0,3328
	Vc <sub>c/c</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	151,08	95,32	102,21	1,7220

Em que: 2001 = 1 ano antes das intervenções; 2006 = 4 anos após as intervenções; 2010 = 8 anos após as intervenções; G = área basal; Vc<sub>c/c</sub> = volume comercial com casca; IPA = incremento periódico anual.

Embora os tratamentos estejam situados dentro de uma mesma área da floresta e próximos um ao outro, constatou-se certa heterogeneidade em relação ao número de árvores, área basal e volume comercial com casca entre os tratamentos na ocasião anterior aos cortes seletivos. O tratamento com maior densidade (T1) apresentava 158 indivíduos.ha<sup>-1</sup> a mais do que o menos denso (T3). Já em relação à área basal e ao volume, o T1 apresentava cerca de 4,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> a mais do que o de menor área basal (T4) e cerca de 26,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> a mais do que o tratamento de menor volume comercial (T2), no momento anterior às intervenções (Tabela 9). A área basal da testemunha aproximou-se bastante da encontrada por Schneider e Finger (2000) na floresta com araucária da FLONA de Passo Fundo, RS, sendo de 33,91 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, para um limite de inclusão de 5 cm de DAP.

Em todos os tratamentos que receberam cortes seletivos verificou-se um ganho de mais de 100% para o incremento periódico anual médio em diâmetro em relação ao tratamento que não recebeu corte seletivo (T1), demonstrando que, por mais leve ou por mais pesado que fossem os cortes seletivos, ambos apresentaram efeitos positivos no IPA em diâmetro, com a aplicação dos tratamentos. O IPA médio em diâmetro para todas as espécies nos tratamentos que receberam cortes seletivos apresentou baixa variação entre os mesmos, com valores ao redor de 0,30 cm.ano<sup>-1</sup>. Já para a testemunha (T1), o IPA em diâmetro foi próximo a 0,14 cm.ano<sup>-1</sup>.

O tratamento que apresentou os menores valores de incremento periódico anual tanto em área basal como em volume foi o tratamento que não sofreu nenhuma intervenção de manejo (T1), com valores de 0,1574 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de IPA em área basal e de 1,5354 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de IPA em volume comercial com casca. Já no tratamento Corte Seletivo Leve (T2), verificaram-se os maiores incrementos periódicos anuais, assumindo valores de 0,6066 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em área basal e de 3,6811 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em volume comercial com casca.

Comparando-se os resultados obtidos pelo presente estudo com os verificados em outras pesquisas também realizadas em Florestas Ombrófilas Mistas da região Sul do Brasil, pode ser constatado que Cubas (2011), na Floresta Nacional de Três Barras, estado de Santa Catarina, em um período de 5 anos (2004-2009), observou incremento periódico anual médio de 0,27 cm.ano<sup>-1</sup> em diâmetro e de 0,28 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para a área basal. Moscovich (2006), na mesma floresta do presente estudo, encontrou um incremento periódico anual médio de 0,17 cm.ano<sup>-1</sup> em diâmetro e de 0,37 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em área basal. Schaaf et al. (2005) no Sul do Paraná, encontrou IPA médio em diâmetro de 0,27 cm.ano<sup>-1</sup> e Figueiredo Filho et al. (2010), na Floresta Nacional de Iratí, região centro-sul do estado do Paraná, observaram valores de 0,24 cm.ano<sup>-1</sup> para incremento periódico anual em diâmetro e de 0,23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para a área

basal. Esses estudos, realizados em áreas que sofreram algum tipo de intervenção no passado, apresentaram valores de incremento médio, tanto em diâmetro como em área basal, superiores ao tratamento testemunha do presente estudo, porém, inferiores a todos os tratamentos que receberam cortes seletivos.

Em uma visão geral do comportamento da floresta após as intervenções de manejo, apresentada na Tabela 9, a realização de cortes seletivos, para todas as intensidades de exploração, apresentou valores de incremento periódico anual em diâmetro, área basal e volume superior ao tratamento que não sofreu cortes seletivos, mostrando-se como alternativas de manejo aceitáveis. Porém, para o tratamento Corte Seletivo Pesado, foram observados os menores valores de IPA entre os tratamentos que receberam cortes seletivos. Isso indica que, embora tenha ocorrido uma maior “liberação” para os indivíduos remanescentes nesse tratamento, os mesmos não conseguiram responder com maiores taxas de incremento. Sendo assim, deve-se ter o cuidado e preferência pela mínima retirada do volume e número de árvores, pois além do fato exposto, Pedro Bom (1996) salienta que a abertura de espaços pode proporcionar o aumento do número de indivíduos que concorrem pela sobrevivência, podendo manter um volume igual em quantidade, mas não em qualidade.

#### 4.2.2 Incremento periódico anual em diâmetro percentual para a floresta – IPAd(%)

O desenvolvimento do incremento periódico anual em diâmetro percentual por classe de DAP, para todos os indivíduos em cada tratamento de manejo, foi representado por um gráfico *box plot*, que incluiu uma breve análise da média (ANOM) com os limites de diferença superior e inferior calculados com nível de significância  $\alpha = 0,05$  (Figura 9).

Para os tratamentos que receberam cortes seletivos (T2, T3 e T4), verificou-se que a média ponderada do incremento periódico em diâmetro percentual (linha sólida) tende a diminuir à medida que aumenta a classe de diâmetro. Já para o tratamento testemunha (T1) foi observada uma pequena variação do incremento entre as classes diamétricas, não havendo diferenças entre as mesmas. Essa pequena variação pode estar associada ao elevado grau de competição em que se encontra a floresta em geral, estando de certa forma estagnada ou não tendo condições favoráveis para desenvolver seu crescimento máximo. Isso pode ser comprovado pela menor variação encontrada para o IPAd(%) na classe inicial de diâmetro para esse tratamento, variando de 0,04% a 3,87%, chegando a apresentar somente um

indivíduo com valor extremo de 5,8%.

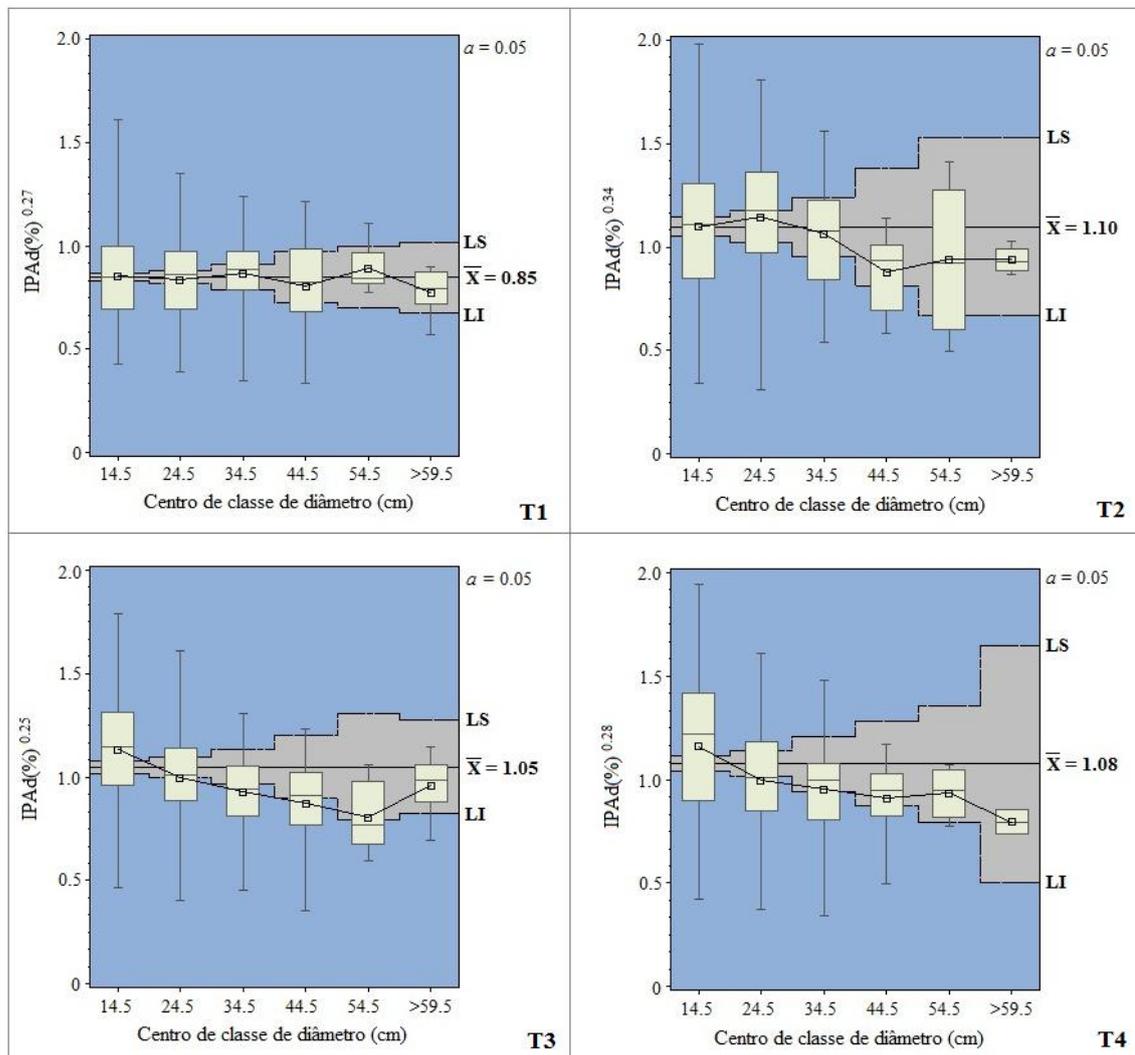


Figura 9 – Incremento periódico anual relativo transformado, entre os anos de 2006 e 2010, por classe de diâmetro, para todas as espécies em cada tratamento de manejo aplicado na floresta. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Sendo: T1=testemunha; T2=corte seletivo leve; T3=corte seletivo médio; T4=corte seletivo pesado; LS=Limite superior; LI=Limite inferior.

Analisando-se os limites de confiança, percebe-se que os tratamentos T1 e T2 não apresentaram diferença entre as classes de diâmetro. Já no que tange aos tratamentos T3 e T4 observou-se que a primeira classe diamétrica se destacou, obtendo incremento superior a todas as demais classes. Esse fato pode ser explicado pela maior liberação de árvores nesses dois tratamentos de manejo, gerando, assim, condições para o indivíduo desenvolver todo seu potencial de crescimento. Isso é confirmado pela análise dos incrementos máximos observada

na primeira classe de diâmetro, onde o tratamento Corte Seletivo Médio apresentou IPAd(%) variando de 0,05% a 11,91%, com um coeficiente de variação de 97,38%, enquanto o tratamento Corte Seletivo Pesado teve o IPAd(%) variando de 0,05% a 10,78%, com um coeficiente de variação de 85,77%.

O comportamento de IPAd(%) para as três primeiras classes de diâmetro, classes essas mais beneficiadas pela abertura do dossel, demonstrou que todos os tratamentos que receberam cortes seletivos obtiveram IPAd(%) médio maior do que o tratamento que não recebeu intervenção de manejo. Para a primeira classe de diâmetro, os tratamentos Corte Seletivo Médio (T3) e Corte Seletivo Pesado (T4) apresentaram o maior incremento, ambos com 2,4%, contrastando com o tratamento testemunha (T1) que apresentou o menor IPAd(%) médio de 0,74%. Nas outras duas classes de diâmetro, o tratamento Corte Seletivo Leve (T2) apresentou o maior IPAd(%) médio, assumindo valores de 1,79% para a segunda classe diamétrica, e de 1,38% para a terceira classe de diâmetro. O T1 apresentou IPAd(%) médio de 0,67% e 0,72% para essas duas classes diamétricas, respectivamente. Esse fato ressalta que mesmo intervenções de baixa intensidade resultam em maiores taxas de incrementos quando comparadas às áreas não exploradas e até mesmo a áreas exploradas com intensidades de cortes mais elevadas, confirmando assim, a grande importância de se realizar aberturas controladas na floresta, como forma de aumentar as taxas de crescimento das árvores remanescentes, conduzindo-a a uma estrutura mais produtiva e dinâmica.

#### 4.2.3 Incremento periódico anual em diâmetro e área basal para o grupo de espécies de alto valor comercial

O incremento periódico anual absoluto em diâmetro (IPAd) e em área basal (IPAg), por classe diamétrica, e em cada tratamento de manejo para o grupo de espécies de alto valor comercial está sendo apresentado na Tabela 10. Para os tratamentos que receberam cortes seletivos, o grupo de espécies de alto valor comercial apresentou média ponderada do incremento periódico anual em diâmetro maior em relação ao tratamento que não sofreu nenhuma intervenção de manejo, sendo o tratamento Corte Seletivo Leve (T2) o de maior ganho, com média ponderada do IPAd de  $0,53 \text{ cm.ano}^{-1}$ , ou seja, cerca de 90% superior ao tratamento testemunha ( $0,28 \text{ cm.ano}^{-1}$ ). Já para o tratamento Corte Seletivo Médio (T3) e Corte Seletivo Pesado (T4) o ganho do IPAd com os cortes seletivos foi em torno de 70% em

relação ao tratamento testemunha, assumindo valores de 0,48 e 0,49  $\text{cm.ano}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10 – Incremento periódico anual absoluto em diâmetro e em área basal para o grupo de espécies de alto valor comercial por classe diamétrica em cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	Variável	Unidade	Centro de classes de diâmetro (cm)						Média Ponderada
			14,5	24,5	34,5	44,5	54,5	>59,5	
T1	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	8	11	5	8	6	8	
	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,28	0,25	0,18	0,29	0,35	0,30	0,28
	IPAg	cm <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	6,13	9,43	10,21	19,77	30,05	32,32	17,41
T2	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	28	22	18	6	6	10	
	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,49	0,64	0,65	0,26	0,32	0,47	0,53
	IPAg	cm <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	10,53	21,22	33,95	17,57	24,85	50,08	23,64
T3	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	22	11	6	5	7	7	
	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,61	0,44	0,29	0,49	0,19	0,61	0,48
	IPAg	cm <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	13,21	14,84	16,38	34,99	15,59	59,59	21,61
T4	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	35	14	8	10	8	2	
	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,55	0,53	0,38	0,38	0,42	0,31	0,49
	IPAg	cm <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	11,78	18,37	20,00	26,18	33,81	33,38	18,55

Em que: n = número de indivíduos; IPAd = incremento periódico anual em diâmetro; IPAg = incremento periódico anual em área basal.

Em relação ao IPAg foi observado o mesmo comportamento, ou seja, apresentando média ponderada do IPAg de 23,64  $\text{cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para o de maior incremento (T2), sendo cerca de 36% superior ao tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1). Os demais tratamentos apresentaram ganho do IPAg em relação ao tratamento testemunha em torno de 24% para o T3, e de 7% para o T4, com valores absolutos de 21,61  $\text{cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e 18,55  $\text{cm}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , respectivamente.

Considerando-se o IPA entre as classes de diâmetro, não foram observadas tendências de maior ou menor IPAd com o aumento da classe de diâmetro. Já para o IPAg verificou-se que, na maioria dos casos, quanto maior a classe de diâmetro, maior também foi o IPAg.

Os valores médios para o incremento periódico anual em diâmetro e em área basal para os diferentes grupos de espécies de valor comercial são apresentados na Tabela 11. Verificou-se que, em ambos os grupos de espécies de interesse comercial, os maiores valores absolutos de IPAd foram encontrados nos tratamentos que receberam cortes seletivos em comparação com o tratamento testemunha. Para o IPAg, apenas o grupo que reuniu as demais espécies comerciais não apresentou o mesmo comportamento.

Tabela 11 – Incremento periódico anual em diâmetro e em área basal para os diferentes grupos de espécies de valor comercial em cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Grupo de valor	Variável	Unidade	Tratamento			
			T1	T2	T3	T4
<i>Araucaria angustifolia</i>	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,26	0,68	0,56	0,42
	IPAg	m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	21,70	27,35	35,55	22,15
Canelas	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,30	0,63	0,63	0,51
	IPAg	m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	13,77	24,47	18,91	16,00
Demais espécies comerciais	IPAd	cm.ano <sup>-1</sup>	0,29	0,38	0,31	0,55
	IPAg	m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	12,88	21,65	11,26	17,28

Em que: IPAd = incremento periódico anual em diâmetro (cm.ano<sup>-1</sup>); IPAg = incremento periódico anual em área basal (cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>).

O grupo da espécie *Araucaria angustifolia* foi o que apresentou o maior ganho em IPAd com a aplicação dos tratamentos de manejo, variando de 0,26 cm.ano<sup>-1</sup> no tratamento testemunha (T1) a 0,68 cm.ano<sup>-1</sup> no tratamento Corte Seletivo Leve (T2). Cubas (2011), estudando um remanescente de FOM, localizado na Floresta Nacional de Tres Barras, SC, obteve incremento de 0,27 cm.ano<sup>-1</sup> para a araucária, valor este próximo ao encontrado no presente estudo pelo tratamento que não sofreu intervenção de manejo. Contudo, valores maiores de incremento já foram encontrados para essa espécie por Durigan (1999) e por Figueiredo Filho et al., (2010), sendo de 0,42 cm.ano<sup>-1</sup> e 0,45 cm.ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Mesmo assim, esses valores são inferiores aos encontrados pelo tratamento de maior IPAd no presente estudo. O IPAg para essa espécie variou de 21,70 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no T1 a valores de 35,55 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no T3, apresentando assim, ganho máximo de cerca de 64% no IPAg com a realização de intervenções de manejo.

Para o grupo das espécies de canelas, tanto o IPAd como o IPAg seguiu o mesmo comportamento observado para a espécie *Araucaria angustifolia*. O maior IPAd foi encontrado nos tratamentos Corte Seletivo Leve e Corte Seletivo Médio, ambos com valores de 0,63 cm.ano<sup>-1</sup>, bem superiores ao valor de 0,30 cm.ano<sup>-1</sup> apresentado pelo tratamento testemunha. Já o IPAg para as espécie de canelas variou de 13,77 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no T1 a valores de 24,47 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no T2, apresentando assim, ganho máximo de cerca de 78% no IPAg com a realização de cortes seletivos de intensidade média.

No outro grupo que reuniu as demais espécies de valor comercial, o IPAd do tratamento Corte Seletivo Pesado se destacou dos demais, assumindo valor de 0,55 cm.ano<sup>-1</sup>, a saber, cerca de 45% superior ao segundo melhor tratamento (T2), aproximadamente 90% superior ao tratamento testemunha.

#### 4.2.4 Incremento periódico anual relativo em diâmetro, área basal e volume comercial com casca para o grupo de espécies de alto valor comercial

O incremento periódico anual relativo (IPA%) em diâmetro, área basal e em volume comercial com casca, por classe diamétrica, e em cada tratamento de manejo para o grupo de espécies de alto valor comercial está sendo apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Incremento periódico anual relativo em diâmetro, área basal e volume para o grupo de espécies de valor comercial por classe diamétrica em cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	Variável	Unidade	Centro de classes de diâmetro (cm)						Média ponderada
			14,5	24,5	34,5	44,5	54,5	>59,5	
T1	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	8	11	5	8	6	8	
	IPAd(%)	%	2,11	1,13	0,53	0,70	0,66	0,45	0,98
	IPAg(%)	%	4,50	2,35	1,08	1,43	1,35	0,90	2,04
	IPAv(%)	%	5,02	2,85	1,76	2,04	1,92	1,19	2,56
T2	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	28	22	18	6	6	10	
	IPAd(%)	%	4,02	3,31	2,04	0,62	0,66	0,70	2,63
	IPAg(%)	%	8,92	7,16	4,28	1,25	1,34	1,42	5,71
	IPAv(%)	%	9,83	7,96	4,77	1,49	1,63	1,78	6,36
T3	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	22	11	6	5	7	7	
	IPAd(%)	%	5,21	2,26	0,83	1,12	0,37	1,00	2,75
	IPAg(%)	%	12,11	4,91	1,71	2,29	0,76	2,04	6,24
	IPAv(%)	%	13,34	5,57	2,09	2,66	1,03	2,59	7,00
T4	n	ár.v.ha <sup>-1</sup>	35	14	8	10	8	2	
	IPAd(%)	%	4,68	2,66	1,15	0,90	0,84	0,45	2,95
	IPAg(%)	%	10,52	5,74	2,36	1,83	1,72	0,92	6,51
	IPAv(%)	%	11,46	6,20	2,74	2,22	2,19	1,17	7,17

Em que: n = número de indivíduos; IPAd(%) = incremento periódico anual em diâmetro relativo; IPAg(%) = incremento periódico anual em área basal relativo; IPAv(%) = incremento periódico anual em volume comercial com casca relativo.

Através da Tabela 12, notou-se que a distribuição dos incrementos nas classes diamétricas, para todas as variáveis analisadas, possui a tendência de diminuir com o aumento da classe de diâmetro. Também se verificou que a média ponderada do incremento periódico anual relativo para o grupo de espécies de valor comercial, aumentou com a maior intensidade dos cortes seletivos aplicados na floresta para todas as variáveis.

O tratamento que não sofreu intervenções de manejo apresentou IPAd(%) de 0,98%,

sendo 2,7 vezes menor do que o tratamento Corte Seletivo Leve (2,63%); 2,8 vezes menor do que o tratamento Corte Seletivo Médio (2,75%); e 3,0 vezes menor do que o tratamento Corte Seletivo Pesado, que apresentou o maior incremento periódico anual em diâmetro relativo de 2,95%.

Para o incremento periódico anual relativo em área basal do grupo de espécies de valor comercial, verificou-se que o tratamento de maior incremento (T4) foi 3,2 vezes superior ao T1 que, por sua vez, foi 2,8 e 3,1 vezes menor do que o T2 e T3, respectivamente.

O comportamento do incremento periódico anual em volume comercial com casca para o grupo de espécies de valor comercial foi semelhante ao dos demais, sendo que no caso dos tratamentos que receberam intervenções de manejo, o IPA<sub>v</sub>(%) foi muito superior ao tratamento que não sofreu cortes seletivos (T1), apresentando o menor valor, 2,56%. Para os demais tratamentos, foram verificados valores de IPA<sub>v</sub>(%) de 6,36% para o T2; 7,00% para o T3; e de 7,17% para o T4.

Esses resultados, do mesmo modo que já foi observado para todas as espécies juntas, demonstram o grande benefício que as intensidades de cortes seletivos proporcionaram ao incremento das árvores nos diferentes grupos de espécies de valor comercial. Para Silva et al. (2002), informações sobre incremento em diâmetro são importantes para o manejo florestal, principalmente para: (i) selecionar espécies de árvores para exploração madeireira; (ii) selecionar espécies de árvores para proteção; (iii) estimar ciclos de corte; e (iv) prescrever tratamentos silviculturais.

Dessa forma, os grupos de espécies de valor comercial (araucaria, canelas e demais espécies de valor comercial), tiveram seus IPA<sub>d</sub>(%) comparados, a fim de se verificar diferenças entre as taxas de crescimento com a aplicação dos tratamentos de cortes seletivos na floresta.

Para a espécie *Araucaria angustifolia*, a distribuição do incremento periódico anual em diâmetro percentual apresentava heterocedasticidade, sendo que o teste de Bartlett revelou alta significância ( $\chi^2= 56,71$ ; Pr<0,0001; gl = 3). Assim, foi efetuada a transformação de *box-cox*, a qual acusou um valor de lambda com o zero contido dentro do intervalo de confiança. Esse resultado demonstrou que a melhor transformação a ser empregada é a logarítmica, segundo vários autores, dentre eles Box e Cox (1964) e Schneider et al. (2009). Mesmo após a transformação, o teste de Bartlett acusou um valor de  $\chi^2= 15,98$ , altamente significativo a probabilidade de 0,0011. Contudo, através do teste de Levene (Pr=0,07), foi observada homogeneidade de variâncias, sendo então aceito esse pressuposto.

A normalidade dos dados, testada pelo teste de Kolmogorov–Smirnov sob hipótese

nula de que os dados do logaritmo neperiano do IPAd(%) distribuem-se normalmente, mostrou não significância ( $D=0,0875$ ;  $Pr>D=0,1388$ ), indicando que os dados observados se ajustavam a uma distribuição normal hipotética.

Desse modo, o comportamento do IPAd(%) transformado para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*, em cada tratamento de manejo, foi representado por um gráfico *box plot* que incluiu análise de médias pelo teste Tukey-Kramer ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  (Figura 10).

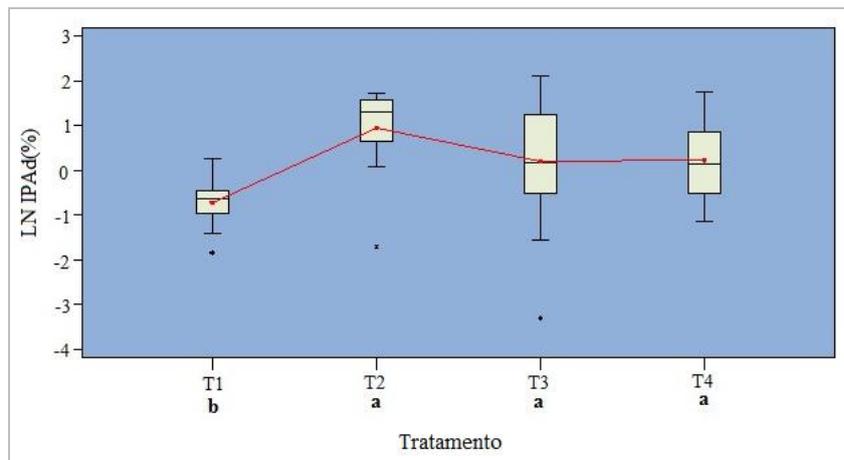


Figura 10 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado em cada tratamento de manejo para a espécie *Araucaria angustifolia*. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. Sendo: T1=testemunha; T2=corte seletivo leve; T3=corte seletivo médio; T4=corte seletivo pesado

Na Figura 10 pode-se observar que o crescimento médio em diâmetro percentual para a espécie *Araucaria angustifolia* foi superior em todos os tratamentos que receberam cortes seletivos, em relação ao tratamento testemunha, apresentando diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade. Esse resultado salienta que essa espécie foi altamente influenciada pela abertura do dossel, independente da intensidade da abertura. Porém, pode-se dizer que maiores intensidades de cortes provocaram maior variação de incremento dentro do tratamento, com valores extremos de 0,4% a 8,2% no tratamento Corte Seletivo Médio (T3), e de 0,3% a 5,8% no tratamento Corte Seletivo Pesado (T4), contrastando com a variação de 0,02% a 1,31% verificada no tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1).

Para as espécie de canelas (*Ocotea pulchella*, *Ocotea puberulla*, *Nectandra megapotamica*, *Nectandra lanceolata*, *Cryptocarya aschersoniana*, *Cinnamomum amoenum*), a distribuição do IPAd(%) também indicou heterocedasticidade ( $\chi^2 = 16,53$ ;  $Pr=0,0009$ ;  $gl = 3$ ). Por esse motivo, essa variável foi transformada por meio de uma potência igual a 0,20,

determinada pelo método Box-Cox, a qual estabilizou a variância determinada para o novo modelo ( $\chi^2= 4,17$ ;  $Pr=0,2440$ ; teste de Bartlett para  $IPAd(\%)^{0,20}$ ).

O teste de Kolmogorov–Smirnov sob hipótese nula de que os dados de  $IPAd(\%)^{0,20}$  distribuem-se normalmente, mostrou não significância ( $D=0,0899$ ;  $Pr>D>0,15$ ), indicando que os dados observados se ajustavam a uma distribuição normal hipotética.

Dessa forma, o comportamento do  $IPAd(\%)$  transformado para os indivíduos das espécies de canelas, em cada tratamento de manejo, foi representado por um gráfico *box plot* que incluiu análise de médias pelo teste Tukey-Kramer ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  (Figura 11).

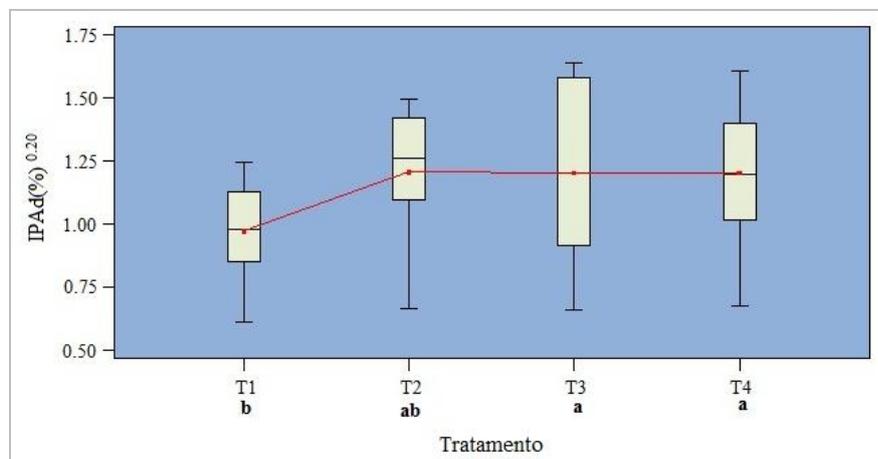


Figura 11 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado em cada tratamento de manejo para as espécies de canelas. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Sendo: T1=testemunha; T2=corte seletivo leve; T3=corte seletivo médio; T4=corte seletivo pesado

Constatou-se que as espécies de canelas apresentaram o maior  $IPAd(\%)$  nos tratamentos que receberam cortes seletivos, podendo-se constatar uma tendência de maior incremento em diâmetro percentual com o aumento das intensidades dos cortes. O tratamento testemunha mais uma vez apresentou o menor  $IPAd(\%)$ , não diferindo estatisticamente do T2, porém diferindo dos demais ao nível de 5% de probabilidade (Figura 11).

Para o grupo que reuniu as demais espécies de valor comercial (*Parapiptadenia rigida*, *Cedrela fissilis*, *Luehea divaricata* e *Prunus myrtifolia*), observou-se que a distribuição do  $IPAd(\%)$  não apresentava homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett ( $\chi^2= 9,33$ ;  $Pr=0,0252$ ;  $gl = 3$ ). Da mesma forma, foi efetuada a transformação de *Box-Cox*, em que o melhor valor de  $\lambda$  encontrado foi o de 0,28. Após a transformação, verificou-se a estabilização da variância determinada para o novo modelo ( $\chi^2= 1,59$ ;  $Pr=0,6611$ ; teste de

Bartlett para  $IPAd(\%)^{0,28}$ ).

A normalidade dos dados, testada pelo teste de Kolmogorov–Smirnov sob hipótese nula de que os dados de  $IPAd(\%)^{0,28}$  distribuem-se normalmente, mostrou não significância ( $D=0,0526$ ;  $Pr>D>0,15$ ), indicando que os dados observados se ajustavam a uma distribuição normal hipotética.

Sendo assim, na Figura 12 foi representado o comportamento do  $IPAd(\%)$  transformado para as demais espécies de valor comercial, em cada tratamento de manejo, por meio de um gráfico *box plot* que incluiu análise de médias pelo teste Tukey-Kramer ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ .

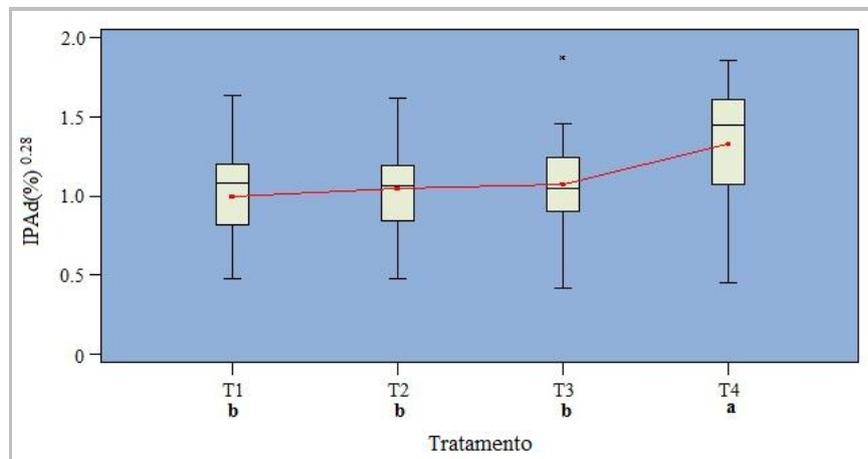


Figura 12 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado em cada tratamento de manejo para as demais espécies de valor comercial. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Sendo: T1=testemunha; T2=corte seletivo leve; T3=corte seletivo médio; T4=corte seletivo pesado

O grupo que reuniu as demais espécies comerciais apresentou o maior  $IPAd(\%)$  para o tratamento corte seletivo pesado, diferindo estatisticamente dos demais. Já para os demais tratamentos não foi verificada diferenças de  $IPAd(\%)$  entre eles, ao nível de 5% de probabilidade (Figura 12). Embora essas espécies tenham apresentado uma leve tendência de aumento do incremento com o aumento das intensidades de cortes seletivos, verificou-se a necessidade de uma elevada abertura no dossel para que as mesmas possam responder de forma significativa a esse crescimento.

### 4.3 Tempo de recuperação do estoque comercial por intensidade de corte

#### 4.3.1 Determinação do incremento periódico anual relativo em cada tratamento

O estoque comercial verificado para as ocasiões de quatro e oito anos após a aplicação das diferentes intensidades de cortes seletivos, bem como o incremento periódico anual em volume absoluto e relativo, podem ser observados na Tabela 13. Verificou-se que, para os tratamentos que receberam as intervenções de manejo, o incremento periódico anual em volume, tanto o absoluto como o relativo, diminuiu gradativamente com o aumento da intensidade dos cortes, porém, sempre apresentando valores superiores ao tratamento que não sofreu nenhuma intervenção de manejo (T1). O tratamento Corte Seletivo Leve (T2) mostrou-se o de maior IPA em volume absoluto ( $3,68 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) e relativo (2,69%). Já o tratamento Corte Seletivo Pesado (T4) apresentou o menor IPA em volume absoluto ( $1,72 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) e relativo, assumindo um incremento periódico anual em volume de 1,81% entre os inventários de monitoramento.

Tabela 13 – Incremento periódico anual em volume absoluto e relativo para cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	V <sub>2006</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	V <sub>2010</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	IPAv (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	IPAv(%)
T1 - Testemunha	171,81	177,96	1,54	0,89
T2 - Corte Seletivo Leve	136,77	151,50	3,68	2,69
T3 - Corte Seletivo Médio	124,19	136,45	3,06	2,47
T4 - Corte Seletivo Pesado	95,32	102,21	1,72	1,81

Em que: V<sub>2006</sub>= volume comercial com casca quatro anos após as intervenções; V<sub>2010</sub>= volume comercial com casca oito anos após as intervenções; IPAv = incremento periódico anual em volume entre os inventários de 2006 e 2010; IPAv(%) = incremento periódico anual relativo para o volume.

Diversos autores já observaram o maior incremento em áreas exploradas em comparação com áreas intocadas ou com algum grau de alteração no passado. Maitre (1991), analisando três áreas de floresta tropical na Costa do Marfim, observou incrementos anuais em volume entre 0,7 e 1,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> na área não explorada; 2,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> na área explorada; e 2,2 a 3,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> na área explorada com aplicação de tratamentos silviculturais. De Graaf (1986, apud SOUZA et al., 2004), referindo-se a estudos de

crescimento em floresta tropical natural no Suriname, observou aumento no incremento anual em volume de 2,0 a 4,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> nas espécies comerciais sob tratamentos silviculturais.

Resultados semelhantes ao presente estudo também foram observados em uma floresta atlântica no Estado de Minas Gerais por Ferreira (1997), o qual constatou, ao final de 10 anos de monitoramento em um experimento de manejo de mata secundária em que foram aplicados cortes seletivos, incrementos anuais em volume entre 3,9 e 3,7 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

#### 4.3.2 Determinação do tempo de recuperação do estoque por intensidade de corte

Após determinado o incremento periódico anual percentual para cada tratamento que sofreu corte seletivo, foi possível estimar o tempo de recuperação do estoque comercial inicial para as diferentes intensidades de cortes seletivos (Tabela 14). Para isso, considerou-se o pressuposto de que os crescimentos anuais volumétricos de uma árvore ou povoamento se acumulam, seguindo a lei de juros compostos, a saber, o incremento é o “juro” do estoque de crescimento, sendo o ciclo de corte o tempo de acumulação desse juro.

Tabela 14 – Tempo de recuperação do estoque inicial em volume comercial com casca para cada intensidade de corte aplicada na floresta. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

<b>Tratamento</b>	<b>Vi (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Corte (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>IC %</b>	<b>V<sub>rem.</sub> (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>cc (anos)</b>
T2 - Corte Seletivo Leve	142,00	27,46	19,34	114,55	<b>8,1</b>
T3 - Corte Seletivo Médio	159,00	52,14	32,80	106,85	<b>16,3</b>
T4 - Corte Seletivo Pesado	148,98	67,62	45,39	81,36	<b>33,8</b>

Em que: Vi=volume comercial com casca inicial existente antes da exploração; V<sub>rem.</sub>=volume comercial com casca remanescente logo após as explorações; IC=intensidade de corte; cc=tempo de recuperação do estoque inicial da floresta.

Para o tratamento Corte Seletivo Leve (T2), constatou-se, após as intervenções de manejo, uma intensidade de corte próxima de 20% do volume comercial com casca para uma redução de cerca de 20% da área basal por classe de diâmetro. Essa intensidade de corte revelou a necessidade do tempo de, aproximadamente, oito anos para a recuperação o estoque inicial em volume comercial, considerando-se um IPA% em volume comercial regular de 2,69%.

Da mesma forma, para o tratamento corte seletivo médio (T3), cuja intensidade de corte foi cerca de 33% do volume comercial com casca, considerando-se uma redução em torno de 30-40% da área basal por classe de diâmetro, foi constada a necessidade do tempo de, aproximadamente, 16 anos para repor o estoque comercial inicial, sendo necessário um IPA% em volume comercial regular de 2,47%.

Já para o tratamento Corte Seletivo Pesado (T4), verificou-se o período necessário de, aproximadamente, 34 anos para repor o estoque inicial do volume comercial com casca, considerando-se uma intensidade de corte ao redor de 45% do volume comercial inicial e uma redução de cerca de 50-60% da área basal por classe de diâmetro, para um IPA% em volume comercial de 1,81%.

Para um horizonte de 34 anos (maior tempo de recuperação do estoque entre os tratamentos) foi realizada uma simulação do crescimento do estoque comercial da floresta no decorrer do tempo, respeitando-se os ciclos de cortes estabelecidos em cada tratamento de manejo (Figura 13).

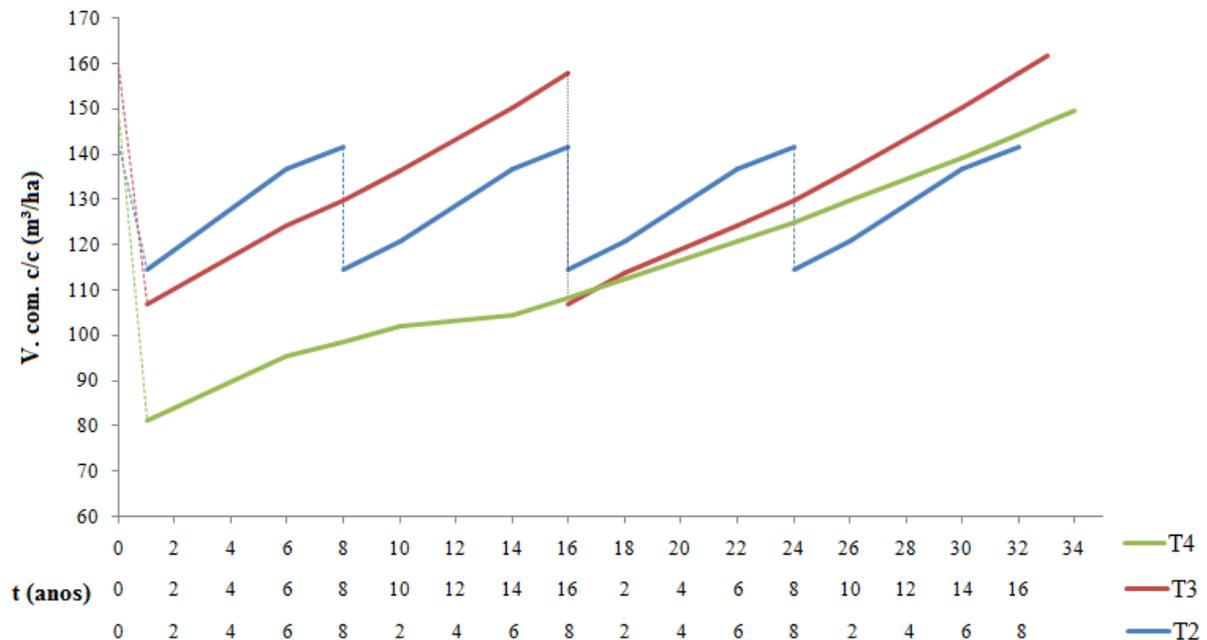


Figura 13 – Simulação do tempo de recuperação do estoque comercial em cada intensidade de corte seletivo, para um horizonte de 34 anos. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Sendo: T2=corte seletivo leve; T3=corte seletivo médio; T4=corte seletivo pesado

Pela Figura 13, verificou-se que, enquanto o T4 (Corte Seletivo Pesado) necessita de cerca 34 anos para repor seu estoque comercial inicial, é possível realizar dois ciclos de cortes

seletivos no T3 (Corte Seletivo Médio) e quatro ciclos de cortes seletivos no T2 (Corte Seletivo Leve).

Diante disso, nota-se claramente a grande dificuldade de recuperação que a floresta apresenta ao receber cortes seletivos muito pesados (redução de 50-60% da área basal), necessitando de ciclos de corte muito dilatados para repor seu estoque inicial. Além disso, não se pode garantir que a floresta apresente estoque comercial aceitável para o próximo ciclo de corte, uma vez que, para Braz (2010), extrações elevadas, além de causarem um dano substancial ao povoamento, reduzindo sua capacidade produtiva, podem gerar grandes aberturas no dossel, estimulando, assim, a regeneração de espécies indesejadas.

Nota-se que oito anos após a aplicação dos cortes seletivos, o T2 já alcançou o momento da segunda intervenção de manejo, recuperando todo seu volume comercial inicial. Recomenda-se realizar a segunda intervenção nos mesmos moldes da primeira, ou seja, priorizar o abate de árvores de maior densidade para favorecer o surgimento e desenvolvimento de árvores para futuro aproveitamento, buscando deixar a estrutura da floresta a mais próxima possível do estado original.

Dessa forma, cortes seletivos leves e frequentes são mais aconselhados, pois se consegue o maior controle e manipulação da floresta com os sucessivos cortes, conduzindo-se a composição de espécies de interesse e, assim, mantendo uma produção a níveis aceitáveis, sem comprometer a sustentabilidade do recurso florestal.

## 5 CONCLUSÕES

Oito anos após a aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS, chegou-se às seguintes conclusões:

a) O pressuposto inicial de que intervenções de manejo em matas secundárias da Floresta Ombrófila Mista são necessárias para melhorar a estrutura e composição de espécies desejáveis, tornando a floresta produtiva, foi confirmada, pois os cortes seletivos, independentemente da intensidade aplicada, ocasionaram aumento na densidade e nos parâmetros fitossociológicos das espécies comerciais, em comparação com o tratamento sem intervenção de manejo.

b) Os cortes seletivos, independente da intensidade aplicada na floresta, não provocaram perdas no número de espécies, gêneros e famílias. Constatou-se elevado ganho nos índices de diversidade de espécies para os tratamentos que receberam intervenções de manejo e baixa alteração para o tratamento testemunha.

c) A distribuição diamétrica da densidade de indivíduos apresentou alta capacidade de recuperação após as intervenções de manejo. Já a distribuição diamétrica da área basal se mostrou com dificuldades de recuperação para intensidades de cortes muito pesadas (T4).

d) Para as diferentes intensidades de exploração, as espécies de valor comercial apresentaram valores de incremento periódico anual em diâmetro (0,53 cm.ano<sup>-1</sup> para o T2, 0,48 cm.ano<sup>-1</sup> para o T3 e 0,49 cm.ano<sup>-1</sup> para o T4); área basal (23,64 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para o T2, 21,61 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para o T3 e 18,55 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para o T4); e volume (6,36% para o T2, 7,00% para o T3 e 7,17% para o T4) superiores ao tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1), com valores de 0,28 cm.ano<sup>-1</sup> em diâmetro, 17,41 cm<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em área basal e 2,56% em volume comercial com casca.

e) A espécie *Araucaria angustifolia* foi altamente beneficiada pelas intervenções de manejo, uma vez que apresentou maior ingresso de indivíduos e maior IPA% nos tratamentos que receberam cortes seletivos em relação ao tratamento testemunha.

f) Para o manejo sustentável de florestas secundárias no domínio da Floresta Ombrófila Mista na região da encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul, recomenda-se a realização cortes seletivos leves (redução em torno de 20% da área basal por classe de DAP) e com ciclos de corte de oito anos, podendo-se assim, conduzir a floresta com cortes frequentes a uma estrutura mais produtiva.

g) Não são recomendados cortes seletivos pesados (reduções superiores a 50% da área basal), pois, além de apresentarem menor incremento em volume, possuem um ciclo de corte muito dilatado (34 anos), de difícil controle sobre a vegetação.

## **Recomendações**

Novas pesquisas que avaliem níveis de intervenções de manejo em Floresta Ombrófila Mista devem ser realizadas. Diante disso, algumas recomendações importantes podem ser observadas:

- i) a avaliação do crescimento da floresta ou de determinada espécie de interesse requer o acompanhamento de uma maior área amostral, ou seja, parcelas de no mínimo um hectare para o monitoramento da floresta ou de espécies abundantes; e de mais de um hectare para a avaliação de espécies raras. Deve-se observar também o uso de pelo menos três repetições em cada nível de intervenção de manejo.
- ii) os níveis de intervenção devem ser de tal amplitude que se possa, com o passar do tempo após as intervenções de manejo, acompanhar e diferenciar o crescimento entre os diferentes tratamentos. Recomenda-se um intervalo do grau de exploração da floresta de no mínimo 15% entre os tratamentos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, D. **Growth and yield of the mixed forests of the humid tropics: a review.** Oxford: FAO Report, 1983.

APG III. The Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of higher plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, n. 2, p.105-121, 2009.

ARAÚJO, M. M. et al. Análise de agrupamento em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2010.

ARCE, J. E. et al. Utilização dos processos de difusão na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 154-170, 1998.

ASSMANN, E. **The principles of Forest yield study.** New York: Pergamon Press, 1970. 506p.

AZEVEDO, C. P. de et al. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 277-293, 2008.

BORSOI, G. A. **Subsídios para o manejo de uma Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de regeneração natural.** 2004. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Inventário Florestal Nacional: Florestas Nativas do Rio Grande do Sul.** Brasília: Edit. Gráfica Brasileira Ltda., FATEC, 1983. 345p.

BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia.** 2010. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 43-55. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Floresta. v. 1, 2003. 1039 p.

CHASSOT, T. **Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Ombrófila Mista.** 2009. 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

CIENTEC. Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas. **Software Mata Nativa 2: Sistema para Análise Fitossociológica, Elaboração de Inventários e Planos de Manejo de Florestas Nativas.** Viçosa - MG: Cientec, 2006.

CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007.

CUBAS, R. **Florística, estrutura e dinâmica em uma Floresta Ombrófila Mista no norte do estado de Santa Catarina.** 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Iratí, 2011.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management.** 3 ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987. 790p.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR.** 1999. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia.** Brasília: Ed. UNB, 2003. 68 p.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG.** 1997. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 69-84, 2003.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n 4, p. 763-776, 2010.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

GERWING, J. J. Testing liana cutting and controlled burning as silvicultural treatments for a logged forest in the eastern Amazon. **The Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.38, n.6, p.1264-1276, 2001.

GOMES, E. P. C., MANTOVANI, W., KAGEYAMA, P. Y. Mortality and recruitment of trees in a secondary montane rain forest in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, n. 1, p. 47-60, 2003.

GOMES, J. F. et al. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 93-107, 2008.

GÓMEZ-POMPA, A.; BURLEY, F. W. The management of natural tropical forest. In: GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. (eds.) **Rain forest regeneration and management.** Paris: UNESCO, 1991. (Man and the Biosphere Series) 6.

GOOGLE EARTH. Software, v.6.0.3.2197, EUA. 2008. Acesso em 15 de Julho de 2011.

HACK, C. **Respostas da vegetação remanescente e da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista cinco anos após intervenções de manejo.** 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

HERMANN, M. L. P.; ROSA, R. O. Relevô. In: IBGE. **Geografia do Brasil - Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 55-111.

HESS, A. F. **Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul.** 2007. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

HIGUCHI, N. et al. **Crescimento e incremento de uma floresta amazônica de terra firme manejada experimentalmente.** Manaus: INPA/DFID, 1997, p.87-132 (Relatório Final do Projeto Bionte).

HUECK, K. **A floresta da América do Sul.** São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).

JARDIM, F. C. S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 37-48, 2007.

JESUS, R. M.; SOUZA, A. L. **Produção sustentável em mata secundária de transição: oito anos de monitoramento.** Viçosa: SIF, 1995. 99p. (Documento SIF, 014).

KANIESKI, M. R. **Caracterização florística, diversidade e correlação ambiental na floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.** 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

KING, D. A.; DAVIES, S. J.; NOOR, N. S. M. Growth and mortality are related to adult tree size in a Malaysian mixed dipterocarp forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 223, p. 152-158, 2006.

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

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos.** Alemanha: Ed. GTZ. Rossdorf, 1990. 343p.

LINGNER, D. V. et al. Caracterização da estrutura e dinâmica de um remanescente de floresta com araucária no planalto catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 55-56, 2007.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no sul do Brasil.** 1980. 198f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-**

**bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo, RS.** 1997. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

LONGHI, S. J. et al. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 113-125, 2006.

MAITRE, H. F. Silvicultural interventions and their effects on forest dynamics and production in some rain forests of cote d'ivoire. In: POMPA-GÓMEZ, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. Paris: UNESCO, 1991. v.6. p.383-392.

MATTOS, P. P. de. et al. Aceleração 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, 2010.

McEVOY, T. J. **Positive impact forestry**: a sustainable approach to managing woodlands. Washington, DC: Island Press, 2004. 268 p.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Bethesda, v.50, p. 85-92, 1952.

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

MOSCOVICH, F.A. **Estudo da dinâmica de crescimento em uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS.** 2006. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Willey & Sons, 1974. 574p.

NASCIMENTO, A. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n.1, p. 105-119, 2001.

O'HARA, K. L. The historical development of uneven-aged silviculture in North America. **Forestry**, Oxford, v.75, n.4, p. 339-346, 2002.

OLIVEIRA, L. C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós.** 2005. 183 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

OLIVEIRA, L. C. et al. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 69, p. 62-76, dez. 2005.

PEDRO BOM, R. **Proposição de um sistema de manejo para floresta nativa objetivando a sustentabilidade da produção.** 1996. 199 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

- PEÑA-CLAROS, M. et al. Regeneration of commercial tree species following silvicultural treatments in a moist tropical forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, p. 1283-1293, 2008.
- PIELOU, E.C. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. **Journal Theoretical Biology**, Ottawa, v. 10, n. 2, p. 370-383, 1966.
- PINARD, M. A. et al. Ecological characterization of tree species for guiding Forest management decisions in seasonally dry Forest in Lomerío, Bolivia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 113, p. 201-213, 1999.
- PORTER-BOLLAND, L. et al. Community managed forests and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, In press, 2011.
- PRODAN, M., et al. **Mensura Forestal**. San José: GTZ, 1997. 561 p.
- RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1956. 456 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M. **Araucariaceae**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 29p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, n. 34-35, p. 1-525, 1983.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA, 2001. 706 p.
- ROLIN, S. G., COUTO, H. T. Z., JESUS, R. M. Tree mortality and recruitment in the Atlantic Forest at Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 55, p. 49-69, 1999.
- RONDON NETO, R. M. **Análise do histórico silvicultural de quatro espécies de uma Floresta Ombrófila Mista com auxílio de dendrocronologia**. 2003. 105f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996. 49 p. (Série Didática, n. 8).
- SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; EISFELD. R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.
- SAS/STAT. **User's guide** – release 9.1.3 edition. Cary N. C.: SAS Institute Inc. 2004.
- SEGER, C. D. et al. Levantamento florístico e análise fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Pinhais, Paraná-Brasil. **Floresta**, Curitiba, v.35, n.2, p. 291-302, 2005.
- SCHAAF, L. B. et al. Incremento diamétrico e em area basal no período de 1979-2000 de espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271-290, 2005.

- SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979-2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.
- SHANNON, C. E. A. Mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, Murray Hill, v.27, p.379-423, 1948.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas**. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM, 2000. 195p.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2. Ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. Ed. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 2009. 236p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 438 p.
- SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 p. Thesis (PhD) - University of Oxford, Oxford. 1989.
- SILVA, J. N. M. et al. Growth and yield of a tropical rainforest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.71, p. 267-274, 1995.
- SILVA, R. P. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, p. 295-301, 2002.
- SMITH, D. M. **The practice of silviculture**. 8. ed. New York: John Wiley, 1986. 527p.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical Methods**, 8. ed. Iowa: Iowa State University Press, 1989. 247p.
- SOLÓRZANO-FILHO, J. A.; KRAUS, J. E. Breve história das matas de araucária. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FORESTS, 5., 1999, Curitiba. **Forest 99**. Rio de Janeiro: Biosfera, 1999. p. 37-40.
- SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.21, n.4, p. 943-955, 2007.
- SOUZA, A. L. et al. Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem interferência: uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 129-145, 1993.
- SOUZA, D. R. et al. Ciclo de corte econômico ótimo em floresta ombrófila densa de terra firme sob manejo florestal sustentável, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 681-689, 2004.
- SOUZA, D. R. et al. Análise estrutural em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS,

2002. 107 p.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUZTZ, F. E. The Dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 59-366, 1987.

TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B. Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza, seus recursos econômicas. Estudo fitogeográfico. In: IBGE. **Folhas Porto Alegre e Lagoa Mirim**. Rio de Janeiro: 1986, p. 541-632. (Levantamento de recursos naturais, 33).

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forest**. Wallingford: CBA International, 1994. 312p.

VENTUROLI, F. **Manejo de floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás**. 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

VILLEGAS, Z. et al. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, p. 971-977, 2009.

WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: Acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, n. 1, p. 45-51, 2006.

WATZLAWICK, L. F. et al. Caracterização da composição florística e estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, no município de General Carneiro (PR). **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 2, p. 229-237, 2005.

WATZLAWICK, L. F. et al. Estimativa de Biomassa e Carbono em Floresta e Carbono utilizando imagens do satélite Ikonos II. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 169-181, 2009.

WERNECK, M. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Dynamics of a dry forest fragment after the exclusion of human disturbance in southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 174, p. 337-346, 2004.

WHITMORE, T. C. **Tropical rain forest of the Far East**. 2. Ed. Oxford: Clarendon, 1984. 296p.

WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest tree. **Ecology**, Washington, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, Bethesda, v.39, n.3, p.594-616, 1993.