

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANUZA STALL

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE REGIMES DE
MANEJO EM FLORESTAS DE *Pinus taeda* L. NO PLANALTO SERRANO DE
SANTA CATARINA

CURITIBA

2012

DANUZA STALL

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE REGIMES DE
MANEJO EM FLORESTAS DE *Pinus taeda* L. NO PLANALTO SERRANO DE SANTA
CATARINA

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Ciências
Florestais, do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

Co-Orientador: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

CURITIBA

2012

À Deus pela vida e por tudo mais que tenho.

Aos meus pais Alexandre e Ivana e meu irmão Diego, pelo amor, força, dedicação e principalmente pelos valores que fazem de mim o que sou hoje.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A realização de um trabalho de pesquisa, muitas vezes, é a transformação de ideias e conhecimentos em sabedoria, porém requer perseverança, concentração e dedicação. Entretanto, não há sequer possibilidade de que tal empreitada seja feita de forma isolada. Todos nós, quando imbuídos em uma tarefa, sem perceber envolvemos outras pessoas, as quais não podem ser esquecidas, quando da divisão do prêmio dessa conquista, por simples, humilde ou fantástica que seja. Assim, cabe a mim reconhecer:

O companheirismo incansável e a tolerância confortante dos meus pais Alexandre e Ivana e meu irmão Diego, a minha família, que em todas as horas estiveram ao meu lado, dividindo as aflições e as alegrias desta jornada;

A paciência e apoio incondicional, a disponibilização do conhecimento, o exercício de sabedoria, a amizade e compreensão, bem como a orientação realizada pelo Prof. Dr. Julio Eduardo Arce;

O apoio e a ajuda valorosa neste trabalho do Prof. Dr. Henrique Soares Koehler, co-orientador desta pesquisa;

Os amigos e colegas da Pöyry Silviconsult Engenharia, especialmente a Marina Sinício de Barros, Barbara Jarschel, Lucila de Almeida V. Fernandes e Clewerson F. Scheraiber, os quais, além de apoiarem, incentivaram e colaboraram para a composição deste trabalho, concedendo tempo e dedicação a esta empreitada em dias de semana ou mesmo nos sábados e domingos ensolarados;

Os meus queridos amigos, em especial à Raquel Álvares Leão, Andressa Ribeiro, companheiras de república, ao Laercio Barbeiro da Silveira e à família Sprotte, pelos

momentos de descontração e divertimento, além do apoio e constante incentivo para a execução desta pesquisa.

À Florestal Gateados e seus engenheiros Pedro Paulo Stein e Rodrigo A. Bley Ramos pela disponibilização dos dados, pois foi peça fundamental no desenvolvimento deste estudo.

Ao CNPq pelo incentivo financeiro concedido.

A todos, que de forma direta ou indireta contribuíram para apoiar este trabalho de pesquisa, expresso de forma sincera o meu agradecimento. Muito obrigada!

RESUMO

Foram analisados regimes de manejo sem desbaste e com até três desbastes em um plantio de *Pinus taeda* com idades entre 13 e 29 anos, na região de Campo Belo do Sul - SC, com a finalidade de produção de madeira para usos múltiplos. Para tanto, foi utilizado o software FlorExel[®] no módulo simulação, o qual internamente aciona o simulador SisPinus[®], no qual os cenários de produção foram simulados em regimes de desbaste e poda. Os regimes de manejo para os estratos com desbaste foram: (a) idades dos desbastes: 14 a 15 anos, 17 a 18 anos e 20 a 21 anos; (b) idade de rotação: 22 a 35 anos; (c) regime de poda: posição da tora (1^a e 2^a tora). Os regimes sem desbaste foram simulados apenas para corte raso e a poda, nas mesmas especificações. Realizou-se o planejamento da produção florestal para a “Floresta Otimizada”, a qual refere-se à floresta real. Após a obtenção dos resultados, houve a homogeneização da produção em função da otimização com o software What’s Best![®], garantindo suprimento de madeira para abastecer continuamente o mercado de toras da região de Santa Catarina até 2024. Os regimes de manejo da denominada “Floresta Ideal”, a qual se refere à floresta hipotética, foram simulados da mesma forma, porém com premissas e indicadores econômicos diferentes. Para a área sem desbaste: (a) densidades de plantio: 2.000, 1.667 e 1.333 árvores por hectare e (b) idades de rotação: 22 a 35 anos. Para áreas em regimes com desbaste, simularam-se os seguintes cenários: (a) densidades de plantio: 2.000, 1.667 e 1.333 árvores por hectare; (b) idades do desbaste: 7 a 8, 10 a 11 e 13 a 14 anos; (c) densidades após o desbaste: 1.500, 1.000 e 500 árvores por hectare; (d) idades de rotação: 15 aos 35 anos; e (e) regime de poda: posição da tora (1^a e 2^a tora). O melhor regime com desbaste apresentou rentabilidade superior em relação ao melhor regime sem desbaste, para todos os cenários de custos e preços simulados. Os cenários de análise econômica, que foram simulados com o uso do FlorExel[®] e auxílio de planilhas eletrônicas, calculou-se: (a) valor presente líquido (VPL); (b) valor presente líquido anualizado (VLPa) e (c) taxa interna de retorno (TIR), três indicadores que sugerem a viabilidade do projeto, podendo demonstrar o risco/retorno do empreendimento. As análises realizadas mostram que a melhor alternativa, com base no VPL para a “Floresta Otimizada” é a realização do corte raso imediato, devido à idade da floresta. No geral os regimes de manejo apresentam amplitude de variação de rentabilidade de R\$ 403,22 e R\$ 914,22/ha. Com relação à “Floresta Ideal”, com densidade inicial de 2.000 árvores/ha, é indicado três desbastes (8, 10 e 13 anos nas intensidades 75%, 50% e 25%, respectivamente) e ocorrência de poda. Para os regimes de madeira podada e sem poda, incidiu corte raso aos 21 anos. Para o regime com poda, o VPLA/ha apresentou valor 2,5% superior ao regime sem poda. A análise de sensibilidade apresentada pela técnica gráfica Diagrama Tornado foi eficiente e mostrou o impacto das variáveis independentes (taxa de desconto da florestal, preços de madeira, custos silviculturais e *overhead*) sobre a variável dependente (VPL/ha otimizado).

Palavras-chave: Regimes de manejo, planejamento da produção florestal, otimização, avaliação econômica e análise de sensibilidade.

ABSTRACT

Management regimes were analyzed, those without thinning and with up to three thinning in a Loblolly Pine (*Pinus taeda*) aged between 13 and 29 years in the region of Campo Belo do Sul – SC. They were analyzed for the purpose of producing timber for multiple uses. Simulations were conducted by the FlorExel[®] simulation module software, which internally triggers the SisPinus[®] simulator, in which the production scenarios in pruning and thinning regimes were simulated. The management regimes for strata with thinning were: (a) thinning ages: 14-15 years, 17-18 years and 20-21 years, (b) rotation age: 22-35 years; (c) scheme Pruning: position of the log (1 st and 2 logs). In the schemes without thinning only clearcut and pruning were simulated, using for this the same rotation and pruning specifications. We carried out the planning of forest production for "Enhanced Forest", which refers to the real forest. After obtaining the results, The software What's Best![®] was used to optimize the forest, which resulted in its homogenization, ensuring a continuous wood supply for logs in the region of Santa Catarina, until 2024. The management regimes of the so called "Ideal Forest", which refers to the hypothetical forest, were simulated in the same way, but with different assumptions and economic indicators. For the area without thinning: (a) planting densities: 2,000, 1,333, 1,667 trees per hectare (b) age rotation: 22-35 years. For areas with thinning regimes, simulated the following scenarios: (a) planting densities: 2,000, 1,667 and 1,333 trees per hectare, (b) thinning ages: 7-8, 10-11 and 13 to 14 years; (c) densities after thinning: 1,500, 1,000 and 500 trees per hectare, (d) rotation ages: 15 to 35 years, and (e) system of pruning: position of the log (1 st and 2 logs). The best method with thinning showed superior profitability compared to the best without thinning for all scenarios simulated costs and prices. The scenarios of economic analysis, which were simulated using FlorExel[®] and with the help of spreadsheets, were: (a) net present value (NPV), (b) Annualized net present value (ANPV) and (c) internal rate of return (IRR). These are three indicators that suggest the feasibility of the project and can demonstrate the risk / return venture. The analysis shows that the best alternative, based on the NPV for the "Enhanced Forest" is the immediate clear-cutting due to the age of the forest. In general, management systems have profitability variations of R\$ 403.22 and R\$ 914.22/ha. Regarding the "Great Forest", with initial density of 2,000 trees / ha, three thinning is indicated (8, 10 and 13 years in the intensities 75%, 50% and 25% respectively) and pruning. For wood schemes pruned and not pruned, covered clear-cutting at age 21. For the scheme with pruning, the ANPV / ha shown a value 2.5% higher than the scheme without pruning. The sensitivity analysis presented by the Tornado Diagram graphic technique was effective and showed the impact of independent variables (discount rate of forest, wood prices, silvicultural costs and overhead) on the dependent variable (optimized NPV/ha).

Keywords: management regimes, forest production planning, optimization, economic evaluation and sensitivity analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ILUSTRAÇÃO DO DIAGRAMA TORNADO.....	35
FIGURA 2 - MAPA DA REGIÃO DE ESTUDO.	36
FIGURA 3 - COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO DO USO DA TERRA.....	4
GRÁFICO 2 - COMPOSIÇÃO DA ÁREA PLANTADA NO BRASIL – POR ESPÉCIE.....	5
GRÁFICO 3 - HISTÓRICO DA ÁREA DE PLANTIOS FLORESTAIS NO BRASIL, 2005-2010.....	6
GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA PLANTADA COM PINUS POR ESTADO EM 2010.....	8
GRÁFICO 5 - EVOLUÇÃO DE PREÇOS DE MADEIRA DE PINUS POR SORTIMENTO POR TRIMESTRE NO ESTADO DE SANTA CATARINA (R\$/M ³ EM PÉ).....	21
GRÁFICO 6 - PRODUTIVIDADE REGULADA DA FLORESTA.....	59
GRÁFICO 7 - DIAGRAMA TORNADO.....	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUTOS DE MADEIRA E SUAS ESPECIFICAÇÕES E PREÇOS DE ACORDO COM CADA USO.	40
TABELA 2 – SOMATÓRIO DOS CUSTOS DE PLANTIO, TRATOS CULTURAIS E SILVICULTURAIS (R\$/HA) PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA.....	41
TABELA 3 - APLICAÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA.....	42
TABELA 4 - VARIAÇÃO DE DESBASTES E CORTE RASO – IDADES E INTENSIDADE.....	45
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DAS PODAS UTILIZANDO A POSIÇÃO DA TORA.....	47
TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS DOS SORTIMENTOS UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO	48
TABELA 7 - REGIMES DE MANEJO OTIMIZADOS ¹	60
TABELA 8 - REGIMES DE MANEJO COM VPLA MAXIMIZADO - ÁRVORES PODADAS E NÃO PODADAS.....	66
TABELA 9 - VARIAÇÃO DE PREÇOS DE MADEIRA PODADA E SEM PODA.....	66
TABELA 10 - REGIMES DE MANEJO SELECIONADOS PELA TIR MAXIMIZADA- ÁRVORES PODADAS E NÃO PODADAS.....	67
TABELA 11 - VARIÁVEIS CONSIDERADAS NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	69
TABELA 12 - COEFICIENTES DE VPL (R\$/HA) RESULTANTES DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	69

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivos Específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 SETOR FLORESTAL	4
2.1.1 Plantios de <i>Pinus</i>	7
2.2 <i>PINUS TAEDA</i>	9
2.3 CONTEXTO GERAL SOBRE REGIMES DE MANEJO	10
2.4 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	11
2.5 REGIMES DE MANEJO	12
2.5.1 Densidade Inicial	12
2.5.2 Desbastes	14
2.5.3 Poda	15
2.5.4 Rotação	16
2.6 REGIMES DE MANEJO EM FUNÇÃO DO OBJETIVO DA PRODUÇÃO	17
2.6.1 Produção de madeira para processamento de fibras (<i>Pulpwood</i>)	17
2.6.2 Produção de madeira multiprodutos (<i>Utility</i>)	18
2.6.3 Produção de madeira livre de nós (<i>Clearwood</i>)	19

2.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA DO REGIME DE MANEJO	19
2.7.1 Sítio	19
2.7.2 Preço da Madeira	20
2.7.3 Taxa de desconto.....	22
2.7.4 Custo da terra.....	23
2.7.5 Custo da colheita.....	24
2.7.6 Custo de Transporte.....	24
2.8 SIMULAÇÃO FLORESTAL	25
2.9 INDICADORES ECONÔMICOS.....	26
2.9.1 Indicadores de Retorno	26
2.9.1.1 Valor presente líquido (VPL)	26
2.9.1.2 Valor Presente Líquido anualizado (VPLA)	27
2.9.1.3 Razão Benefício-Custo (Ri).....	28
2.9.2 Indicadores de Risco	29
2.9.2.1 Taxa interna de retorno (TIR).....	29
2.9.2.2 Período de recuperação do investimento (<i>payback</i>)	31
2.10 OTIMIZAÇÃO	32
2.11 <i>SOFTWARE</i> DE APOIO.....	33
2.12 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
3.2 ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS	37
3.3 DETERMINAÇÕES DOS REGIMES DE MANEJO	41

3.3.1 Floresta Otimizada	41
3.3.2 Floresta Ideal.....	44
3.4 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	49
3.5 GERAÇÃO DOS CENÁRIOS OTIMIZADOS.....	52
3.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
4.1 DIAGNÓSTICO DOS RESULTADOS	58
4.2 FLORESTA OTIMIZADA	58
4.3 COMPARAÇÃO ENTRE REGIMES DE MANEJO NA FLORESTA OTIMIZADA.....	60
4.4 FLORESTA IDEAL	65
4.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	68
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	74
REFERÊNCIAS.....	76

1. INTRODUÇÃO

Para a economia brasileira e para a sociedade em geral, o setor florestal contribui com uma parcela importante na geração de produtos, tributos, empregos e renda. Pode-se dizer que o setor é estratégico no fornecimento de matéria prima para o desenvolvimento da indústria de base florestal nacional.

Conforme a ABRAF (2010), o setor florestal arrecadou R\$ 7,4 bilhões em tributos, representando 0,57% da arrecadação tributária brasileira total (R\$ 1,29 trilhões) e empregou aproximadamente 4,69 milhões de pessoas, direta e indiretamente. Na balança comercial, as exportações de produtos florestais somaram US\$7,5 bilhões, cerca de 3,7% do total exportado pela economia brasileira, resultando em saldo superavitário de US\$ 5,5 bilhões, uma vez que as importações totalizaram US\$ 2,0 bilhões. Nesse contexto, é possível observar que os produtos madeireiros oriundos de florestas plantadas possuem maior significância na formação dos macro-indicadores do setor florestal brasileiro do que as florestas nativas, apesar destas últimas possuírem uma área (519,5 milhões de hectares) significativamente maior que o total de área plantada, que em 2010 somou 6,51 milhões de hectares, sendo 4,75 milhões de hectares de Eucalyptus e 1,76 milhões de hectares de *Pinus*.

Segundo a ABIMCI (2008), o setor florestal foi responsável pela geração de 3,85% do PIB entre os anos de 2002 e 2007, em média. Dados mais recentes da ABRAF (2011) demonstram que o Valor Bruto da Produção Florestal – um dos principais indicadores do desempenho econômico do setor florestal – representou no período pré-crise R\$ 52,8 bilhões em 2008, R\$ 42,9 bilhões em 2009 e R\$ 51,8 bilhões em 2010, no período pós-crise.

Ao longo das últimas três décadas, a prática da silvicultura e do manejo adequado para o gênero *Pinus* contribuiu para a mudança socioeconômica de diversas regiões no Sul do Brasil, pois permitiu a expansão da indústria de base florestal. As indústrias de papel da região norte paranaense figuram como a principal região

florestal. Ainda, pode ser creditada ao *Pinus* toda a expansão do setor de papel e celulose no estado de Santa Catarina. A base florestal plantada com o gênero *Pinus* tem atraído novos investimentos e tecnologias, principalmente nas indústrias de painéis reconstituídos. Outro segmento importante que aderiu à evolução tecnológica e ao uso e aplicação da madeira do gênero *Pinus* foi o setor moveleiro, composto pelas indústrias de móveis e componentes de madeira, tais como painéis e molduras, especialmente no planalto norte do estado de Santa Catarina, no norte novo do estado do Paraná (que abrange as cidades de Londrina, Apucarana, Araçongas, Cambé e Rolândia) e no polo moveleiro de Bento Gonçalves, no estado do Rio Grande do Sul.

Dessa forma, o presente estudo é relevante pela possibilidade de aplicação dos cenários de produção e análise econômica, na região de estudo. Após o planejamento da produção, os resultados obtidos são válidos para analisar os plantios florestais de *Pinus*, a fim de determinar os melhores regimes de manejo com base no Valor Presente Líquido para fins de produção de madeira.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho foi processar, com base em simulações, o planejamento da produção em florestas de *Pinus taeda* e analisar economicamente diferentes regimes de manejo variando o número de desbastes, as idades das intervenções e peso dos desbastes, a realização de podas, e idade de corte raso da floresta.

1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram os seguintes:

- a) Gerar cenários otimizando o Valor Presente Líquido (VPL) e selecionar o melhor regime de manejo com no plantio de *Pinus* da área de estudo, denominada de “Floresta Otimizada”;
- b) Efetuar o planejamento da produção floresta tendo como base um cenário de uma “Floresta Ideal” (iniciando do ano zero) e indicar os melhores regimes de manejo a partir de simulações e análise econômica com base no Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) e na Taxa Interna de Retorno (TIR);
- c) Identificar a relevância das variáveis estudadas como taxa de desconto, custos silviculturais, preço da madeira e *overhead* (custos indiretos), no VPL total, utilizando a técnica gráfica denominada Diagrama Tornado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SETOR FLORESTAL

O território brasileiro possui aproximadamente 57% de cobertura florestal, sendo a maioria florestas naturais, e menos de 1% de florestas plantadas. A distribuição do uso territorial brasileiro é apresentada no GRÁFICO 1.

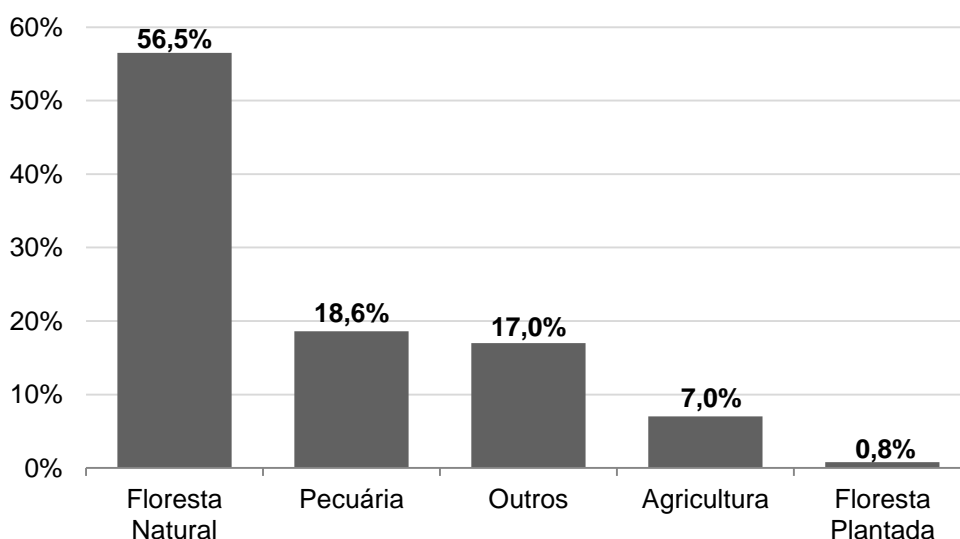


GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO DO USO DA TERRA.

Fonte: IBGE (2011)

Entre as principais espécies florestais plantadas no Brasil, os gêneros *Eucalyptus* (68,2%) e *Pinus* (25,2%) são predominantes. Outras espécies, como Acácia, Teca, Araucária, Populus e Seringueira representam apenas uma pequena parcela (6,6%) em relação à área total plantada (GRÁFICO 2).

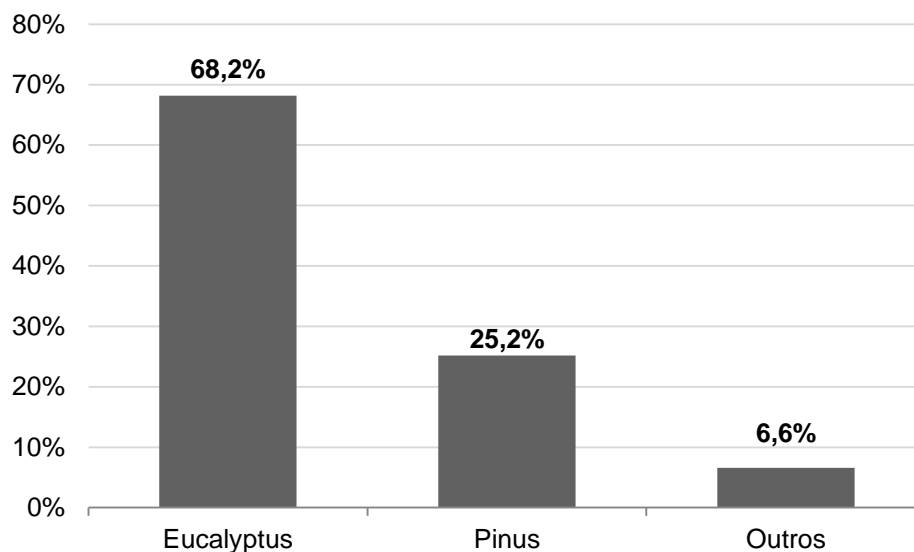


GRÁFICO 2 - COMPOSIÇÃO DA ÁREA PLANTADA NO BRASIL – POR ESPÉCIE.

FONTE: Adaptado do Anuário da ABRAF (2011)

Segundo o ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF (2011), os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul destacaram-se no cenário nacional como os estados detentores de 88,0% da área total de plantios florestais. A maior concentração de plantios ocorre no Sul e no Sudeste do Brasil, onde está localizada a maioria das plantas industriais de celulose, papel, painéis de madeira e siderúrgicas do país.

Em relação a 2009, a área de plantios florestais em 2010 aumentou 3,2% (GRÁFICO 3). No período 2005-2010, o crescimento acumulado foi de 27%.

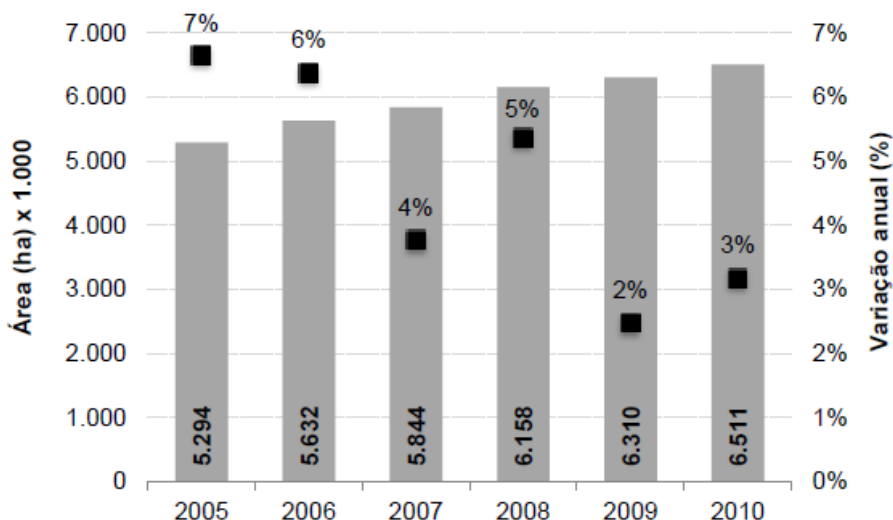


GRÁFICO 3 - HISTÓRICO DA ÁREA DE PLANTIOS FLORESTAIS NO BRASIL, 2005-2010.

FONTE: Adaptado do Anuário da ABRAF (2011)

O Anuário da ABRAF (2010) apresenta uma discussão sobre a expansão dos plantios florestais em 2010, a qual pode ser considerada modesta quando comparada com o período 2005-2009 (4,5% a.a. ou 19,2% no período). Esta baixa expansão foi influenciada por vários fatores, destacando-se:

- As empresas do setor, com o objetivo de recuperar as margens pré-crise, não efetuaram todos os investimentos planejados para 2010, incluindo os dedicados à ampliação da base florestal. Além disso, as incertezas relativas ao mercado internacional de vários produtos da cadeia de base florestal postergaram investimentos em novas unidades industriais, prorrogando também a expansão dos plantios. Ademais, os extensos prazos demandados para análise dos pedidos do licenciamento ambiental de novos plantios florestais e, conseqüentemente, na emissão da licença, em especial em alguns estados da federação, também atrasaram a realização de novos investimentos.

- A limitação imposta pelo Parecer nº 1/2008 da Advocacia Geral da União (AGU), publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 23 de agosto de 2010, que prevê restrições para a aquisição de terras por estrangeiros, surpreendeu os grupos empresariais na condição de empresas brasileiras de capital estrangeiro, que pretendiam expandir ou implantar novas áreas de plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no país. Uma avaliação realizada no ano de 2011 indica que investimentos destinados à implantação de plantios florestais, que foram suspensos ou paralisados, totalizaram R\$ 14 bilhões. Adicionalmente, estima-se que o Brasil deixou de receber R\$ 24 bilhões de investimentos relacionados à implantação de novas unidades de celulose e painéis de madeira industrializada, incluindo suas novas bases florestais, tendo em vista que essas fábricas não podem ser implantadas sem a garantia da respectiva base florestal para o fornecimento da madeira. (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF, 2011, p.22).

A área de plantios de *Pinus* alcançou 1.756.359 ha, 2,1% inferior à de 2009. Esse decréscimo de área cultivada evidencia a tendência de estagnação ou até mesmo ligeira redução dos plantios desse gênero, devido em parte à substituição dessas áreas por plantios de *Eucalyptus*, cujo rendimento em volume é superior ao do *Pinus*, ao contrário da rotação, que é menor. Analisando-se o período 2005-2010, a redução da área ocupada por *Pinus* foi de 38.361 ha, ou seja, 0,1% ao ano.

2.1.1 Plantios de *Pinus*

As florestas plantadas com espécies do gênero *Pinus* no Brasil ocupam aproximadamente 1,76 milhões de hectares, ou seja, cerca de 25,2% do total das florestas plantadas no país. Ressalta-se que, desse total, 80,0% da área está concentrada na região Sul do país devido às condições edafoclimáticas e à localização dos principais centros processadores desse tipo de madeira. (ABRAF, 2010)

A prática da silvicultura com o gênero *Pinus* na região Sul do Brasil ao longo dos últimos trinta e cinco anos, contribuiu para a mudanças socioeconômicas de diferentes áreas, pois permitiu a expansão da indústria de base florestal. Como principais polos figuram as indústrias de papel da região do norte paranaense, estado que lidera o ranking de área plantada de *Pinus*, com 39,9% da área total plantada em nível nacional. Ainda pode ser creditada ao *Pinus* toda a expansão do setor de papel e celulose no estado de Santa Catarina, que possui 31,1% da área total. (GRÁFICO 4)

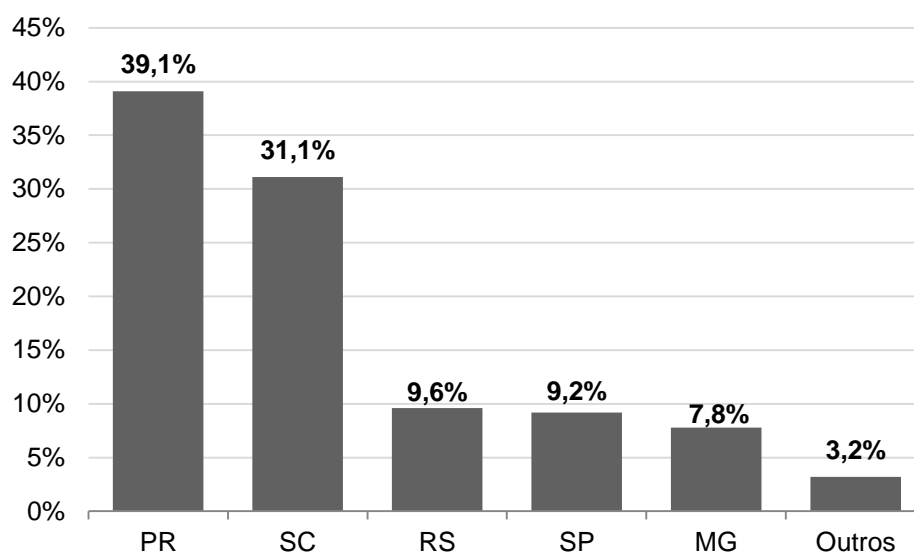


GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA PLANTADA COM PINUS POR ESTADO EM 2010.

FONTE: Adaptado do Anuário da ABRAF (2011)

A base florestal plantada com o gênero *Pinus* tem atraído novos investimentos e tecnologias, principalmente por parte das indústrias de painéis reconstituídos. Outro setor importante que aderiu à evolução tecnológica e ao uso e aplicação desta matéria prima foi o das indústrias de móveis e componentes de madeira, tais como painéis e molduras, especialmente no planalto norte do estado de Santa Catarina, no norte do estado do Paraná e no polo moveleiro do estado do Rio Grande do Sul.

2.2 PINUS TAEDA

Na década de 60, devido à previsão de escassez de matéria prima para celulose, houve necessidade de substituir o uso da *Araucaria angustifolia* na região Sul do Brasil. O *Pinus taeda*, espécie nativa do Sudeste dos EUA e introduzido no país na década de 30 (KRONKA et al., 2005), surgiu como uma alternativa que teve muita aceitação, tornando esta região a detentora da maior área plantada de *Pinus* na época (8.680 quilômetros quadrados). A disponibilidade de sementes, a adaptação ao solo seco e arenoso, e o fato de não ser afetada pelas geadas anuais, foram fatores importantes para sua fixação nesta região.

Segundo dados do Anuário Estatístico da ABRAF (2011), no Brasil 70% dos plantios do gênero *Pinus* são formados com a espécie *Pinus taeda* e 20% com *Pinus elliottii*. Outras espécies chamadas tropicais são encontradas em regiões mais quentes, especialmente nos estados de Minas Gerais, Bahia e Mato Grosso do Sul. Algumas empresas paranaenses e catarinenses também iniciaram, experimentalmente, o plantio de *Pinus* tropicais, com destaque para as espécies *Pinus caribea*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. maximinoii* e *P. tecunumanii*.

Considerando a área de florestas plantadas com o gênero *Pinus* no Brasil (1,76 milhões ha), bem como a estimativa média anual ponderada de incremento dessas florestas (15-25 m³/ha/ano), a produção sustentada (oferta potencial) é de aproximadamente 42,4 milhões de m³/ano. Os estados do Paraná e Santa Catarina respondem por 72,6% dessa produção potencial. O consumo presente de madeira de *Pinus* para fins industriais no Brasil soma aproximadamente 51 milhões de m³/ano, e está concentrado principalmente no segmento de madeira serrada. (ABRAF, 2011)

O *Pinus* e o *Eucalyptus* têm se tornado uma fonte de renda e um negócio promissor para pequenos produtores, devido o grande consumo de matéria-prima pelas indústrias de papel e de móveis.

2.3 CONTEXTO GERAL SOBRE REGIMES DE MANEJO

O manejo florestal pode ser definido como a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema. Está diretamente relacionado com o planejamento florestal, que encerra em seu bojo atividades de avaliação das características da floresta, o seu ordenamento produtivo e o aproveitamento de seus produtos em bases racionais.

Conforme Arce (1997), o manejo florestal baseia-se em critérios inerentes à floresta, como densidade, incrementos corrente e médio, valor econômico, dentre outros. Essa consideração é extremamente correta se o objetivo do manejo florestal for maximizar a produção ou o valor econômico da floresta em pé. Porém, de nada serve uma floresta produtiva bem manejada se a mesma estiver longe dos centros de consumo ou com dificuldades consideráveis de acesso. Portanto, o manejo florestal deste tipo de florestas produtivas não pode e nem deve desconsiderar o ciclo completo que a matéria-prima florestal percorre: plantio, crescimento, podas e/ou desbastes, corte final, transporte e industrialização.

Do ponto de vista silvicultural, segundo Sanquetta et al (2003), para uma mesma espécie e um mesmo sítio, a escolha do espaçamento inicial de plantio influenciará no número de tratos silviculturais a serem efetuados, na taxa de crescimento, no volume de madeira produzido, no sortimento, na taxa de mortalidade e dominância, no manejo e na colheita, nos custos de produção, dentre outros. Particularmente para o gênero *Pinus*, os desbastes têm sido uma das mais importantes alternativas silviculturais, influenciando no crescimento e produção das árvores, nas suas dimensões, vigor e qualidade e na regulação da densidade do povoamento (SCOLFORO & MACHADO, 1996). Segundo Gomes (1999), o manejo adequado da floresta para produção de madeira para diferentes usos torna-se, dentro desse contexto, fundamental para aumentar rentabilidade e reduzir riscos de projetos florestais.

Sanquetta et al. (2003) citam que vários autores abordaram com bastante propriedade a questão da seleção de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus*. Enquanto Ahrens (1992) empregou Programação Dinâmica e Volpi (1997) baseou-se em Programação Linear, Gomes (1999) e Acerbi Jr. (1998) utilizaram Técnicas de Simulação na definição do melhor regime de desbastes. Esses autores basearam suas escolhas no maior valor médio de volume de madeira, desconsiderando as possíveis diferenças ou igualdades estatísticas entre os regimes comparados.

As empresas florestais procuram um retorno econômico dos seus plantios, apostando na aplicação de um sistema de controle das limitações impostas pelo crescimento das florestas e por outras características, como preços da madeira, preços de terra, localização geográfica, qualidade de sítio, taxas de juros, custos diretos e indiretos, dentre outras. Desta forma, estas buscam um manejo florestal efetivo onde o incremento no valor econômico e/ou social da floresta seja maior do que os juros acumulados dos custos dos tratamentos (ALDER, 1980). Assim, das estimativas de demandas futuras e dos recursos disponíveis para aplicação nos plantios florestais surge o planejamento florestal de longo prazo, visando apoiar a tomada de decisão no que diz respeito ao melhor aproveitamento dos plantios, tendo a produção maximizada, porém os custos minimizados, além de outras decisões de caráter estratégico.

2.4 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

O planejamento da produção tem como principal objetivo indicar opções de manejo que atendam os objetivos do empreendimento. Existem na literatura diversas definições sobre o significado do termo planejamento. Entretanto observa-se um senso comum que associa o planejamento à ideia de adiantar-se ao tempo com o objetivo de prever situações futuras (LLERA, 1996).

Segundo Hosokawa (1982) o planejamento da produção florestal seria o ordenamento da floresta tanto em aperfeiçoamento da produção madeireira e da

produção financeira, quanto da produção de benefícios indiretos (sociais e ecológicos) a um custo mínimo, sejam eles custos de produção, sociais ou ecológicos. Para tanto, são necessárias informações de ordem biológica, biométrica, econométrica, ergonômica, sociológica e ecológica.

No planejamento da produção de uma empresa florestal, para qualquer finalidade industrial, devem ser avaliados vários aspectos que exercem influência direta ou indireta no custo final da produção. Desta forma, auxiliará tanto na tomada de decisão quanto na busca da otimização da atividade florestal. A seleção de regimes de manejo que contemplam a escolha do espaçamento inicial, do tipo de desbaste e da idade de corte, depende muito do uso final da madeira provenientes dos cortes. Os regimes de manejo são definidos a partir de aspectos quantitativos e qualitativos da madeira, do tempo e intensidade das intervenções na floresta (desbastes, podas), e de tratamentos silviculturais.

2.5 REGIMES DE MANEJO

Um regime de manejo significa um conjunto de decisões ou atividades que são implantadas em determinado estrato florestal: densidade inicial de plantio, número e intensidade de podas e desbastes, além da definição da idade do corte final.

2.5.1 Densidade Inicial

A densidade do povoamento é o principal fator de produção que o silvicultor pode controlar durante o desenvolvimento da floresta. A estimativa do crescimento é uma etapa essencial no ordenamento florestal. Qualquer planejamento implica na predição do crescimento (SPURR, 1952).

Densidades iniciais elevadas do plantio, ou seja, número elevado de árvores plantadas, favorecem uma maior competição e um desenvolvimento mais lento, exigindo práticas de desbaste para que o plantio não alcance a estagnação precocemente. Densidades baixas, ou seja, plantios com maior espaçamento, beneficiam o crescimento individual das árvores, porém limitam a produção de madeira com valor agregado devido à ramificação excessiva e conseqüentemente maior número de nós. Botelho (1996) afirmou que a recomendação de um espaçamento não pode ser generalizada, devendo-se levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos do manejo e as condições de mercado, bem como os métodos de colheita da madeira.

Smith e Strub (1991) consideraram que para espécies do gênero *Pinus* da região sul dos Estados Unidos, os melhores espaçamentos estão na faixa de 2,4 x 2,4 m a 3,0 x 3,0 m, que proporcionam um número entre 1.111 a 1.736 árvores por ha. Os autores consideram que este estoque é baixo o suficiente para produzir árvores de tamanho adequado e um bom volume por hectare em rotações de 20 a 30 anos, em sítios bons sem desbaste, se as condições de mercado são garantidas. Essa faixa de espaçamento tem a vantagem de permitir acesso de equipamentos pequenos e médios para operações de manutenção e manejo, como controle de ervas daninhas, adubação e desbaste.

Acerbi Jr. (1999) recomenda que para um índice de sítio 28,5 m na idade de referência de 20 anos, com densidade de 1.667 árvores por hectare e desbastes no 12º e no 14º ano, podem ser mantidos remanescentes de entre 800 e 400 a 600 árvores/ha, respectivamente. O corte final deve ser efetuado aos 21 ou 22 anos. Já para um índice de sítio de 25,5 m, o mesmo autor sugere ainda plantar 1.667 árvores por hectare com desbastes no 12º e 14º ano, deixando entre 800 a 900, e 400 árvores/ha remanescentes, respectivamente. O corte final deve ser efetuado aos 22 anos e, por fim, para o índice de sítio 22,5 m, sugere-se plantar 1.333 árvores por hectare com desbastes similares aos do índice de sítio 25,5 m, assim como o corte final.

De um modo geral, os resultados de experimentos de Acerbi Jr. (1999) com espaçamentos indicam que:

- O aumento do espaçamento tende a acarretar um leve aumento na média da altura das árvores;
- Não afeta a média de altura das árvores dominantes;
- O maior espaçamento causa um aumento acentuado na média do DAP das árvores, o qual aumenta de dimensão progressivamente com a idade;
- O maior espaçamento provoca uma diminuição da área basal e uma menor produção volumétrica total da madeira nas idades iniciais, sendo que com o decorrer do tempo as diferenças decrescem e se anulam quando se utiliza o potencial do sítio, assim como conduz a um aumento do volume individual médio das árvores, permitindo a produção de madeira com uma maior gama de possibilidades de uso e maior valor agregado.

2.5.2 Desbastes

Denomina-se "desbaste" à operação de corte pela qual se reduz o número de árvores em um povoamento florestal (EVANS, 1984). Um programa ou regime de desbastes é, portanto, uma série de intervenções na vida de um povoamento florestal objetivando a redução da sua densidade, avaliada em termos de "área basal" ou "número de árvores por unidade de área", com o propósito de maximizar o valor líquido da madeira removida durante toda a rotação (SMITH, 1986). Dentre os fatores que determinam o valor da madeira estão a quantidade, a qualidade e as dimensões das toras, assim como os custos de colheita e do seu posterior processamento.

Conforme Gomes (2002) a prática de desbaste exige maior densidade de plantio e maior idade de rotação, em relação à adoção de regimes sem desbaste. As melhores alternativas de densidade inicial, idade, intensidade de desbaste e rotação, variam com a capacidade produtiva (sítio) e com as variáveis de custos silviculturais como a poda.

Outros fatores que podem influenciar são a taxa de desconto, custo de colheita, custo de transporte dos diferentes produtos e preço da madeira.

Segundo Ahrens (1987), as únicas razões efetivamente justificadas para o estabelecimento de florestas de produção com elevada densidade inicial de plantas por unidade de área são a possibilidade de selecionar as árvores que irão compor o estoque disponível para o corte final, e a remoção de árvores em cortes intermediários durante a rotação, produzindo, desta forma, rendas antecipadas e que irão contribuir para com as questões econômicas do empreendimento.

Levando-se em conta esses aspectos e considerando a necessidade principal de abastecimento da fábrica de papel em indústrias verticalizadas, por exemplo, a realização de desbastes passa a ter dois propósitos principais: aumento da rentabilidade dos projetos florestais e suprimento da fábrica, pela madeira retirada nos desbastes. Por outro lado, quando o objetivo é agregar valor na madeira, faz-se maior número de desbastes e podas.

2.5.3 Poda

A desrama ou poda é a eliminação dos ramos laterais do tronco de árvore com o objetivo de produção de madeira livre de nós. Há dois tipos principais de desrama, a alta e a baixa. Segundo Evans (1992), a desrama baixa, quando realizada logo após o fechamento da copa e a uma altura mínima de 2 metros, serve para: a) permitir o acesso ao talhão para inspeção e marcação do desbaste; b) reduzir o risco de fogo, diminuindo a chance do fogo de chão atingir a copa da árvore; c) facilitar o corte das árvores nas operações de desbaste; d) produz madeira livre de nós na base da árvore onde se concentram as toras de maior diâmetro da floresta.

Quando o objetivo é produzir madeira para processamento mecânico, em serrarias e laminadoras, a prática da poda torna-se muito mais apropriada. Certamente, a concepção e a implantação de um regime de poda adequado poderão contribuir

substancialmente para a produção de madeira de elevado valor comercial, principalmente se o interesse for madeira livre de nós, para agregar valor à madeira, como é o exemplo deste estudo.

Produtora de *Pinus radiata*, a Nova Zelândia é um exemplo de que a poda ou desrama das árvores pode trazer retornos importantes para a atividade florestal. Estudos mostraram que a madeira livre de nós (*clearwood*) chega a valer 2,25 vezes mais que a madeira com nós. Quando se planeja a desrama ou poda das árvores, estas devem vir acompanhadas, antes ou depois, de desbastes (COUTO, 1995).

A definição da frequência e intensidade da desrama deve seguir algumas premissas básicas, sempre vinculadas ao objetivo da produção (COUTO, 1995). Segundo o autor, para obter a madeira livre de nós ou nós de pequenas dimensões, as desramas devem ser verdes e, portanto, realizadas o mais cedo possível. Em relação à intensidade de desrama, coníferas mostram que a poda dos ramos até dois terços da copa não afetam significativamente o crescimento das árvores, e que a poda baixa pode até melhorar o crescimento.

2.5.4 Rotação

A rotação é o número de anos decorridos entre a formação de uma floresta e seu corte final. A idade ótima de corte de um talhão florestal, ou seja, sua rotação independentemente dos demais, pode ser definida em termos volumétricos ou econômicos. (EVANS,1992)

Ahrens (1992) e Newman (1988) assumem o pressuposto que após o corte da floresta atual uma nova floresta será plantada na mesma área. Florestas conduzidas por meio de rotações que maximizam o incremento médio anual (IMA) resultam na ocupação da menor área possível para a mesma produção volumétrica. Neste caso, a idade é definida independentemente de questões econômicas, como o valor dos produtos obtidos com o corte da floresta, o custo de oportunidade do capital imobilizado e o tempo de ocupação da terra em cada rotação florestal.

2.6 REGIMES DE MANEJO EM FUNÇÃO DO OBJETIVO DA PRODUÇÃO

A definição de quais técnicas de manejo empregar em plantios de *Pinus spp.* em função do objetivo da produção é um dos principais problemas na administração florestal nas empresas de médio e grande porte. Sendo assim, o planejamento deve levar em consideração as condições que o mercado oferece para os diversos produtos que podem ser obtidos em função do regime adotado. Os empreendimentos florestais visam o uso múltiplo da floresta, levando a três situações comumente encontradas em povoamentos de *Pinus spp.*: *Pulpwood*, *Utility* e *Clearwood*. As mesmas são detalhados nos próximos itens.

2.6.1 Produção de madeira para processamento de fibras (*Pulpwood*)

Conforme Scolforo (1997), a prioridade do regime “*pulpwood*” (ou ainda madeira fina para processo) é a produção de madeira de menor dimensão para uso em indústrias de papel e celulose e de painéis reconstituídos. Este tipo de regime de manejo, em povoamentos de *Pinus spp.* no Brasil, não considera a adoção de desbastes, sendo que o corte raso ocorre em torno dos 15 anos de idade e a densidade de plantio geralmente é maior que nos outros regimes (GOMES, 1995; SCOLFORO, 1997)

Bredenkamp (1980) verificou que a produção volumétrica de madeira fina para povoamentos de *Pinus patula* na Índia é maximizada com o uso de uma densidade inicial de 2.430 árvores por hectare e corte raso aos 16 anos de idade.

Kaul e Sharma (1982) avaliaram diferentes densidades de plantio em povoamentos de *Pinus caribaea* na Índia e concluíram que a maximização da produção em volume para celulose aos 9 anos de idade é alcançada com o uso do menor espaçamento (2,0m X 2,0m). No entanto, para o corte raso nas idades subsequentes,

os autores sugerem um espaçamento inicial entre 2,0m X 2,0m e 2,5m X 2,5m, uma vez que espaçamentos mais amplos tendem a reduzir o efeito da mortalidade.

Ahrens (1987) identificou que quando o propósito da produção for o suprimento de matéria-prima para processamento de fibras as rotações devem ser curtas, sugerindo 15 anos em regime sem desbaste ou 20 anos quando um ou dois desbastes, no máximo, forem necessários. Além disso, a rotação ficará condicionada às características da madeira a ser produzida. Indústrias de produção de chapas de partículas de madeira aglomerada, por exemplo, têm preferência pela madeira com densidade básica baixa. Por outro lado, na indústria de celulose, é preferível processar madeira com densidade básica elevada, pois esta característica afeta positivamente o rendimento industrial.

2.6.2 Produção de madeira multiprodutos (*Utility*)

Segundo Scolforo (1997), o regime denominado “*utility*” possibilita a obtenção de toras nas mais variadas bitolas, o que permite o atendimento de mercados variados. Este regime é o mais comum nas empresas florestais brasileiras, caracterizando-se pela realização de dois a três desbastes periódicos.

Quando as condições de mercado justificam desbastes precoces e frequentes, espaçamentos menores podem ser adotados, ou seja, se o material de menor diâmetro pode ser vendido com lucro ou, pelo menos, pelo preço dos custos inicial do plantio e desbaste, os espaçamentos pequenos podem apresentar vantagens. Onde não existem condições de mercado para o material dos desbastes iniciais ou onde o custo de colheita é muito alto, os espaçamentos maiores devem ser preferidos (SCOLFORO,1997). Em geral a madeira gerada nesse regime, que pode ser considerada como pertencente a uma classe intermediária é, sobretudo, utilizada pela indústria de serrados e compensados.

2.6.3 Produção de madeira livre de nós (*Clearwood*)

Conforme Maestri (1994) no regime de manejo cujo objetivo é a produção de madeira de maiores dimensões e livres de nós, denominado “*clearwood*”, as técnicas mais adequadas envolvem a adoção de espaçamentos mais amplos, de 900 a 1.300 plantas por hectare, e a realização de desbastes pré-comerciais aos três ou quatro anos de idade, para 500 a 800 árvores remanescentes por hectare. Esse sortimento de madeira, que possui maior valor agregado, é utilizado principalmente pela indústria de laminados e compensados.

2.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA DO REGIME DE MANEJO

A escolha dos regimes de manejo é feita por meio de uma análise conjunta dos componentes que devem ser avaliados para o planejamento florestal. Vários são os fatores que influenciam na rentabilidade e na escolha do melhor regime, como sítio, preço da madeira, taxa de desconto, custo da terra, custo de colheita e custo de transporte.

2.7.1 Sítio

A classificação das propriedades florestais quanto aos diferentes níveis de produtividade é fundamental para a condução das florestas. Destes níveis dependem: a dimensão final dos produtos nas várias idades, a viabilidade de projetos florestais, as prescrições de manejo e de conservação do solo a serem adotadas, a instalação de experimentos, a introdução de espécies. A classificação de sítio indica as possibilidades e riscos para o manejo das florestas, servindo como base para o planejamento de curto e longo prazo (SCOLFORO, 1992).

Davis (1966) apresentou a definição de sítio adotada pela Sociedade Americana de Engenheiros Florestais, como sendo a área considerada segundo os seus fatores ecológicos em relação à sua capacidade de produzir florestas ou outra vegetação sob a combinação de condições biológicas, climáticas e edáficas.

A variável dendrométrica mais utilizada para estimar a qualidade do sítio é a altura dominante em determinada idade de referência, principalmente por não ser influenciada por desbastes por baixo e nem ser afetada pela densidade do povoamento. Assim, a qualidade dos diferentes sítios é expressa por curvas de crescimento que relacionam a altura dominante com a idade.

O sítio está relacionado com o preço máximo a ser pago pelo fator terra para fins florestais (BERGER, 1982). Segundo este autor, em terras mais produtivas a idade de corte será menor, pois o sítio está relacionado com a capacidade produtiva de uma área. Quando se trata da produção de madeira com maior valor agregado, é de se esperar que em locais de melhor qualidade de sítio, maiores densidades de plantios sejam preferíveis, uma vez que, nesses sítios, ocorre maior variabilidade de diâmetros em relação aos sítios menos produtivos, permitindo a melhor seleção das árvores que serão favorecidas pelos desbastes.

2.7.2 Preço da Madeira

Rezende *et al.* (1994) relatam que as variações do preço na madeira influenciam na idade ótima de corte. Quando as taxas de crescimento volumétrico superam a taxa de desconto, elevações no preço da madeira resultam no adiantamento da idade de corte. Por outro lado, quando a taxa de crescimento é inferior à taxa de desconto, elevações no preço da madeira resultam na antecipação da rotação, uma vez que o custo de oportunidade do capital investido no povoamento supera o incremento no valor do povoamento e, deste modo, o investidor tende a obter a receita num menor espaço de tempo. Oliveira (1995) verificou que um acréscimo de 30% no preço de toras para

laminação especial (diâmetro mínimo maior que 35 cm) provoca aumento de dois anos na idade ótima de rotação, em povoamentos de *Pinus taeda*, em regime para usos múltiplos.

No estado de Santa Catarina ocorreram oscilações nos preços da madeira desde 2009, diretamente afetados pelas variações do mercado nacional (oferta x demanda). Em função da crise econômica internacional observada nos anos 2009 e 2010, a redução na demanda externa por produtos madeireiros impactou significativamente os preços nominais da madeira de *Pinus* também na região sul do Brasil, os quais iniciam sua recuperação apenas no decorrer do ano de 2010. Pode ser observado no GRÁFICO 5 a evolução dos preços de madeira em pé no estado a partir do primeiro trimestre de 2009.

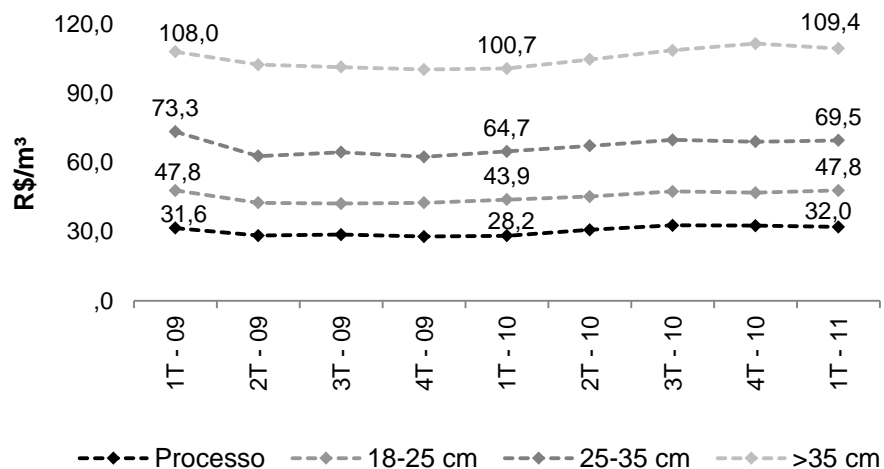


GRÁFICO 5 - EVOLUÇÃO DE PREÇOS DE MADEIRA DE PINUS POR SORTIMENTO POR TRIMESTRE NO ESTADO DE SANTA CATARINA (R\$/m³ em pé).

FONTE: Adaptado de Radar Pöyry Silviconsult, (2011).

Os preços de *Pinus*, para os diferentes sortimentos apresentaram tendência constante entre 2007 e 2011. Comparado com o cenário pré-crise, os preços apresentaram tendência de queda, resultado devido principalmente da valorização do

Real (moeda brasileira) em relação ao dólar dos EUA, que reduziu as margens para os exportadores de diversos produtos florestais. (PÖYRY SILVICONCONSULT, 2011)

Segundo o IPEA (2011), o Índice de Preço ao Consumidor (IPCA), que mede a inflação brasileira oficial, registrou um aumento de 5,8%, acima da meta estabelecida pelo Banco Central (BC) de 4,5% e em um nível equivalente ao apresentado em 2008. Segundo o IBGE (2011), 40% do IPCA vêm do aumento nos preços dos alimentos, que subiram 10,4% em 2010.

Com respeito ao câmbio externo, a taxaço do investimento estrangeiro no mercado de ações brasileiro suavizou apenas temporariamente a queda do dólar. O preço médio em 2010, em uma tendência de queda, foi de R\$ 1,76/US\$ 1,00, ou seja, 12% abaixo do indicador de 2009. A taxa básica de juros (Selic) média de 2010 foi de 10% ao ano, um aumento de 0,1% em relação a 2009 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2011).

2.7.3 Taxa de desconto

A taxa de desconto é usada para descontar valores futuros tornando-os comparáveis a valores presentes, ou capitalizar valores presentes para compará-los a valores futuros. Dessa forma, a taxa de desconto depende das oportunidades que se renunciam quando se aplica o capital disponível para determinado fim (OLIVEIRA, 1995). Geralmente esta taxa é escolhida analisando o retorno que o empreendimento pode dar. Porém, a tomada de decisão será baseada em fatores como nível de maturidade do mercado, perfil dos consumidores, segmento industrial, nível de concentração da região estudada, dentre outros.

A taxa de desconto varia de acordo com os níveis de risco e os perfis avaliados. Segundo Lima Junior, Rezende e Oliveira (1997) comumente no setor florestal tem se escolhido arbitrariamente uma taxa de desconto, variando na amplitude de 4 a 15% ao ano. Entretanto, esses autores indicaram a necessidade de escolha da uma taxa de

desconto adequada, embasada no índice de risco, horizonte de planejamento ou duração de projetos, taxa de inflação, preferência por liquidez, produtividade do capital e posição particular do investidor (valor patrimonial da empresa).

2.7.4 Custo da terra

Nos últimos anos, notadamente após o término da lei dos incentivos fiscais para reflorestamento ocorrido em 1986, o custo da terra começou a tomar uma importância bastante grande. Além das restrições ambientais e das ameaças de desapropriação e invasões, os gestores começaram a observar que a rentabilidade das atividades florestais e mesmo dos empreendimentos floresta-indústria, ficava bastante condicionada à quantidade de terra imobilizada no ativo das empresas. Aumentar a produção de madeira implica em investir mais em terras ou partir para programas alternativos como fomento e arrendamento de terra (BERGER, 2005).

Leuschner (1984), afirmou que o custo da terra pressupõe que o proprietário florestal tem a possibilidade de vender a terra para reinvestir o capital em alternativas. Esse mesmo autor indica que a inclusão do custo da terra em critérios de análise econômica de alternativas de manejo diminui a idade ótima de rotação.

O alto custo da terra é um dos principais fatores do decréscimo do interesse na atividade florestal, com sérias consequências para o mercado madeireiro. Grandes parques industriais exigem a continuidade da atividade florestal, onde o principal fator de produção, a terra, representa uma imensa imobilização de recursos. Desta forma, a otimização da capacidade de produção e do uso do solo, representa uma enorme economia de recursos necessários para a compra de terras.

Rezende (1987) concluiu que o custo da terra não pode ser considerado nulo, ignorado na avaliação de projetos florestais, seja para cálculo de viabilidade econômica do projeto, cálculo de custo de produção de madeira ou determinação da idade ótima

de corte do povoamento. Concluiu também que variações no custo da terra afetam de maneira inversa a idade ótima de corte.

2.7.5 Custo da colheita

A colheita florestal compreendida em suas três atividades básicas, ou seja, corte, extração e transporte, apresenta-se como o item de maior custo das atividades, podendo representar aproximadamente 80% do custo do metro cúbico de formação da floresta em condições de corte (TANAKA, 1986).

Machado e Lopes (2000) afirmaram que a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor. Portanto, a seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais de colheita e transporte florestal.

Por outro lado, Oliveira (1995) verificou que alterações nos custos de colheita não produzem mudanças significativas na rentabilidade de regimes de manejo para usos múltiplos em povoamentos de *Pinus taeda*. Avaliando regimes de manejo para usos múltiplos desse gênero, verificou-se que mesmo em terrenos acidentados, onde os custos de colheita são maiores, a implementação de técnicas de manejo adequadas fornece alta rentabilidade (ACERBI JR., 1998).

2.7.6 Custo de Transporte

No Brasil, Martini e Leite (1988), destacaram que o transporte representa de 40% a 50% do custo de madeira posto-fábrica e o aumento do raio de transporte aumenta significativamente esta participação. Cozzo (1976) obteve resultados na Argentina similares a Arce (1997) no Brasil, referentes ao transporte de madeira.

Com base nessas informações, torna-se bastante clara a necessidade de se considerar o custo de transporte no planejamento florestal. As técnicas de manejo certamente irão variar em função da localização dos povoamentos. Diante desta condição a planificação do abastecimento representa a manutenção da competitividade da indústria e da própria viabilização econômica da produção de madeira.

Conforme Ahrens (1992), dentro de uma mesma propriedade florestal, a produção de madeira para processamento mecânico (serraria e laminação), devido aos preços mais altos pagos pelas toras de grandes dimensões, pode ser praticada em talhões localizados a maiores distâncias que aqueles destinados à produção de madeira para processamento de fibras.

2.8 SIMULAÇÃO FLORESTAL

O termo “simulação” é extremamente amplo e, basicamente, pode ser definido como o processo de elaboração de um modelo de um sistema real (ou hipotético) e a condução de experimentos com a finalidade de entender o comportamento de um sistema ou avaliar sua operação (Shannon, 1975).

A simulação é o ato de imitar um procedimento real em menor tempo e com menor custo, permitindo um melhor estudo do que vai acontecer e de como consertar erros que gerariam grandes gastos (LAW e KELTON, 2000).

O termo “simulação” difere do termo “modelagem”, pois não é simplesmente a reprodução de resultados de um modelo matemático, e sim uma técnica para testar as características teóricas e práticas de modelos pela avaliação de condicionantes. Em outras palavras, corresponde a uma técnica que permite testar as consequências de alterações nas situações originais em que um modelo foi concebido.

Sargent (1991) procura explicar a diferença entre o modelo conceitual e o modelo computacional. Segundo este autor, o modelo conceitual é a representação matemática, lógica ou verbal do problema, e o modelo computacional é o modelo

conceitual implementado em um computador. O modelo conceitual é desenvolvido através de fases de análise e modelagem, e o modelo computacional é desenvolvido através de uma programação computacional e uma fase de implementação.

É importante que decisões concernentes ao manejo de recursos florestais sejam baseadas em um estudo sistemático e analítico, isto é, o planejamento propriamente dito, que não são apenas suposições sobre modelos conceituais. A técnica de simulação não responde todas as questões, especialmente aquelas não quantitativas por natureza, mas, em geral, é considerada uma ferramenta muito útil para a compreensão, o planejamento e o manejo de recursos florestais.

2.9 INDICADORES ECONÔMICOS

Os métodos de aplicação dos critérios para a análise econômica na área florestal são o Valor Líquido Presente (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), a relação benefício-custo (R_i) e período de recuperação de investimento (*payback*). A avaliação desses métodos é de fundamental importância para a melhor tomada de decisão na elaboração de projetos de manejo florestal a serem adotados. Todos esses critérios levam em conta a variação do capital no tempo, mas cada um aponta diferentes aspectos relacionados ao projeto (SILVA e FONTES, 2005).

Para Berger (1980), são muitos os critérios sugeridos e utilizados para avaliar alternativas de investimento ou desenvolvimento de projetos. Dentre os mais conhecidos e empregados, destacam-se o VPL, a TIR e a relação B/C. Nesse estudo foram analisados dois destes indicadores: VPL e TIR, além do VPLA (VPL anualizado).

2.9.1 Indicadores de Retorno

2.9.1.1 Valor presente líquido (VPL)

É a ferramenta mais utilizada para avaliação de projetos e empreendimentos. Consiste na concentração de todos os valores esperados do fluxo de caixa na data zero, sendo descontada a Taxa de Mínima Atratividade (TMA) (SOUZA e CLEMENTE, 2004). Segundo Rezende e Oliveira (2001), a fórmula representa a diferença entre a soma nos anos j do valor presente das receitas (R_j) e dos custos (C_j) de um projeto.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1 + i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1 + i)^{-j} \quad (1)$$

em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

C_j = custo no final do ano j ;

R_j = receita no final do ano j ;

i = taxa de desconto;

j = período em que as receitas ou custos ocorrem;

n = duração do projeto, em anos (período de planejamento).

Segundo Souza e Clemente (2004), um valor positivo do VPL indica que o investimento foi recuperado e remunerou também aquilo que teria sido ganho caso fosse aplicado na TMA. A informação do VPL, embora útil, não é suficiente para suportar uma decisão de investimentos por não permitir aquilatar a magnitude do retorno obtido, e caso seja maior que zero, o projeto deve continuar sendo analisado.

2.9.1.2 Valor Presente Líquido anualizado (VPLA)

O VPLA é muito utilizado quando se trata de projetos de longa duração ou para comparação de projetos com horizontes de planejamento diferentes. Trata-se da

distribuição do VPL em anos, como se fossem pagamentos anuais equivalentes, calculado por meio da fórmula citada por Rezende e Oliveira (2001).

$$VPLA = VPL \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2)$$

em que:

n = duração do projeto em anos;

i = taxa unitária de juros, relativos ao intervalo de tempo do fluxo de caixa.

O VPLA permite distribuir o ganho por ano e essa informação já permite melhor avaliação da magnitude do mesmo entre opções com horizontes de planejamento diferentes. A falha comum do VPL e do VPLA, para expressar o retorno do investimento, reside no fato de ambos expressarem em valores monetários absolutos e não em valores relativos, como é usual no mercado, ressalta-se que é importante adotar um indicador que meça em valores absolutos o tamanho do negócio.

2.9.1.3 Razão Benefício-Custo (R_i)

O R_i visa, em parte, corrigir a falha do VPL e do VPLA que é a de expressarem o retorno em valores absolutos. O R_i é um indicador relativo e mede a expectativa de ganho por unidade de capital investido no projeto em relação ao que teria sido ganho se este capital fosse aplicado na TMA. Pode ser interpretado como a rentabilidade real esperada para todo o horizonte de planejamento do projeto. Conforme Rezende e Oliveira (2001) o R_i nada mais é do que a razão entre o valor presente do fluxo esperado de receitas líquidas e o valor presente do fluxo de custos, apresentado na fórmula a seguir.

$$R_{(i)} = \frac{VB_{(i)}}{VC_{(i)}} \quad (3)$$

em que:

$R_{(i)}$ = razão benefício-custo à taxa de desconto i ;

$VB_{(i)}$ = valor presente à taxa de i da sequência de benefícios;

$VC_{(i)}$ = valor presente à taxa de i da sucessão de custos.

O R_i , assim como o VPL, não deve ser usado para comparar projetos com horizontes de planejamento distintos, pois ele mede a rentabilidade do projeto para todo o seu horizonte de planejamento.

2.9.2 Indicadores de Risco

2.9.2.1 Taxa interna de retorno (TIR)

É a taxa de juros que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero, ou seja, é a taxa segundo a qual o fluxo de benefícios de um projeto trazido a valor presente e deduzido o investimento resulta em $VPL = 0$ e representa um limite para variação da TMA, embora possa ser usado também como uma estimativa do limite superior da rentabilidade do projeto. Algebricamente, a TIR é a taxa de desconto i , real e não negativa, para a qual se verifica a seguinte relação (Rezende e Oliveira, 2001).

$$\sum_{j=0}^n R_j (1 + i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1 + i)^{-j} = 0 \quad (4)$$

em que:

R_j = receita no final do ano j ;

C_j = custo no final do ano j ;

j = período em que as receitas ou custos ocorrem;

n = duração do projeto, em anos, ou período de planejamento.

Dentre os métodos de análise mais utilizados, a combinação entre VLP e TIR é a mais atrativa, sendo seu uso bastante consolidado entre os empresários, pois fornece a taxa real de juros em uma operação financeira. Pode ser entendida como a taxa percentual de retorno do capital investido e representa uma taxa de juro tal que, se o capital investido tivesse sido colocado a essa taxa, seria obtida exatamente a mesma taxa de rentabilidade final, tornando o VPL zero (SILVA, JACOVINE e VALVERDE, 2005).

Esta taxa é considerada como o indicador fundamental para análise de viabilidade e seleção de propostas de investimento em novos projetos. A regra de decisão indica que somente devem ser feitos investimentos se a TIR for maior que a taxa de juros no mercado financeiro, neste caso o da caderneta de poupança (que enquanto a Meta da Taxa SELIC for maior que 8,5% ao ano, remunera 0,5% ao mês (6,17% ao ano) mais a Taxa de Referência). A escolha de um investimento deve, necessariamente, recair sobre aquele que tiver a maior TIR. Quanto maior for a TIR mais desejável é o investimento. (MATSUSHITA, 2006)

Souza e Kreuz (2003) argumentam que a TIR também pode ser usada como medida de risco. Quanto mais próximo a TIR estiver da TMA maior será o risco. Enquanto a TIR for maior que a TMA, evidencia-se que há mais ganho investindo-se no projeto do que no mercado. Portanto toma-se a TIR também como um parâmetro de ganho. O risco associado à proximidade da TMA com a TIR também pode ser verificado na forma de índice calculando-se:

$$0 < \text{Índice TMA/TIR} \leq 1$$

Esta comparação de TIR com TMA é uma alternativa para padronizar a percepção de risco e poder comparar projetos. O risco aumenta quando essa relação tende para um.

2.9.2.2 Período de recuperação do investimento (*payback*)

O período de recuperação do investimento é definido por Brigham (1999), como sendo o número esperado ou exigido de anos para recuperar o investimento original. O processo é simples: somam-se os fluxos futuros de caixa para cada ano até que o custo inicial de capital do projeto seja pelo menos coberto. O tempo total, incluindo-se a fração de um ano, para recuperar a quantia original investida, constitui o período de *payback*.

Devido à tendência de mudanças na economia é importante saber o tempo de recuperação dos investimentos. O procedimento para o cálculo é encontrar o número de períodos (x) que torne o fluxo de recebimentos líquidos igual ao fluxo de investimentos.

Todo projeto deve ter um prazo limite para retornar os investimentos. Se o *payback* for menor que o período de *payback* máximo aceitável, aceita-se o projeto. Por outro lado, se o *payback* for maior que o período de *payback* máximo aceitável, rejeita-se o projeto (MARTINELLI; BATOCCHIO, 1999).

Segundo os mesmos autores, a vantagem da técnica de *payback* é a maior facilidade de se fazer o cálculo, pois se consideram apenas os valores de entradas e saídas de caixa, demonstrados em diagrama de fluxo de caixa, por exemplo. A principal deficiência do *payback* é a de não poder indicar com exatidão o período exato do retorno do investimento, pois desconsidera o valor do dinheiro no tempo. Por este motivo, esta técnica é considerada uma técnica não sofisticada.

Gitman (2001) recomenda que sejam analisadas as três técnicas simultaneamente, a saber:

1. Análise do *payback* do projeto, que indica o tempo de retorno do investimento;
2. Análise do VPL, que mostra se o projeto dará lucro ou prejuízo;
3. Análise da TIR, que informa se a taxa de retorno é atraente ou não.

2.10 OTIMIZAÇÃO

Os modelos matemáticos de otimização são ferramentas da pesquisa operacional destinadas à solução de problemas de decisão, ou ao menos à minimização de incertezas durante este processo. À semelhança de todos os modelos matemáticos, também os modelos matemáticos de otimização têm um caráter heurístico (*latu sensu*), preditivo e provisório, uma vez que a solução encontrada pelo modelo é apenas uma solução que verifica todas as condições impostas (SILVA, 2004).

Na linha de otimização, o simulador de crescimento e produção SISPINUS foi utilizado por Carnieri et al. (1991) como base geradora de dados para um sistema computadorizado de otimização para planejamento da produção florestal a longo prazo. O mesmo programa foi utilizado por Ahrens (1992) para um estudo da aplicação da programação dinâmica na determinação de regimes de manejo otimizados.

Segundo Brun (2002), ordenar extensos povoamentos florestais visando suprimentos futuros constantes e sustentáveis ainda permanece como uma prática desafiadora. O autor considera que os custos de produção, colheita e transporte resultam em uma parcela significativa do custo do produto final, e que é determinante a necessidade de se aperfeiçoar os meios pelos quais é possível reduzir o desembolso com a sua produção e/ou aquisição, principalmente em se tratando de grandes volumes anuais. O mesmo autor, diz que planejar também mantém um sentido implícito de considerar possibilidades futuras por meio de exercícios de prognose. A tomada de decisão focada na busca da otimização da atividade florestal compreende aspectos quantitativos e qualitativos da madeira, tempo e intensidade das intervenções na

floresta (desbastes, podas) entre outros, e a continuidade da atividade ou rendimento sustentado.

2.11 SOFTWARE DE APOIO

As últimas três décadas foram abundantes no que concerne à criação de sistemas para apoiar na gestão de ecossistemas e especificamente na gestão de recursos florestais. O Serviço Florestal Americano foi o pioneiro nessa área com o FORPLAN (JOHNSON *et al.*, 1986), primeira ferramenta analítica desenvolvida para criar planos de gestão florestal. Desde então, têm surgido vários sistemas vocacionados para a gestão dos ecossistemas florestais (SILVA, 2004).

Uma das plataformas utilizada para a resolução dos problemas é o *software* de otimização What's Best![®] da empresa *LINDO Systems*. Segundo Tsuda (2007), a grande vantagem deste *software* em relação aos demais de sua categoria é a interface com o *software* editor de planilhas Microsoft Office Excel versão 2010 e anteriores, uma aplicação bastante difundida, de fácil acesso para qualquer empresa e com uma interface amigável com o usuário. É baseado em planilhas que resolvem um problema apresentado matematicamente.

O FlorExel[®] é um sistema que foi desenvolvido visando auxiliar no processamento de informações florestais sem sair do ambiente da planilha eletrônica Microsoft Office Excel. Composto por funções florestais que podem ser chamadas da mesma maneira que as funções próprias do Excel (soma, média), possui adicionalmente módulos onde são combinadas estas funções juntamente com rotinas específicas para os cálculos mais comumente empregados no processamento de informações florestais. Para se obter estimativas do volume total em (m³), volume comercial (m³), e a geração dos coeficientes dos indicadores econômicos, foi utilizado o módulo de Simulação Florestal do FlorExel, o qual internamente aciona o simulador SisPinus[®] desenvolvido pelo CNPF-EMBRAPA.

2.12 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade é de suma importância para a avaliação de novos cenários. Uma vez obtida a solução ótima, variam-se alguns valores para analisar o comportamento das variáveis escolhidas (SILVA E BELDERRAIN, 2004)

O Diagrama Tornado, que é uma metodologia extremamente útil para a análise de sensibilidade dos dados, é comumente empregado por economistas e tomadores de decisão, tanto para prevenir os riscos do empreendimento, quanto para planejar uma estratégia para recuperação do mesmo, pois a análise mostra o comportamento das variáveis, e para facilitar a identificação, esse resultado é apresentado num gráfico de barras (ROTerdan E BELDERRAIN, 2004).

Segundo Sotille (2011), o gráfico é conhecido como Diagrama Tornado, pois em sua forma geral lembra um tornado (furacão) com a base do cone na parte superior. Quanto mais longa a barra, maior a sensibilidade da variável. A incerteza no parâmetro associado com a barra mais longa (no topo do gráfico) tem o máximo impacto no resultado. Cada barra sucessiva logo abaixo tem menor impacto. As extremidades das barras horizontais indicam o valor mais alto e mais baixo do fator.

O mesmo autor, afirma que em um projeto, ao focalizar a variável mais crítica, o Diagrama Tornado auxilia a classificar e priorizar as variáveis de acordo com seu impacto sobre o objetivo do projeto. É uma técnica utilizada para avaliar o impacto das incertezas, além de fornecer informações importantes ao estudo como, por exemplo, indicar o quanto as variáveis independentes analisadas afetam a sensibilidade da variável dependente. O Diagrama Tornado é aplicável a uma ampla variedade de domínios como: financeiro, software, vendas, serviços, etc.

No exemplo, observa-se que quanto mais longa a barra, maior é a sensibilidade do objetivo do projeto para o fator. A incerteza no parâmetro associado com a barra mais longa (no topo do gráfico) tem o máximo impacto no resultado. Cada barra sucessiva logo abaixo tem menor impacto. As extremidades das barras horizontais indicam o valor mais alto e o mais baixo do fator.

Na Figura 1 é apresentado um exemplo do Diagrama Tornado.

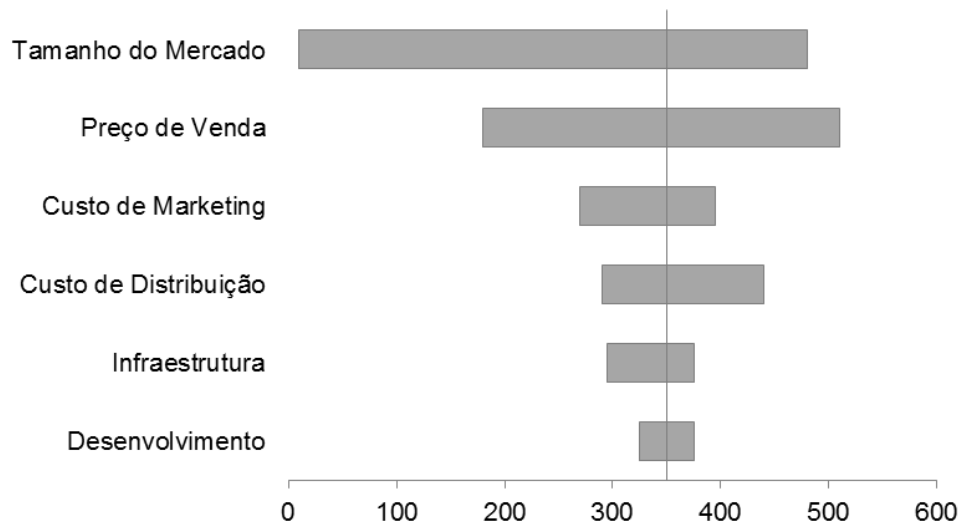


FIGURA 1 – ILUSTRAÇÃO DO DIAGRAMA TORNADO.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os dados utilizados no presente trabalho são provenientes de plantios de *Pinus taeda* localizados no município de Campo Belo do Sul, no estado de Santa Catarina, pertencentes à empresa Florestal Gateados, que está localizada a 66 km da cidade de Lages, na região fisiográfica denominada Planalto Serrano Catarinense. A FIGURA 2 apresenta a localização da área de estudo.

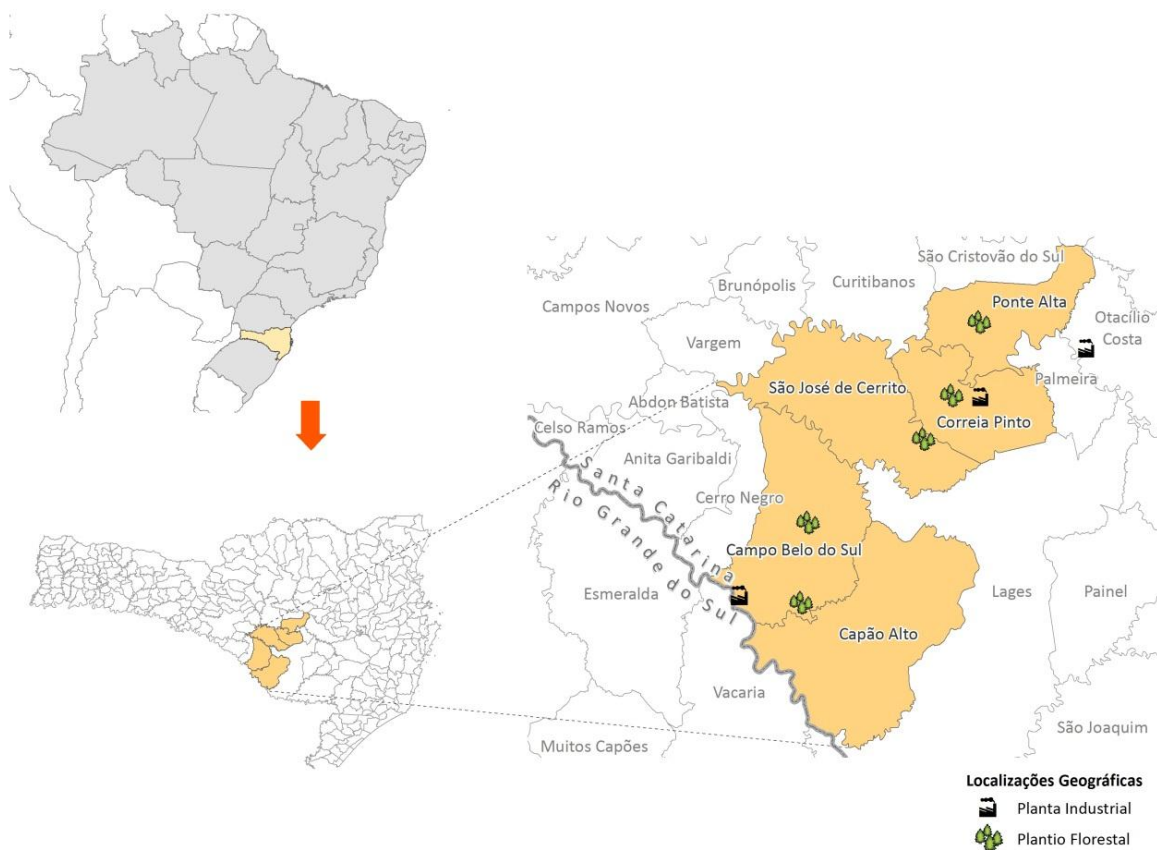


FIGURA 2 - MAPA DA REGIÃO DE ESTUDO.

O clima da região é mesotérmico úmido com verão ameno e precipitação bem distribuída ao longo do ano, indicado como Cfb segundo a classificação de Köppen. A temperatura das áreas de coleta de amostras é variada. A máxima, em janeiro, chega aos 31°C e a mínima, a 22°C. No mês de julho, os termômetros marcam uma temperatura máxima de 14° C e, a mínima, fica em torno dos 8°C, podendo chegar até a -12°C. A temperatura média anual da região é de 15,6°C e a precipitação média anual é cerca de 1.400 mm. O solo da região é uma associação de Nitossolo Háplico com pH: 4,5. No município, existem reflorestamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*, geralmente localizados em grandes propriedades, bastante úteis para a economia local, além de várias outras espécies de árvores frutíferas como o kiwi, maçã, goiaba da serra, pitanga, guabiroba, uva, pinhão, entre outras (IBGE, 2011).

A madeira proveniente dos plantios de *Pinus* abastece as indústrias de laminados, serrados e madeira de processo localizadas nos municípios de Campo Belo do Sul, Capão Alto, Lages, Correia Pinto, Bom Retiro, Ponte Alta, Otacílio Costa, entre outros.

3.2 ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Foram utilizados os seguintes regimes: *pulpwood* (8-18 cm), o regime *utility* (18-30 cm) e o regime *clearwood* (>30 cm), ou seja, madeira livre de nós. O estudo também pretendeu indicar as opções de regimes de manejo para uma “Floresta Otimizada”, ou seja, refere-se a uma floresta real localizada no Planalto Serrano Catarinense, após seu planejamento estratégico otimizado ter sido conduzido, além de fazer a análise econômica de uma “Floresta Ideal”, que no caso refere-se à floresta hipotética, na qual o ciclo da floresta é planejado desde o ano zero, e por fim a análise de sensibilidade, por meio da análise gráfica denominada Diagrama Tornado, esta visou indicar a influência de variáveis importantes no Valor Presente Líquido total.

A área de produção da “Floresta Otimizada” foi organizada em 99 estratos de *Pinus taeda*, onde cada fazenda, denominado pela empresa de capatazia, foi considerada um estrato, totalizando uma área de 5.493 ha. Considerou-se a idade índice aos 15 anos para um índice de sítio médio de 22 m, para todos os estratos, pois levou-se em consideração que os plantios em questão são de idade avançada e atingiram a maturidade de produção. A densidade inicial adotada foi 2.000 árvores por hectare, em espaçamento de 2,5 m por 2,0 m.

O banco de dados utilizado na simulação dos cenários foi fornecido pela empresa Florestal Gateados. Foram disponibilizados dados do inventário florestal realizado em 2010, o qual dispunha das informações espécie, idade de plantio, área (ha), relevo, além de variáveis dendrométricas, com exceção da classificação de sítio. Os dados foram organizados de forma a permitir a utilização e disposição para análises econômicas e de sensibilidade de algumas variáveis. Outros dados que foram disponibilizados pela empresa englobam preços de madeira, custos diretos e indiretos, além dos regimes de manejo por ela aplicados, todos imprescindíveis para as análises.

A composição do banco de dados é apresentada na FIGURA 3

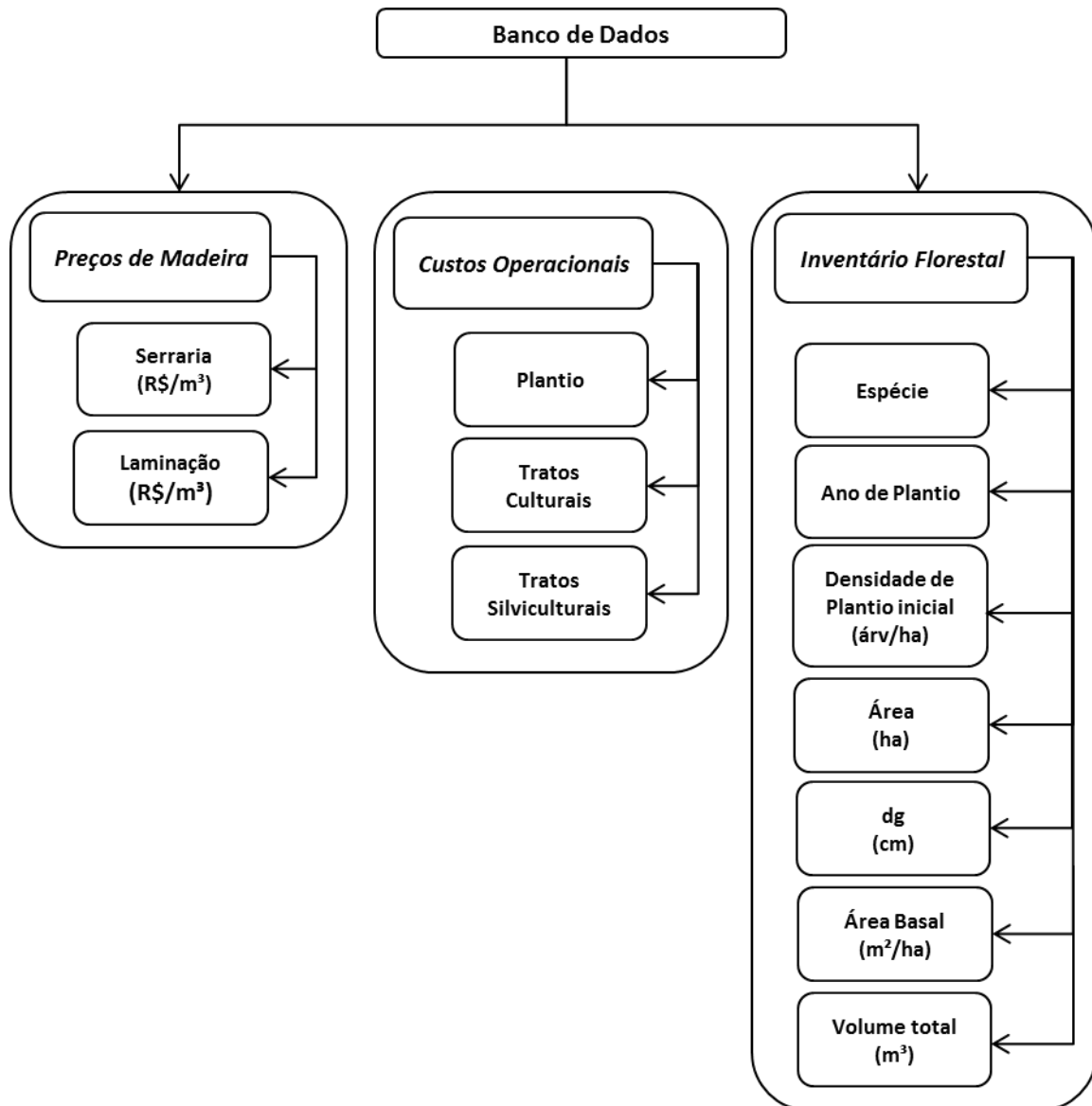


FIGURA 3 - COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS.

As dimensões dos sortimentos são usualmente as utilizadas na comercialização de toras da empresa, que dispõe de uma gama de 18 sortimentos diferentes, destinados principalmente a serraria e laminação, sortimentos esses que apresentam maior valor agregado. Para serraria os diâmetros variam entre 12 e 35 centímetros e, para laminação, o diâmetro mínimo é igual ou superior a 18 centímetros, com comprimento de tora de 2,20 a 2,75 metros (TABELA 1).

TABELA 1 - PRODUTOS DE MADEIRA E SUAS ESPECIFICAÇÕES E PREÇOS DE ACORDO COM CADA USO.

Preços de Madeira de Pinus *				
Segmento	Sortimento	DPF ¹ (cm)	Comprimento (m)	Preço ² (R\$/m ³)
Serraria	Processo_12_SP ³	12	1,90	R\$ 45,00
	Serraria_18_SP ³	18	1,90	R\$ 60,60
	Serraria_25_SP ³	25	2,60	R\$ 82,80
	Serraria_25b_SP ³	25	3,06	R\$ 91,10
	Serraria_35_SP ³	35	2,60	R\$ 113,70
	Serraria_35b_SP ³	35	3,06	R\$ 125,10
Laminação	Laminação_18_CP – I ⁴	18	2,20	R\$ 80,00
	Laminação_25_CP – I ⁴	25	2,20	R\$ 104,40
	Laminação_25_CP – II ⁵	25	2,20	R\$ 112,91
	Laminação_35_CP – I ⁴	35	2,20	R\$ 142,64
	Laminação_42_CP – I ⁴	42	2,20	R\$ 212,62
	Laminação_40_CP – II ⁵	40	2,20	R\$ 185,48
	Laminação_18b_CP – I ⁴	18	2,75	R\$ 88,00
	Laminação_25b_CP – I ⁴	25	2,75	R\$ 114,84
	Laminação_25b II_CP – II ⁵	25	2,75	R\$ 124,20
	Laminação_35b_CP – I ⁴	35	2,75	R\$ 156,90
	Laminação_42b_CP – I ⁴	42	2,75	R\$ 233,88
	Laminação_40b_CP – II ⁵	40	2,75	R\$ 204,02

Onde: ¹DPF: diâmetro na ponta fina em centímetros; ² Preço da madeira R\$/m³ em pé; ³ SP – Madeira Sem poda; ⁴CP - I: Madeira Com poda (*clearwood*) 1º tora; ⁵CP - II: Com poda (*clearwood*) 2º tora;.

*Preços informados em Fevereiro/2011.

O horizonte de planejamento foi definido em apenas uma rotação, denominada *Single Rotation Model*. Nos cenários que previam desbastes, foram simulados até três desbastes. A simulação de corte raso ocorreu entre 22 e 35 anos. As podas foram feitas até 6,3 metros, iniciadas no terceiro ano.

Entretanto, algumas variáveis utilizadas foram balizadas com o mercado florestal regional ou ainda com empresas com características similares como, por exemplo, os custos indiretos, também denominado *overhead*. Estes custos indiretos apresentaram valor de R\$ 50,00 / ano por hectare plantado.

Alguns dos custos silviculturais fornecidos pela empresa são apresentados na TABELA 2.

TABELA 2 – SOMATÓRIO DOS CUSTOS DE PLANTIO, TRATOS CULTURAIS E SILVICULTURAIS (R\$/ha) PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA.

Somatório dos Custos	
Ano	(R\$/ha)
0	2.210,0
1	572,7
2	220,9
3	231,5
4	312,1
5	202,6
6	217,2
7	226,4
Total	4.193,4

Quando se trata de custos de baldeio e transporte, as informações apresentadas pela empresa mostram que o pagamento de baldeio é de acordo com a classe de terreno, podendo variar de R\$ 5,00/t até R\$ 9,00/t. O valor pago para a movimentação das toras no pátio é de R\$ 4,00/tonelada, sendo que aproximadamente 50% do volume produzido é transportado para o pátio e os demais 50% são carregados no campo e seguem diretamente para os clientes.

3.3 DETERMINAÇÕES DOS REGIMES DE MANEJO

3.3.1 Floresta Otimizada

A base de dados utilizada para a análise de resultados da “Floresta Otimizada” é o cadastro do ano base 2010 da empresa Florestal Gateados. Trata-se de uma floresta de idade avançada, que já sofreu algumas intervenções de desbaste e poda.

Nessa floresta heterogênea, podendo ser assim chamada, os regimes de manejo foram definidos pela combinação entre as idades de cada estrato e as operações a serem realizadas, tais como desbastes, podas e corte raso. Estas são ações complexas, que resultariam em madeira destinada ao uso em serraria e laminação, que são produtos que possuem maior valor agregado.

Neste estudo os plantios foram realizados com 2.000 árvores por hectare, as idades dos desbastes variaram entre 14 e 21 anos, sendo esse intervalo de tempo atribuído justamente para verificar o comportamento das variáveis quanto ao volume produzido e ao VPL durante a regulação da floresta ao longo do horizonte de planejamento.

Nos regimes de manejo que previam a produção de madeira para serraria foram planejados até três desbastes. Em plantios mais jovens, o primeiro desbaste foi previsto para 14 ou 15 anos, o segundo desbaste aos 17 ou 18 anos e o terceiro desbaste aos 20 ou 21 anos. Em florestas com idade superior a 18 anos, como é o caso de 49% da área, o primeiro desbaste foi previsto para 20 ou 21 anos e o corte raso nos anos subsequentes, simulados dos 22 aos 35 anos. As simulações de desbaste foram sempre seletivas, com número de árvores remanescentes pré-estabelecidas para cada intervenção conforme apresentado na TABELA 3.

TABELA 3 - APLICAÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA.

Intervenção	Idade do Plantio (anos)	Idade (anos)		Árvores Remanescentes (árvores/ha)
		Início	Fim	
Corte Raso	>21	22	35	-
+1 Desbaste	20	21	21	300
Corte Raso		22	35	-
+1 Desbaste	19	20	21	350
Corte Raso		22	35	-
+1 Desbaste	18	20	21	450
Corte Raso		22	35	-
+1 Desbaste	17	18	18	300
+2 Desbaste		20	21	200
Corte Raso		22	35	-

Intervenção	Idade do Plantio (anos)	Idade (anos)		Árvores Remanescentes (árvores/ha)
		Início	Fim	
+1 Desbaste	16	17	18	300
+2 Desbaste		20	21	200
Corte Raso		22	35	-
+1 Desbaste	15	17	18	300
+2 Desbaste		20	21	200
Corte Raso		22	35	-
+1 Desbaste	14	15	15	650
+2 Desbaste		17	18	400
+3 Desbaste		20	21	200
Corte Raso		22	35	-
+1 Desbaste	13	14	15	1000
+2 Desbaste		17	18	500
+3 Desbaste		20	21	200
Corte Raso		22	35	-

Como se trata de uma floresta mais madura, com idade mínima de 13 anos, o denominado +1 desbaste se inicia nesta idade. Teoricamente esses plantios já sofreram duas intervenções anteriormente, um desbaste entre os 7 e 8 anos, e outro desbaste entre 10 e 11 anos. Portanto, as indicações “+1”, “+2” e “+3” na TABELA 3 representam os desbastes que ainda serão realizados.

Após tratamento e organização dos dados, houve a simulação de cenário de regime de manejo com o objetivo de obter cálculo do volume total em m³ e, desta forma, calcular o VPL. Com aplicação de programação linear desenvolveu-se o planejamento da produção florestal, a fim de maximizar o rendimento atual da floresta considerando um horizonte de planejamento de doze anos. Em termos matemáticos, o modelo foi estruturado conforme fórmula do VPL apresentada no item 2.9.1.1 da Revisão Bibliográfica.

A taxa de desconto adotada no fluxo de caixa corresponde à taxa da linha de financiamento do Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas – PROPFLORA, equivalente a 8,75% ao ano, que indica o valor mínimo que se espera de retorno do investimento.

Quanto à otimização econômica, o objetivo foi maximizar o VPL de cada estrato florestal com base na análise financeira, ou seja, o objetivo foi indicar qual é o regime ótimo para que o VPL seja maximizado em cada um dos 99 estratos florestais. Foram simulados ao todo 3.400 regimes de manejo para a “Floresta Otimizada”.

O horizonte de planejamento foi definido em apenas uma única rotação, denominada *Single Rotation Model*, na qual não há custo de oportunidade incorrido. Todavia este cenário é simulado em função dos produtos que se pretende obter ao final do ciclo. Esse ciclo de uma rotação foi aplicado à exaustão das florestas já existentes, que apresentam maturidade no seu ciclo, e grande parte da sua área já está destinada ao corte raso.

3.3.2 Floresta Ideal

Esse item foi desenvolvido para analisar os melhores resultados de regimes de manejo a partir de uma floresta jovem, e mostrar com esses resultados as possibilidades de implantação da segunda rotação da floresta.

A “Floresta Ideal” exemplifica a importância do planejamento florestal, já que o ciclo todo da floresta foi planejado desde o ano zero, ou seja, do plantio até o corte raso. Desta forma podem ser traçadas estratégias de mercado quanto à produção de madeira e o abastecimento da indústria, bem como o monitoramento das demandas do polo madeireiro regional.

Diante desse pressuposto, pôde-se aplicar a mesma metodologia utilizada para os cálculos da “Floresta Otimizada” como, por exemplo, na organização do banco de dados, demonstrado na FIGURA 3. Nesse caso, os *inputs* estão relacionados à implantação de uma floresta inicial, baseados na literatura e aplicações de regimes de manejo observados na região estudada.

Ressalta-se que para o estudo desse item “Floresta Ideal”, a metodologia do planejamento da produção florestal, anteriormente apresentada no item 3.4, é válida

tanto para resultados da “Floresta Otimizada” quanto para a “Floresta Ideal”, e este serviu para geração dos resultados de volumes de madeira, além dos indicadores econômicos a serem analisados. As diferenças quanto à análise da “Floresta Otimizada” estão nas variáveis consideradas para o estudo e na forma de análise.

Para a “Floresta Ideal”, foram definidas as premissas iniciais de regimes de manejo e posteriormente realizou-se a simulação de diversos cenários de produção no *software* FlorExel[®] que aciona o simulador SisPinus[®] com o objetivo de se obter estimativas do volume total em m³, volume comercial em m³, e a geração dos indicadores econômicos: Valor Presente Líquido anualizado (VPLA) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Foram testadas variações similares ao sistema de manejo estrutural da empresa estudada, porém foram excluídas as últimas duas intervenções correspondentes ao 4^o e 5^o desbaste. As densidades iniciais testadas foram: 1.333, 1.667 e 2.000 árvores/ha.

Os desbastes, todos seletivos, ocorreram a partir dos 7 anos de idade podendo variar até os 14 anos. O primeiro desbaste ocorreu entre os 7 e 8 anos, e nesse caso permaneceram em valores relativos, 75% de árvores remanescentes, que corresponde a 1.500 árvores/ha. O segundo desbaste ocorreu entre os 10 e 11 anos, e conservou 50% do plantio remanescente, ou seja, 1.000 árvores/ha. O terceiro desbaste foi realizado entre os 13 e os 14 anos, deixando 25% de árvores remanescentes ou 500 árvores/ha. O corte raso foi simulado para ocorrer entre 15 e 35 anos, ampliando o horizonte de planejamento. (TABELA 4)

TABELA 4 - VARIAÇÃO DE DESBASTES E CORTE RASO – IDADES E INTENSIDADE.

Intervenção	Idade (anos)		Número de árvores remanescentes/ha
	Início	Fim	
1º Desbaste	7	8	1500
2º Desbaste	10	11	1000
3º Desbaste	13	14	500
Corte Raso	15	35	-

Segundo a Dossa (2005), no Sul do Brasil a produção florestal com *Pinus* sugere que o sistema de produção tenha uma rotação maior que 21 anos. O plantio inicial é de 1.667 árvores/ha, e nas idades de 8 e 12 anos são efetuados, respectivamente, o primeiro e o segundo desbastes. Isto significa uma redução no número de plantas, em média, de 40% no primeiro e 30% do remanescente no segundo desbaste. O corte final é feito após a idade de 21 anos, quando restam, em média, 500 árvores/ha. Nesse período, é possível obter uma produção média de 50 até 70 m³ aos 8 anos, 70 a 120 m³ aos 12 anos e, aos 21 anos, a produção deve ultrapassar 450 m³. Isto significa, em média, um incremento maior do que 30 m³/ha.ano. Estes dados apresentados pela EMBRAPA são similares às premissas testadas neste estudo.

A partir do mesmo pressuposto, investidores afirmam que são utilizados regimes de manejo que realizam três desbastes com corte raso no ano 20. No ano 8 é efetuado o primeiro desbaste deixando 800 árvores remanescentes. O segundo desbaste ocorre no ano 12 com 600 árvores remanescentes e o terceiro desbaste no ano 16 com 400 árvores remanescentes. Finalmente procede-se ao corte raso no ano 20 concluindo o ciclo do projeto.

Acerbi Jr (1999) estudou a simulação de regimes de manejo para *Pinus taeda* e testou quatro densidades iniciais de plantio a serem simuladas: 2.000, 1.667, 1.333 e 1.111 árvores/ha. O mesmo autor considerou como base as idades de 8, 10 e 12 anos, para o 1º, 2º e 3º desbastes, respectivamente. O corte raso foi simulado de 19 a 21 anos, e o número de árvores remanescentes variou de 800 a 900 árvores/ha após o primeiro desbaste, e após o segundo desbaste o número variou de 400 a 500 árvores/ha.

Para a produção de toras sem nós de até seis metros, uma estratégia é remover 50% dos galhos verdes de sua copa, a partir do terceiro ano. Esta ação favorece o incremento da qualidade da madeira visando o objetivo proposto de atendimento aos mercados agregadores de valor (PAINEL FLORESTAL, 2011).

Deve-se salientar, ainda, que as intervenções de poda foram inseridas no simulador, diferenciando a poda pela posição da tora, como apresentado na TABELA 5.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DAS PODAS UTILIZANDO A POSIÇÃO DA TORA.

Sortimentos	DPF ³ (cm)	Posição
Serraria_35_CP – I ¹	35	1ª tora
Laminação_40_CP – I ¹	>40	1ª tora
Laminação_42_CP – I ¹	>42	1ª tora
Serraria_35b_CP – II ²	35	2ª tora
Laminação_40_CP - II ²	>40	2ª tora
Laminação_42_CP - II ²	>42	2ª tora

Onde ¹ CP - I: Madeira Com poda (*clearwood*) 1ª tora; ²CP - II: Com poda (*clearwood*) 2ª tora; ³ DPF: diâmetro na ponta fina em centímetros.

Optou-se, nas simulações, por realizar as podas nas árvores mais grossas, que são justamente as árvores remanescentes nos últimos desbastes, agregando um maior valor às mesmas. Foi considerado nas simulações que a madeira sortimentos com diâmetro maior que 35 cm e podada poderia ser comercializada como *clearwood*.

Os preços de madeira foram considerados os mesmos para toda a análise, sem levar em conta eventuais flutuações de mercado. A taxa de desconto adotada para o cálculo do VPLA e TIR corresponde à taxa da linha de financiamento Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas - PROPFLORA que é de 8,75% ao ano.

A análise dos diferentes sistemas de produção foi conformada por diversas simulações considerando diferentes possibilidades de desbaste e corte raso, além da poda em diferentes sortimentos, totalizando 4.158 cenários analisados.

A maioria dos sortimentos utilizados nas simulações deste estudo são semelhantes àqueles praticados no mercado pela empresa estudada. Para este estudo, como o simulador diferencia a posição da tora ao longo do fuste bem como a poda da mesma, foram estabelecidas nomenclaturas diferentes visando a adequação do sortimento com as respostas dadas pelo programa, sendo SP e CP madeira sem e com poda, respectivamente. Por exemplo, Laminação_40_CP – I: “laminação” indica o segmento do sortimento, “40” refere-se ao diâmetro mínimo da ponta fina da tora, “CP” indica tora com poda, e “I”, o número romano indica que a tora podada deve ser retirada na primeira posição. Todos os sortimentos são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS DOS SORTIMENTOS UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO

TORAS DE PINUS					
Sortimentos	DPF ¹ (cm)	Comprimento (m)	Posição	Poda	Preço ² (R\$/m ³)
Processo_12_SP ³	12	1,90	Qualquer	Sem	R\$ 45,00
Serraria_18_SP ³	18	1,90	Qualquer	Sem	R\$ 60,60
Serraria_25_SP ³	25	2,60	Qualquer	Sem	R\$ 82,80
Serraria_35_SP ³	35	2,60	Qualquer	Sem	R\$ 113,70
Laminação_40_SP ³	40	2,20	Qualquer	Sem	R\$ 185,48
Laminação_42_SP ³	42	2,2	Qualquer	Sem	R\$ 212,62
Serraria_35_CP – I ⁴	35	2,20	1ª tora	Com	R\$ 142,64
Laminação_40_CP – I ⁴	40	2,20	1ª tora	Com	R\$ 185,48
Laminação_42_CP – I ⁴	42	2,20	1ª tora	Com	R\$ 212,62
Serraria_35b_CP – II ⁵	35	2,75	2ª tora	Com	R\$ 156,90
Laminação_40_CP -II ⁵	40	2,75	2ª tora	Com	R\$ 204,02
Laminação_42_CP - II ⁵	42	2,75	2ª tora	Com	R\$ 233,88

Onde ¹ DPF: classe de diâmetro na ponta fina em centímetros; ² Preço em R\$/m³ em pé; ³ SP: Madeira Sem poda; ⁴ CP - I: Madeira Com poda (*clearwood*) 1ª tora; ⁵CP - II: Com poda (*clearwood*) 2ª tora.

*Preços informados em Fevereiro/2011.

Os custos utilizados neste item “Floresta Ideal” referem-se aos custos estruturais médios que são semelhantes aos da empresa estudada, porém baseados em valores hipotéticos. Para facilitar a entrada desses dados no programa, os custos foram agrupados por ano de ocorrência, de acordo com a variação da densidade inicial de plantio, que foi de 1.333, 1.667 e 2.000 árvores/ha. Os custos silviculturais variaram em função da densidade inicial de plantio, ocasionado por diferenças em necessidade de mão de obra, quantidade de insumos como mudas, adubos, formicidas, herbicidas, etc., e por diferenças nas operações silviculturais.

Quando se trata da análise financeira desta floresta, foram considerados como indicadores financeiros para avaliação dos cenários o Valor Presente Líquido anualizado (VPLA) e a taxa interna de retorno (TIR), que pode ser considerada como a taxa de juros que anula o VPL de um fluxo de caixa e representa a eficiência marginal do capital e corresponde à taxa de lucratividade esperada dos projetos de investimento, ambos descritos anteriormente nas equações 1 e 2.

O programa FlorExel[®] gera uma série de índices financeiros, como o Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Presente Líquido anualizado (VPLA), a relação Benefício/Custo (B/C), a própria Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Esperado da Terra (VET). Porém, optou-se para que o programa apresentasse apenas dois dos indicadores econômicos: VPLA e TIR.

A partir dos indicadores econômicos gerados para cada regime de manejo, a escolha do regime otimizado foi realizada por meio da seleção dos maiores valores de VPLA e após uma nova seleção das maiores TIR, para cada densidade inicial.

3.4 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

Arce (2000) enfatizou que a grande vantagem da utilização de sistemas informatizados no planejamento florestal é a possibilidade de poder avaliar virtualmente, a partir do escritório, vários cenários de produção, alterando as dimensões dos produtos e avaliando os resultados, inclusão e exclusão de talhões, produtos e clientes, tudo isto em pouco tempo, realizando o sortimento conjunto de todas as árvores e avaliando os resultados. O mesmo autor alertou, no entanto, que um modelo, por melhor que seja, será sempre uma representação abstrata da realidade e, portanto, deve ser tomado como guia, pois na floresta nunca poderão ser encontradas todas as árvores com as dimensões exatas tais quais as utilizadas nas simulações.

A simulação dos cenários foi feita com auxílio do *software* FlorExel[®] no qual foram calculados os volume de madeira por sortimento e os indicadores econômicos

Para gerar as simulações os dados de entrada consideram informações de inventário florestal como talhão, espécie, área (ha), idade (anos), densidade (árvores/ha), percentual de sobrevivência, diâmetro quadrático médio (cm), área basal (m²/ha), índice de sítio, idade índice (15 anos), grau de homogeneidade da floresta e altura de poda (m). Também são *inputs* algumas informações de desbaste e corte raso,

função de afilamento, características dos multiprodutos ou sortimentos, tabela de custos e, por fim, são selecionados os indicadores financeiros.

O planejamento foi realizado para estabelecer o fluxo de produção de longo prazo que irá maximizar o valor presente dos rendimentos da floresta, bem como garantir o abastecimento de madeira exigido pelas indústrias para atender a demanda.

O planejamento da produção, que pode ser entendido também como a definição e a simulação dos cenários, foi elaborado com base nas informações cadastrais e de inventário fornecidas pela empresa estudada. As alternativas de manejo são diferenciadas basicamente pela idade de corte raso e de desbaste, além das podas para os 99 estratos analisados. Devido ao número de simulações realizadas ser elevado, é inviável a realização das mesmas por meio de cálculo manual. Então, recorreu-se ao uso de processadores modernos e ao software FlorExel[®]. Este foi abastecido com informações da base florestal da empresa, custos das operações, tipos de produtos gerados pela floresta ou sortimentos, assim como os respectivos preços, já citados anteriormente. Este *software* permitiu a realização, de forma simultânea, de diversas simulações, sendo que cada simulação retornou as tabelas contendo informações como estoque em pé, volume retirado nos desbastes e no corte raso e volume remanescente após estas intervenções. O programa permitiu também selecionar um período variável para os desbastes, podas e para o corte raso, facilitando significativamente a comparação entre as diversas alternativas de manejo e a escolha daquele que otimizou o retorno econômico.

A principal razão para a utilização do software FlorExel[®] neste estudo foi o fato de ele possibilitar a diferenciação entre os diversos sortimentos, retornando à disponibilidade dessa diferenciação nos resultados das simulações.

Foi necessário criar alternativas de manejo baseadas no que é comumente praticado no mercado florestal regional, além de pesquisa na literatura. Ao todo foram simuladas 3.400 alternativas de manejo para os plantios florestais de *Pinus* da floresta estudada, também denominada de “Floresta Otimizada” e 4.158 alternativas de manejo foram simuladas para a floresta hipotética, denominada de “Floresta Ideal”. As

alternativas de manejo são diferenciadas basicamente pela idade de plantio, número de desbastes, idade dos desbastes, idade das podas e idade de corte raso.

A metodologia usada para obter o planejamento da produção incluindo os regimes de manejo está descrito na FIGURA 4.

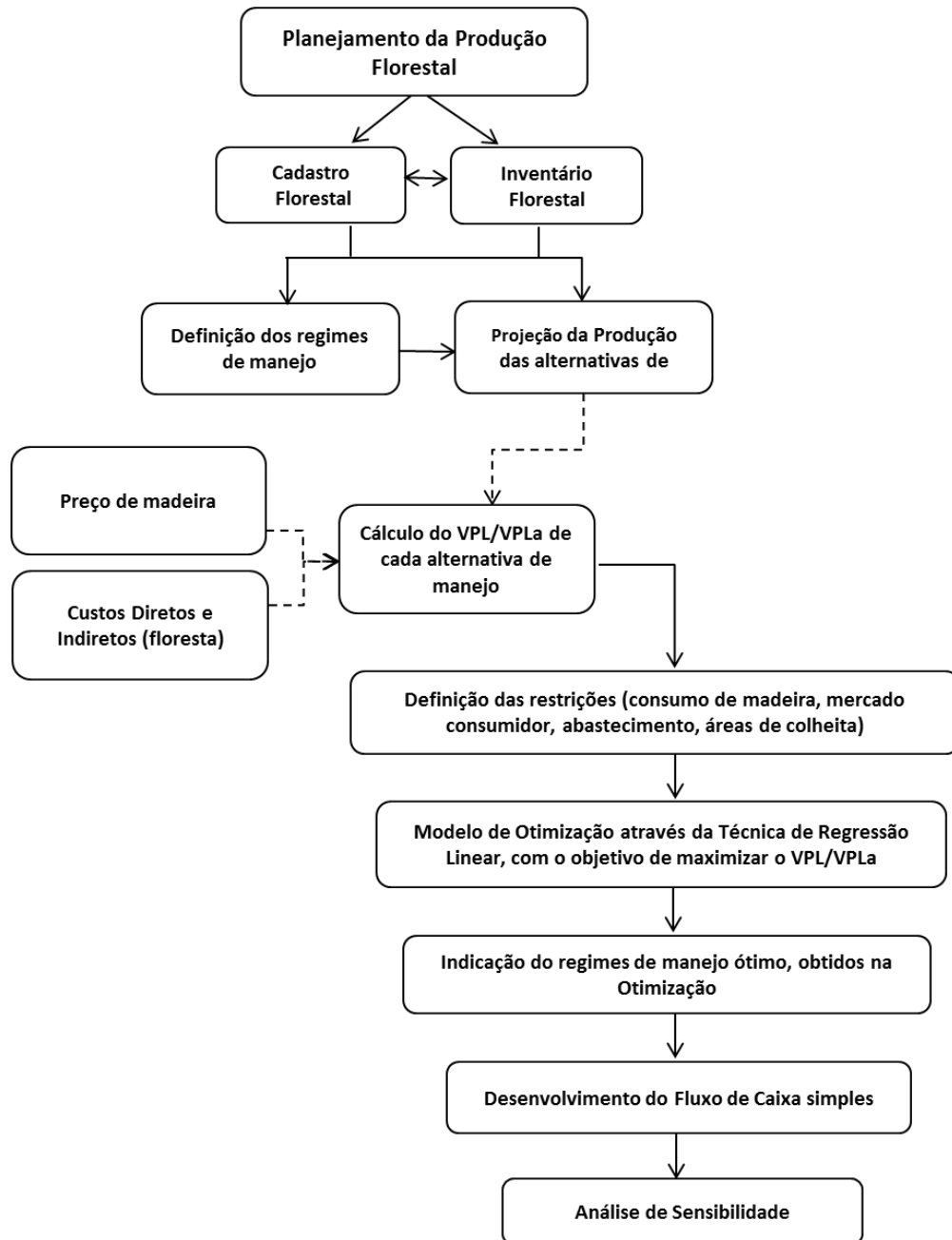


FIGURA 4 - METODOLOGIA UTILIZADA NO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO.

A projeção da produção das alternativas de manejo, foram simuladas por meio do SisPinus® acessado via FlorExel®. No caso da “Floresta Ideal” a metodologia encerra-se no cálculo dos indicadores econômicos VPLA e TIR.

As simulações das diferentes alternativas de regimes de manejo foram enquadradas em alguns cenários com densidades de desbastes e podas, além de idades distintas de corte raso. Também foi variável a época de ocorrência, ou seja, o ano da intervenção e a intensidade dos desbastes indicando a percentagem ou o número de árvores remanescentes por hectare.

A empresa estudada tem fortes investimentos nos regimes de manejo com desbastes, pois o principal objetivo é agregar valor à madeira tornando-a competitiva no mercado, destacando-se na região que atua pela qualidade da madeira produzida.

Foram simulados regimes de manejo com dois grupos distintos quanto ao destino de produção: madeira para celulose e madeira para serraria e laminação.

Há apenas um regime de manejo destinado à produção de fibras ou madeira fina, ou seja, *pulpwood*. Esse regime geralmente é adotado em povoamentos perto da indústria. Entretanto, os regimes usualmente utilizados na empresa são os denominados de *utility* e *clearwood*, cujo objetivo é obter produtos de serraria e laminados, além de madeira para processo. Devido ao elevado número de estratos, foi necessário identificar qual o regime a ser conduzido com desbaste e/ou poda ou apenas corte raso, em cada estrato.

Sendo assim, o objetivo dessa análise na “Floresta Otimizada” foi verificar o volume de produção de toras fazendo referência aos multiprodutos, neste caso representados pelos 18 sortimentos, e o comportamento da floresta do ponto de vista econômico/financeiro, além de analisar a sensibilidade de algumas variáveis definidas. Outro objetivo foi obter valores de VPLA e TIR, a partir do planejamento da produção, para a floresta hipotética, também chamada neste estudo de “Floresta Ideal”

3.5 GERAÇÃO DOS CENÁRIOS OTIMIZADOS

A otimização da área de estudo foi realizada para a “Floresta Otimizada”, valendo lembrar que antes da otimização em si os dados foram consistidos e organizados em uma planilha Microsoft Office Excel 2010, onde foram incluídas as informações cadastrais dos plantios, bem como os valores das variáveis dendrométricas, os volumes resultantes do simulador e os cálculos de custos diretos e indiretos. Após a compilação dos dados, o planejamento da produção florestal foi gerado e, em seguida, foi calculado o fluxo de caixa simples para a obtenção do VPL, no qual os custos diretos e indiretos foram assumidos em valores atuais, ou seja, sem levar em conta o efeito inflacionário. As receitas foram estimadas assumindo como pressuposto que os preços de madeira não sofreram oscilações no período de estudo.

A plataforma utilizada para a otimização e homogeneização dos volumes foi o *software* de otimização What’s Best![®] desenvolvido pela empresa *LINDO Systems*. Este *software* possui sua interface integrada com o *software* editor de planilhas Microsoft Office Excel 2010, uma vez que consiste em um complemento da mesma.

O What’s Best![®] é um programa de otimização de modelos matemáticos lineares e não lineares que trabalha em planilhas eletrônicas, de forma semelhante ao Excel, ou seja, utilizando-se de fórmulas onde cada atributo deve corresponder ao endereço de uma célula da planilha. As variáveis consideradas devem ser passadas como endereço de células, podendo ser nomeadas ou não. O What’s Best![®] possui uma interface VBA (*Visual Basic for Applications*), que permite ao usuário escrever códigos ou macros, usando linguagem Visual Basic, para executar seus comandos no Microsoft Office Excel 2010.

Após definido o modelo matemático, a implantação computacional usando What’s Best![®] deve seguir os seguintes passos:

1. Definir as células ajustáveis, ou seja, as células que representam as variáveis de decisão do problema, neste caso volume de madeira (m³);

2. Definir a célula “*Best Cell*”, ou seja, aquela que representa a função objetivo do problema; e
3. Definir as células de restrições. Essas células abrigam os comandos do What’s Best!® que representam as restrições de área, volume, fluxo físico e financeiro, dentre outras.

A otimização do volume de madeira, obtido com base nos resultados do FlorExel®, foi realizada no *software* What’s Best!® testando a otimização com restrições de volume demandados na região de estudo e gerando, conseqüentemente, o VPL otimizado por meio da multiplicação da área ótima com seu respectivo VPL. Desta forma o resultado foi uma floresta com receitas anuais equilibradas durante o horizonte de planejamento de 13 anos, garantindo rendimentos financeiros em todo o período.

Testou-se a opção livre de restrições, na qual a tendência do simulador é atingir o máximo de VPL o mais cedo possível, forçando a colheita do máximo volume no ano seguinte, que no caso foi o ano 2012. Agindo desta forma gera um pico de receita nos primeiros anos do horizonte de planejamento, deixando o VPL desregulado nos próximos anos, tendendo a zero. Essa opção foi descartada, pois não é interessante em uma situação real, na qual as empresas buscam regular sua floresta, com o objetivo de manter um fluxo de madeira homogêneo a fim de abastecer continuamente à indústria e ao mercado regional.

Após a otimização do cenário simulado, ou seja, a obtenção dos volumes ótimos para cada estrato florestal ao longo do horizonte de planejamento específico, obteve-se o VPL ótimo a partir de restrições de volume demandado. A regulação dos volumes no período do planejamento garante o suprimento da demanda, de tal forma que as restrições de volume possibilitem essa distribuição de renda e volume durante os anos do projeto.

Para otimizar a produção com o objetivo de maximizar o lucro obtido com o corte das florestas e manter a produção equilibrada, utilizou-se o seguinte modelo de programação linear:

a) Função Objetivo:

$$Max Z = \sum_i \sum_j VPL_{ij} \quad (5)$$

em que:

VPL_{ij} = VPL do fluxo de caixa do projeto i segundo o regime de manejo j ;

a) Restrições de área:

$$\sum_j X_{ij} \leq A_i \quad i = 1, 2, \dots, N$$

b) Restrições de demanda:

$$\sum_i \sum_j V_{ijk} \geq D_k \quad k = 1, 2, \dots, HP$$

em que:

A_i = Área do projeto i ;

N = Número total de projetos;

V_{ijk} = Volume obtido para o projeto i , no regime de manejo j e ano k ;

D_k = Demanda do ano k , neste caso considerando 250.000 m³/ano.

As restrições de demanda especificam o volume máximo de madeira para o volume total após o corte do projeto i , submetido ao regime de manejo j , para atender a demanda anual da região.

3.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade permite a avaliação de diferentes cenários variando-se múltiplos vetores de coeficientes. De acordo com a NBR 14653-4 (2002), a análise de sensibilidade tem o propósito de identificar as variáveis de maior elasticidade ou variáveis-chave.

Neste estudo as variáveis independentes analisadas foram: taxa de desconto da floresta, custos silviculturais, preço da madeira e custos indiretos, estes último também denominados de *overhead*. Cada variável independente foi avaliada quanto à sua sensibilidade por meio da análise gráfica e conseqüentemente indicou qual o impacto no resultado do VPL final, que no caso é a variável dependente.

O objetivo dessa análise gráfica, denominada Diagrama Tornado, foi o de revelar o intervalo de resultados possíveis e sua probabilidade de ocorrência, além de indicar e ranquear as variáveis independentes de tal forma que ficasse clara a sua contribuição e efeito sobre o modelo. Desta forma é possível identificar em quais variáveis devem concentrar-se os esforços, seja para redução dos custos silviculturais ou dos custos indiretos (*overhead*), seja para utilizar uma taxa de desconto diferenciada acompanhando as flutuações de mercado, ou ainda para obter um preço de madeira competitivo para atingir um valor maximizado da variável dependente, que nesse estudo é o Valor Presente Líquido (VPL).

O Diagrama Tornado foi empregado como ferramenta nesse estudo e auxiliou no entendimento do processo decisório que contribui diminuindo as incertezas nas tomadas de decisões. Para obter a análise de sensibilidade das variáveis selecionadas, como custos silviculturais, preço de madeira, taxa de desconto e *overhead*, aplicou-se a técnica gráfica, que consiste basicamente em um tipo especial de gráfico de barras, onde as variáveis foram listadas verticalmente e ordenadas de forma que a maior barra aparece na parte superior do gráfico, a segunda maior aparece em segundo lugar a partir do topo, e assim por diante. Estes gráficos são assim chamados devido ao fato do gráfico final ter o formato de um tornado.

Os seguintes pressupostos foram definidos:

1. Taxa de Desconto: o caso base é tido com 8,75% a.a., que á a taxa adotada pelo programa PROPFLORA. Uma variação de apenas um ponto percentual para mais e para menos, entre 7,75% e 9,75% foi utilizada para avaliar o efeito da flutuação desta taxa de desconto de floresta.
2. Custos Silviculturais ou custos diretos: o caso base considera 100%, com variação de $\pm 20\%$, ou seja, variando de 80% a 120%.
3. Preços de Madeira: com base a um valor mínimo de 90%, máximo de 110%, sendo o caso base 100%, com uma variação igualmente distribuída de 10% entre os extremos.
4. *Overhead* ou custos indiretos: o caso base é considerado 100%, com variação de 20%, ou seja, variando de 80% a 120%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DIAGNÓSTICO DOS RESULTADOS

O processamento dos dados gerou uma série de informações, as quais foram organizadas nos seguintes resultados: manejos adotados, valores de VPL otimizados para a “Floresta Otimizada”, indicadores econômicos TIR e VPLA maximizados para a “Floresta Ideal”, e análise de sensibilidade das variáveis. Os resultados foram obtidos em termos absolutos e correspondem ao horizonte de planejamento definido.

4.2 FLORESTA OTIMIZADA

O GRÁFICO 6 ilustra o VPL otimizado no horizonte de planejamento de 13 anos. A partir da restrição de abastecimento de 250.000 m³/ano, observa-se que a otimização do VPL permitiu a homogeneização da floresta, garantindo suprimento de madeira para abastecer o mercado de toras da região de abrangência da empresa Florestal Gateados continuamente. Pode ser justificado também devido ao fato de existirem muitas áreas de floresta adulta e madura.

Utilizando a base cadastral ano base 2010 da empresa Florestal Gateados, realizou-se a homogeneização do fluxo de produção. Como observado no GRÁFICO 6, obteve-se a regulação de produção volumétrica entre os anos 2012 e 2023. Isso não foi possível para os anos de 2011 e 2024 em função da condição atual da floresta, com idades precoces para desbaste ou corte raso ou ainda opções de manejo de baixo retorno econômico nos respectivos anos.

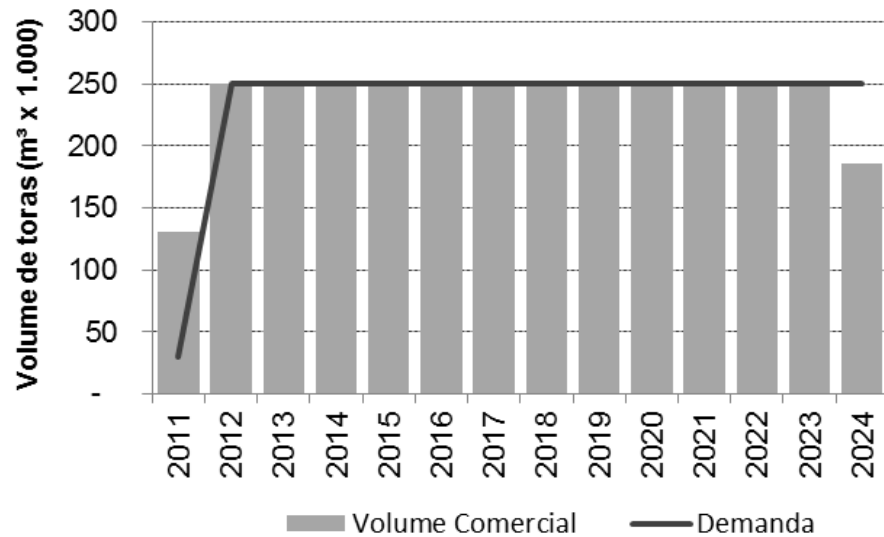


GRÁFICO 6 - PRODUTIVIDADE REGULADA DA FLORESTA.

Este cenário mostrou a produção anual constante e sustentável de madeira, garantindo a viabilidade econômica do negócio, gerando receitas maiores que suas despesas, obtendo lucro, além da possibilidade de realizar investimentos.

Na simulação realizada, o valor máximo de IMA (Incremento Médio Anual) obtido foi de 40 m³/ha.ano com uma média de 22 m³/ha.ano, valores esses próximos aos encontrados nas florestas da região.

Segundo a EMBRAPA FLORESTAS (2005a), após o uso de sementes provenientes de povoamentos melhorados houve aumento de produtividade, os quais para povoamentos de *Pinus* geraram valores de IMA variando de 25 a 35 m³/ha.ano, dependendo do tipo de solo e do manejo aplicado, podendo esses números ser considerados como bem próximos dos resultados obtidos no presente estudo. Conforme RODIGHERI, GRAÇA e LIMA (2005), a produtividade média por hectare de *Pinus* é 30 m³/ha.ano. Estes autores ressaltaram que os plantios bem manejados podem atingir produtividades mais elevadas.

A produtividade de plantios de *Pinus* no Planalto Serrano de Santa Catarina varia entre 28 e 40 m³/ha.ano. Os principais fatores que podem explicar tal variação da

produtividade são a qualidade do sítio, o regime de manejo e a rotação adotados (RADAR PÖYRY SILVICONSULT, 2011). A MCF Consultoria (2010) cita produtividade de 20 e 36 m³/ha.ano para florestas de *Pinus* na região Centro-Oeste do país.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE REGIMES DE MANEJO NA FLORESTA OTIMIZADA

As simulações de regimes contemplaram diferentes idades e intensidade de desbastes, bem como idades de corte raso, para as florestas existentes atualmente. A escolha de um regime de manejo embasou-se num indicador econômico, neste caso o VPL.

O VPL otimizado de cada estrato foi calculado a partir da multiplicação da área ótima, gerada no What's Best![®], pelo VPL respectivo em cada ano, advindo do planejamento da produção do FlorExel[®]. Os cálculos geraram 111 alternativas de manejo, as quais mostram a melhor opção para cada um dos estratos, apresentados na TABELA 7.

TABELA 7 - REGIMES DE MANEJO OTIMIZADOS ¹.

Estrato	Regime	Tratamento	Idade (anos)	Ano de Plantio	Área (ha)	VPL (R\$/ha)
1	1	CR	30	1982	41,0	R\$ 403,22
2	2	CR	30	1982	49,4	R\$ 519,06
3	3	CR	30	1982	38,9	R\$ 537,26
4	4	CR	31	1982	106,7	R\$ 461,08
5	5	CR	31	1982	231,7	R\$ 461,08
6	6	CR	32	1982	24,1	R\$ 530,97
7	7	CR	30	1982	66,6	R\$ 494,10
7	8	CR	31	1982	134,9	R\$ 508,91
7	9	CR	32	1982	16,4	R\$ 521,12
8	10	CR	30	1982	141,8	R\$ 536,37
9	11	CR	33	1982	184,1	R\$ 720,75
10	12	CR	32	1982	43,4	R\$ 512,27
11	13	CR	33	1983	120,1	R\$ 587,21
11	14	CR	34	1983	77,5	R\$ 604,06
12	15	CR	34	1983	147,1	R\$ 635,79
13	16	CR	35	1983	122,7	R\$ 529,50

Estrato	Regime	Tratamento	Idade (anos)	Ano de Plantio	Área (ha)	VPL (R\$/ha)
14	17	CR	31	1983	35,4	R\$ 525,19
14	18	CR	35	1983	29,2	R\$ 594,38
15	19	CR	34	1983	182,5	R\$ 597,13
16	20	CR	32	1983	127,0	R\$ 510,20
16	21	CR	33	1983	35,3	R\$ 522,07
16	22	CR	35	1983	109,2	R\$ 546,03
17	23	CR	31	1983	194,4	R\$ 638,50
18	24	CR	32	1984	160,3	R\$ 564,03
19	25	CR	30	1984	109,4	R\$ 516,28
20	26	CR	34	1984	61,5	R\$ 580,72
20	27	CR	35	1984	82,7	R\$ 595,79
21	28	CR	35	1984	62,6	R\$ 621,98
22	29	CR	35	1984	161,1	R\$ 643,57
23	30	CR	30	1985	86,2	R\$ 575,23
24	31	CR	33	1985	112,2	R\$ 644,61
24	32	CR	35	1985	1,3	R\$ 671,85
25	33	CR	31	1985	26,1	R\$ 568,55
26	34	CR	35	1985	10,2	R\$ 622,60
27	35	CR	35	1985	211,8	R\$ 707,24
28	36	CR	35	1985	122,9	R\$ 670,12
29	37	CR	35	1986	37,9	R\$ 622,45
30	38	CR	35	1986	49,1	R\$ 652,25
31	39	CR	35	1986	36,5	R\$ 673,28
32	40	CR	35	1986	45,0	R\$ 684,71
33	41	CR	35	1986	37,0	R\$ 723,69
34	42	CR	34	1986	17,0	R\$ 626,49
35	43	CR	35	1986	69,1	R\$ 711,75
36	44	CR	35	1986	32,6	R\$ 700,84
37	45	CR	33	1986	90,8	R\$ 639,37
37	46	CR	35	1986	59,7	R\$ 675,13
38	47	CR	35	1987	80,0	R\$ 673,10
39	48	CR	35	1987	125,3	R\$ 664,53
40	49	CR	35	1987	143,1	R\$ 627,01
41	50	CR	29	1987	48,7	R\$ 597,72
41	51	CR	35	1987	32,9	R\$ 685,81
42	52	CR	35	1987	0,9	R\$ 675,84
43	53	CR	35	1988	41,8	R\$ 710,20
44	54	CR	35	1988	2,7	R\$ 845,36
45	55	CR	35	1988	5,5	R\$ 914,22
46	56	CR	22	1989	9,2	R\$ 544,08
47	57	CR	22	1989	81,8	R\$ 478,85
48	58	CR	22	1989	46,9	R\$ 492,56
49	59	D1	21	1990	8,2	R\$ 484,70
50	60	D1	21	1990	8,0	R\$ 486,27

Estrato	Regime	Tratamento	Idade (anos)	Ano de Plantio	Área (ha)	VPL (R\$/ha)
51	61	D1	21	1990	7,2	R\$ 560,31
52	62	D1	21	1990	12,6	R\$ 428,04
53	63	D1	21	1990	22,3	R\$ 610,31
54	64	CR	32	1991	17,2	R\$ 614,18
55	65	CR	32	1991	25,6	R\$ 658,13
56	66	CR	33	1991	3,8	R\$ 626,39
57	67	D1	21	1991	14,0	R\$ 538,11
58	68	D1	21	1991	83,3	R\$ 501,67
58	69	CR	32	1991	47,0	R\$ 655,70
59	70	CR	31	1992	15,0	R\$ 643,74
60	71	D1	20	1992	35,9	R\$ 536,90
61	72	D1	20	1992	2,5	R\$ 604,54
62	73	CR	32	1992	17,4	R\$ 745,81
63	74	CR	31	1992	6,4	R\$ 673,06
64	75	CR	32	1992	12,7	R\$ 772,69
65	76	D1	20	1992	5,0	R\$ 552,24
66	77	D1	20	1992	25,7	R\$ 543,21
67	78	D1	18	1993	2,1	R\$ 613,46
68	79	D1	18	1993	2,2	R\$ 637,37
69	80	D1	18	1993	20,5	R\$ 606,55
70	81	D1	18	1993	35,8	R\$ 667,05
71	82	D1	18	1993	7,5	R\$ 650,56
72	83	D1	18	1993	1,3	R\$ 686,38
73	84	D1	18	1993	14,1	R\$ 728,12
74	85	D1	18	1993	73,8	R\$ 607,74
75	86	D1	17	1994	4,6	R\$ 738,20
76	87	D1	18	1994	13,5	R\$ 689,81
77	88	D1	18	1994	10,2	R\$ 619,69
78	89	D1	17	1994	14,7	R\$ 681,74
79	90	D1	18	1994	5,4	R\$ 617,92
80	91	D1	18	1994	15,1	R\$ 734,18
81	92	D1	17	1995	5,5	R\$ 709,42
82	93	D1	17	1995	2,6	R\$ 664,61
83	94	CR	28	1995	0,6	R\$ 625,01
84	95	D1	17	1995	8,1	R\$ 748,01
85	96	D1	17	1995	14,1	R\$ 724,40
86	97	D1	15	1996	6,6	R\$ 661,54
87	98	D1	15	1996	24,0	R\$ 677,38
88	99	D1	15	1996	27,4	R\$ 661,32
89	100	D1	15	1996	23,0	R\$ 694,58
90	101	D1	15	1996	35,5	R\$ 659,26
91	102	D1	14	1997	2,5	R\$ 770,64
91	103	D1	14	1997	1,1	R\$ 783,57
92	104	CR	24	1999	35,9	R\$ 758,36

Estrato	Regime	Tratamento	Idade (anos)	Ano de Plantio	Área (ha)	VPL (R\$/ha)
93	105	CR	23	2000	40,3	R\$ 712,34
94	106	CR	22	2001	30,2	R\$ 734,52
95	107	CR	22	2001	5,6	R\$ 864,64
96	108	CR	22	2001	22,4	R\$ 790,66
97	109	CR	23	2001	47,2	R\$ 675,65
98	110	CR	22	2002	2,3	R\$ 887,12
99	111	CR	22	2002	7,2	R\$ 913,70

¹Os resultados se referem a uma floresta heterogênea, simulada na modalidade *Single Rotation Model*; ² Valor Presente Líquido (i=8,75%).CR = Corte Raso, D1 = um desbaste.

Os valores de VPL foram calculados para cada estrato submetido aos diferentes regimes de manejo, considerando as características no início do horizonte de planejamento até a execução do corte raso. Os valores de VPL foram então descapitalizados para o ano zero, ou seja, ano de início do horizonte de planejamento e, logo após, somados aos valores de VPL encontrados para cada estrato nos diferentes regimes de manejo, obtendo dessa forma o VPL otimizado.

Na TABELA 7 foram apresentados todos os cenários simulados. Percebe-se que um estrato pode ter mais de um regime ótimo de manejo. O simulador ponderou todas as opções geradas, indicou a área ótima a ser manejada e o seu respectivo tratamento. Por exemplo, no mesmo estrato ocorre o corte raso em 40% da área aos 30 anos, e nos outros 60% da área ocorre o corte raso aos 32 anos. Houve três tipos de resultados, a otimização mostrou um, dois e até três regimes de manejo por estrato.

As análises do VPL otimizado resultaram em 91 regimes com apenas uma alternativa ótima de manejo, ou seja, aplica-se o mesmo tratamento na área total do estrato. Os resultados proporcionaram VPL otimizado somente para os tratamentos em que foram aplicados mais um desbaste (+1 Desbaste) e corte raso (CR), mesmo havendo até quatro desbastes nas opções de manejo, sendo que todos eles considerando madeira podada na posição específica de poda. Os estratos com idades entre 14 e 21 anos indicaram apenas um desbaste antes do corte raso conforme premissas estabelecidas, tal fato indica que possivelmente a floresta já sofreu os três desbastes anteriores. O VPL oscilou entre R\$ 403,22/ha e R\$ 914,22/ha. Essa amplitude de VPL otimizado é importante, pois, observando o menor VPL (R\$

403,22/ha) apresentado que se refere ao estrato 1, que apresenta área de 41,01 ha, pode ser considerada uma floresta madura, com 30 anos. Por outro lado, o estrato 45, onde a floresta atinge 35 anos, considerada também como floresta madura, apresenta área de 5,5 ha e indica o maior VPL (R\$ 914,22/ha) deste cenário. Comparado com o estrato 1 de menor valor (regime 1) o VPL otimizado está aproximadamente 2,3 vezes acima do estrato 45 (regime 55).

Neste grupo de resultados, observaram-se poucas ocorrências, somente sete estratos que apresentaram essa característica, sendo os estratos 11, 14, 20, 24, 37, 41 e 58. A variação do VPL esteve entre R\$ 501,67 e R\$ 685,81. No estrato 58 (regime 68), observou-se a seleção de um desbaste aos 21 anos na maior parte da área do estrato, sendo que no restante da mesma área foi selecionado o corte raso aos 32 anos. Em todos os outros regimes listados, incidiram apenas o corte raso, que varia dos 29 até 35 anos.

Resultados distintos observados mostram que apenas dois estratos (7 e 16) apresentaram três regimes distintos de manejo para o mesmo estrato na solução ótima.

Os estratos que apresentaram três idades de corte raso indicaram a área otimizada para as três intervenções diferentes, no mesmo estrato. A variação de VPL otimizado por regime mostrou valores entre R\$ 494,10/ha e R\$ 546,03/ha, ou seja, a diferença foi de 10,5%. Estes valores são mais homogêneos dentre os três grupos de resultados comparados.

Quando a análise é feita por estrato, observa-se que o estrato 7, o qual inclui os regimes 7, 8 e 9, apresenta menor rentabilidade comparada ao estrato 16, que compreende os regimes 20, 21 e 22; no entanto, a variação em reais do VPL otimizado é de 3,4%.

Após analisar todos os resultados encontrados nos diferentes cenários observou-se que em 62% da área o simulador elegeu o corte raso como intervenção, e para os outros 38% da área, escolheu um desbaste como opção. Isso pode ser justificado pelas idades de plantios, que mostram idade madura e já em época de corte raso, na maioria dos estratos, considerando o ciclo do *Pinus*.

Nos três grupos de resultados, observou-se que a maioria dos regimes de manejo ótimo indicou o corte raso. As simulações de regimes para a “Floresta Otimizada” foram compostas por até três desbastes, sendo que o primeiro desbaste ocorreu aos 14 e 15 anos, o segundo desbaste aos 17 e 18 anos e o terceiro e último desbaste ocorreu aos 20 e 21 anos, enquanto que o corte raso foi simulado dos 22 aos 35 anos.

Os resultados de VPL otimizado mostram os estratos mais velhos como os mais rentáveis em todos os cenários, pois estes estão num estágio de produção avançado e já foram beneficiados pelas intervenções de desbaste anteriores.

Esse resultado é similar ao encontrado por Scolforo (1990) que testou diversos regimes de manejo para plantios de *Pinus caribea* e encontrou resultados que indicaram os regimes com presença de desbaste os mais rentáveis.

Essa tendência foi também observada no trabalho desenvolvido por Ahrens (1992), onde a simulação de 44 regimes de manejo para *Pinus taeda* destacou o regime com desbastes como o que apresentou melhor desempenho econômico. Ambos os autores compararam regimes de manejo de florestas novas, iniciadas desde o plantio. Quando se trata de florestas mais velhas é certo que estas serão mais rentáveis.

4.4 FLORESTA IDEAL

Para a situação denominada “Floresta Ideal” foi realizado o planejamento da produção florestal simulando a implantação de uma floresta desde o ano um com regimes de manejo para a produção de madeira para celulose, serraria e laminação. Estes regimes foram concebidos com base em experiências já implantadas por outras empresas florestais.

A prática da poda, visando à valorização dos preços das toras obtidas e consequente melhoria no resultado econômico da floresta, mostrou na média que os

regimes de manejo resultaram em valores de VPLA (R\$/ha) mais significativos (+1,9%) em florestas podadas do que em florestas não podadas (TABELA 8).

TABELA 8 - REGIMES DE MANEJO COM VPLA MAXIMIZADO - ÁRVORES PODADAS E NÃO PODADAS.

Floresta	Densidade ¹	Tratamento	Idade (anos)	Ano de Plantio	VPLA ² (R\$/ha)	TIR ³
Sem Poda	2.000	CR	21	2010	1.059,83	22,87%
	1.667	CR	21	2010	1.066,61	23,18%
	1.333	CR	15	2010	1.003,23	20,27%
Com Poda	2.000	CR	22	2010	1.091,26	23,11%
	1.667	CR	21	2010	1.093,33	23,27%
	1.333	CR	15	2010	1.003,23	20,27%

¹Densidade de plantio: número de árvores/ha; ² Valor Presente Líquido considerando a taxa $i=8,75\%$; ³ Taxa Interna de Retorno.

Os preços de mercado para toras podadas e não podadas apresentaram variação de 10% a 38% (TABELA 9). Apesar dessa variação significativa, os indicadores de VPLA apresentaram pequena variação (+1,9%) como mostrado anteriormente. Isso pode ser justificado pelos maiores custos silviculturais em função da operação de poda. Portanto, a decisão quanto a realização ou não de poda deve englobar a análise da rentabilidade, os acréscimos dos custos envolvidos, além da análise de mercado quanto à aceitação e valorização da madeira podada na região.

TABELA 9 - VARIAÇÃO DE PREÇOS DE MADEIRA PODADA E SEM PODA.

Sortimentos	DPF ¹ (cm)	Preço (R\$/m ³) ²		Variação
		Podada	Sem poda	
Laminação_35	35	R\$ 156,9	R\$ 113,7	38%
Laminação_42	40	R\$ 204,0	R\$ 185,5	10%
Laminação_40	42	R\$ 233,9	R\$ 212,6	10%

¹DPF: classe de diâmetro na ponta fina em centímetros; ² Preços de madeira (R\$/m³) em pé.

A diferenciação dos preços das toras podadas exerceu uma influência significativa sobre os regimes dentro das mesmas condições de poda, apresentando variação de aproximadamente 8,1% entre a menor (1.333 árv/ha) e a maior (2.000 árv/ha) densidade de plantio. Os regimes com poda maximizaram o VPLA para as três situações de densidades analisadas em relação aos regimes sem poda.

Conforme Speltz (2000), no momento em que se desejar aumentar o volume disponível para laminação, ter-se-á um melhor resultado econômico, pois as toras com diâmetros superiores possuem um melhor preço de mercado, além de serem livres de nós. A poda é uma variável de suma importância que deve ser observada tanto do ponto de vista do povoamento florestal como da produção de madeira serrada e laminação, pois está diretamente relacionada com o objetivo de agregação de valor.

Observou-se que todos os valores de taxa interna de retorno estavam entre 23,44% e 23,79%. Verificou-se que a maior TIR ocorreu para o regime com 1.667 árv/ha que incluiu poda. Este estrato indica um retorno de R\$ 1.027,87/ha e corte raso aos 17 anos, quando a floresta mostra um retorno de R\$ 1.031,77/ha, sendo que entre os regimes comparados este foi o que se sobressaiu. O melhor resultado está nesta densidade inicial tanto no regime podado, quanto no sem poda.

Na seleção de regimes pela maximização da TIR, os resultados por estrato indicam taxas maiores para floresta podada. (TABELA 10).

TABELA 10 - REGIMES DE MANEJO SELECIONADOS PELA TIR MAXIMIZADA- ÁRVORES PODADAS E NÃO PODADAS.

Floresta	Densidade ¹	Tratamento	Idade (anos)	Ano de Plantio	VPLa ² (R\$/ha)	TIR ³
Sem Poda	2.000	CR	16	2010	1.012,52	23,50%
	1.667	CR	16	2010	988,56	23,66%
	1.667	CR	18	2010	1.027,87	23,66%
	1.333	CR	16	2010	923,48	23,44%
Com Poda	2.000	CR	16	2010	1.024,15	23,56%
	1.667	CR	17	2010	1.031,77	23,79%
	1.333	CR	16	2010	947,01	23,57%
	1.333	CR	17	2010	965,03	23,57%

¹Densidade de plantio: (número de árvores/ha); ² Valor Presente Líquido ($i=8,75\%$); ³ Taxa Interna de Retorno.

Gonçalves (2004) encontrou para *Pinus taeda* uma TIR de 21,41%, e comparou com o valor da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10%, cuja variabilidade apresenta o risco em termos de taxa.

Todos os resultados encontrados de TIR são maiores que a TMA, tanto nos regimes podados, como nos não podados. Para que sejam resultados interessantes e aplicáveis, é necessário se obter mais informações sobre o comportamento do mercado, pois variações na taxa de mercado podem tornar o investimento menos atrativo.

4.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade foi realizada após a otimização do VPL para cada cenário. Para avaliar os resultados obtidos, as seguintes variáveis foram analisadas:

1. Taxa de desconto da floresta;
2. Preços da madeira;
3. Custos Silviculturais; e,
4. Custos indiretos ou *Overhead*.

Para as variáveis foi estabelecida uma faixa de variação de 7,75% a 9,75% para a taxa de desconto da floresta, de 90% a 110% para os preços de madeira, e de 80% a 120% para os custos silviculturais e *overhead*, como pode ser observado na TABELA 11.

TABELA 11 - VARIÁVEIS CONSIDERADAS NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.

Variável	Caso Base	Pessimista	Otimista
Taxa de Desconto Floresta	8,75%	9,75%	7,75%
Preço de Madeira	100%	90%	110%
Custos Silviculturais	100%	120%	80%
<i>Overhead</i>	100%	120%	80%

A amplitude de variação do Valor Presente Líquido otimizado por hectare refere-se às variáveis analisadas e é apresentada na TABELA 12.

TABELA 12 - COEFICIENTES DE VPL (R\$/ha) RESULTANTES DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.

Variável	Pessimista	Otimista	Varição
Taxa de Desconto Floresta	R\$ 3.591,49	R\$ 22.111,58	R\$ 18.520,09
Preço de Madeira	R\$ 8.990,72	R\$ 17.816,11	R\$ 8.825,39
Custos Silviculturais	R\$ 12.382,78	R\$ 14.424,06	R\$ 2.041,28
<i>Overhead</i>	R\$ 12.503,54	R\$ 14.303,29	R\$ 1.799,75

O estudo de sensibilidade foi efetuado para um valor representativo, o VPL. Para esta análise foi utilizada a técnica gráfica Diagrama Tornado, que ordena as variáveis independentes conforme sua sensibilidade e impacto na variável dependente, o VPL. O GRÁFICO 7 apresenta a sensibilidade das variáveis independentes estudadas e seu impacto no VPL.

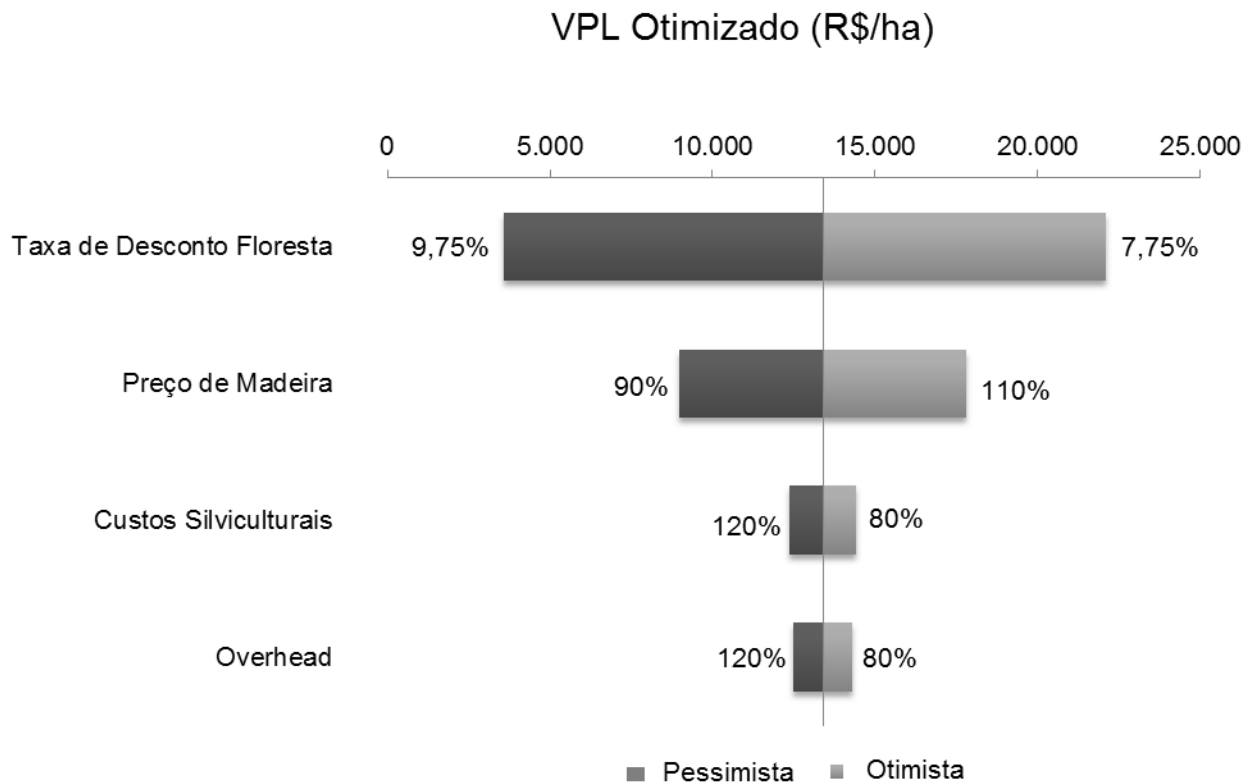


GRÁFICO 7 - DIAGRAMA TORNADO.

Observou-se que as variáveis cujas alterações percentuais mais influenciaram o Valor Presente Líquido otimizado por hectare foram, em primeiro lugar, a taxa de desconto da floresta, que apresentou VPL (R\$/ha) na ordem de 110% superior a segunda variável, os preços da madeira.

As variáveis econômicas para as quais o VPL otimizado apresenta menor sensibilidade às variações percentuais foram os custos silviculturais e os custos indiretos ou *overhead*. As linhas representativas destes custos são quase sobrepostas, apresentando variação de 13% no VPL otimizado.

O Diagrama Tornado mostrou o efeito da taxa de desconto sobre o VPL para este estudo variando um ponto percentual, ou seja, aproximadamente 11%, se for considerada a relação entre os valores pessimista de 9,75% e o valor original de 8,75%. Verifica-se que para uma taxa de desconto de 9,75% ao ano, a análise econômica

ficou extremamente prejudicada, apresentando queda de 73% no valor base. Entretanto, se a taxa de desconto diminuir para 7,75%, o VPL pode atingir o valor máximo de R\$ 22.111,58/ha, ou seja, apresenta um acréscimo de 19% do valor base que considera uma taxa de desconto de 8,75%. Nota-se que à medida que a taxa de desconto aumenta o VPL decresce, ou seja, a rentabilidade diminui.

A taxa de desconto da floresta mostrou-se a variável mais impactante entre as variáveis independentes estudadas. Neste contexto, sugere-se que essa variável seja discutida sempre com maior cuidado de modo geral, que haja acompanhamento da dinâmica e das oscilações de mercado, observando os outros setores da economia, a fim de viabilizar economicamente os projetos.

A segunda variável mais importante nesse estudo foi o preço da madeira, que por sua vez pode alterar significativamente o VPL otimizado. Quando comparado ao caso base, ao simular 10% de acréscimo no valor da madeira, ao fim seria obtido um VPL de R\$ 17.816,11/ha, representando um acréscimo de 33% com relação ao valor obtido com preços da madeira sem alterar. Caso o preço da madeira seja reduzido em 10% seria obtido um VPL de R\$ 8.990,72/ha, o qual corresponde a uma redução de 33% no valor final.

O preço da madeira é uma variável importante e que sofre oscilações conforme o comportamento do mercado regional. Deve-se prestar atenção para a dinâmica do mercado e entender a situação local, para que essa variável independente seja acompanhada e não cause impacto negativo no empreendimento.

A terceira variável independente mais sensível é o custo silvicultural. Apesar de apresentar variação idêntica à do custo indireto ou *overhead*, o VPL foi mais sensível a essa variável. Comparado com o valor base, o VPL acusou uma variação na ordem de +8%, resultando no VPL de R\$ 14.424,06/ha, quando simulada uma redução de 20% no custo silvicultural, e na ordem de -8%, o qual indica VPL de R\$ 12.382,78/ha, para aumento de 20% no custo silvicultural.

A última variável independente analisada foi o *overhead*, também denominada de custo indireto. Essa variável ficou em último lugar no *ranking*, indicando a mesma é a

variável diante da qual o VPL é menos sensível. Apesar de avaliada com a mesma variação dos custos silviculturais, gerou menor variação no VPL. Observou-se, comparando com o valor base, que mesmo diminuindo em 20% o *overhead*, o valor final do VPL aumenta apenas 7%. E mesmo que se simule uma elevação de 20% no *overhead*, o valor final por hectare atingirá R\$ 12.503,54.

A amplitude de variação do VPL atingiu R\$ 2.041,28/ha dos custos silviculturais contra R\$ 1.799,75/ha de *overhead*, ou seja, os custos silviculturais causaram variação no VLP de 12% a mais que o *overhead*.

Em síntese, observou-se que os maiores cuidados devem ser tomados com as variáveis mais sensíveis: taxa de desconto da floresta e preços da madeira. Uma alternativa para melhorar o acompanhamento dessas variáveis seria a aplicação de maiores investimentos com pesquisa e acompanhamento assíduo dos indicadores econômicos que estão diretamente ligados ao setor florestal e que afetam a rentabilidade do empreendimento. Adicionalmente deve-se realizar um acompanhamento do mercado competidor no que se refere à oferta e à demanda do mercado em questão, para monitorar as oscilações de preços de madeira.

Contudo, as variáveis que tiveram menor impacto sobre o valor final VPL, que são os custos silviculturais e *overhead*, podem ser analisados de tal forma a proporcionar melhorias na empresa, como forma de investimento no empreendimento, ou ainda estudar benefícios aos trabalhadores no que tange ao bem estar e à segurança do trabalho.

No caso dos custos silviculturais, o objetivo é reduzi-los. Desta forma, pode-se pensar numa melhor estrutura no campo, na época de plantio, condições de trabalho adequadas, sem contar a possibilidade de investimentos em mudas de qualidade superior e investimentos com o preparo do solo, para que o resultado final seja maximizado. Com relação ao *overhead*, que são os custos indiretos, recomenda-se que seja feito investimento em pesquisa para desenvolvimento do empreendimento e para otimizar o próprio planejamento de atividades e operações. Por meio desta variável

podem ser explorados estudos relacionados à proteção florestal, melhoramento genético, planejamento de operações silviculturais e de colheita e estradas.

De modo geral, verifica-se que à medida que a taxa de desconto aumenta, o risco do empreendimento também é maior e o VPL diminui. Esta sensibilidade às variações na taxa real de desconto usada era esperada, uma vez que altas taxas de desconto tendem a inviabilizar investimentos com maior horizonte de planejamento, devido ao longo tempo de retorno do investimento, como é o caso dos investimentos no setor florestal.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A “Floresta Otimizada” refere-se às florestas da empresa Florestal Gateados no ano base 2010 que já sofreram intervenções de desbaste e poda. Após avaliação econômica realizada, os seguintes resultados foram obtidos:

Conclui-se que em regimes de manejo com idades de 14 até os 20 anos a média do VPL/ha é R\$ 664,50. Para os regimes com idade de 21 até 30 anos, a média do VPL/ha é R\$ 611,36 e regimes com idade superior a 31 anos o VPL/ha mostra um valor médio de R\$ 650,65. No geral os regimes de manejo apresentam amplitude de variação de rentabilidade de R\$ 403,22 e R\$ 914,22.

A melhor prescrição de manejo é a realização do corte raso imediato, pois se trata de florestas velhas, com características de maturação.

É possível manter até 2024 otimizando o volume da produção pela maximização do VPL.

Para a “Floresta Ideal”, ou seja, na qual o ciclo todo da floresta foi planejado desde o ano zero, do plantio até o corte raso, e também pôde-se avaliar melhor as intervenções, as conclusões são as seguintes:

Tanto nos regimes de madeira podada quanto nos regimes sem poda, o corte raso incidiu aos 21 anos. Para o regime com poda, o VPLA/ha apresentou valor 2,5% superior ao regime sem poda.

A maior densidade de plantio 2.000 árvores/ha foi a segunda mais rentável seguida da densidade de 1.333 árvores/ha. O regime de madeira podada apresenta valor 3,0% superior ao regime de manejo sem poda na maior densidade de plantio.

Para florestas podadas, ou seja, para as alternativas *clearwood* e *utility*, a maior TIR é da ordem de 23,79% com um regime de manejo com plantio de densidade inicial de 1.667 árvores/ha e corte raso aos 17 anos, considerando um preço maior para a madeira podada. Nota-se que o investimento em reflorestamento de *Pinus taeda* é atrativo e viável, e possibilita investimentos no negócio.

Recomendação: Para se obter maiores rendimentos no plantio de *Pinus*, deve-se iniciar o plantio com um número médio de árvores, como por exemplo 1.667 árvores/ha,

conforme mostraram os resultados da análise do VPLA tanto para madeira podada quanto para a sem poda.

Na análise de sensibilidade, os resultados indicam que os maiores cuidados devem ser tomados com as variáveis independentes mais sensíveis: em primeiro lugar a taxa de desconto da floresta, em segundo lugar os preços da madeira, na terceira posição os custos silviculturais e finalmente o *overhead*.

O Diagrama Tornado foi eficiente para demonstrar o grau de importância de cada variável sobre o VPL.

Recomendação: Para as variáveis taxa de desconto da floresta e preço da madeira, recomenda-se a realização de um acompanhamento do mercado competidor, quanto à oferta e demanda do mercado em questão, para monitorar as oscilações de preços de madeira e as taxas de desconto aplicadas. As variáveis custos silviculturais e *overhead* que apresentam menor impacto sobre o valor final VPL/ha.

Quanto ao Diagrama Tornado, recomenda-se que seja utilizado em novos estudos na Engenharia Florestal, devido sua ampla possibilidade aplicação, simplicidade e eficiência na análise de sensibilidade em diversas áreas.

REFERÊNCIAS

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>> Acesso em: setembro/2011 e janeiro/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-4**: avaliação de bens - empreendimentos. Rio de Janeiro, 2002.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2010: ano base 2009**. Brasília, 2010.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010**. Brasília, 2011.

ACERBI JR., F. **Definição de regimes de desbaste e poda economicamente ótimos para *Pinus taeda* L.** 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

ACERBI JR, F.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes para *Pinus taeda* para obtenção de múltiplos produtos da madeira. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n.1: 81-102, 1999.

AHRENS, S. **A concepção de regimes de manejo para plantações de *Pinus* sp. no Brasil**. Curitiba: EMBRAPA-CNPFlorestas, 1987, 23 p. Circular Técnica 10 - Título. II. Série.

AHRENS, S., **A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de programação dinâmica**. 189 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

ALDER, D. **Forest volume estimation and yield prediction**. Rome, v. 2, 197 p.,1980.

ARCE, J.E., **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências

Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

ARCE, J.E. **Um Sistema de Análise, Simulação e Otimização do Sortimento Florestal em Função da Demanda por Multiprodutos e dos Custos de Transporte.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/12/2011 e 10/01/2012.

BERGER, R.; GARLIPP, R.C.D. **Estudo preliminar sobre a viabilidade econômica da substituição do óleo combustível por madeira de eucalipto.** Piracicaba: IPEF, 1980. 7 p. Circular Técnica.

BERGER, R.; GARLIPP, R.C.D.; PEREIRA, R.S. Preço Máximo de terras para reflorestamento - sua importância na viabilização de empreendimentos florestais. **IPEF**, Piracicaba, n. 23, 11-20. 1982.

BERGER, R.; PADILHA, J.B. **Economia Florestal.** Curitiba: Editora UFPR, 2005.

BREDENKAMP, B. Initial spacing of Pinus patula for maximum yield of pulpwood over a 16 year rotation. **South African Forestry Journal**, 1980, volume 115, issue 1, p. 47-49.

BRIGHAM, F.E. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira.** Rio de Janeiro: Campus, 1999.

BRUN, F.L. **Influência do valor da madeira de mercado sobre o ordenamento de florestas plantadas para o suprimento parcial de uma indústria de celulose e papel: uma aplicação da programação linear.** 160 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

BOTELHO, S.A. Espaçamento. In: **Manejo Florestal.** Universidade Federal de Lavras. FAEPE: Lavras, 1996. p.381-406.

CARNIERI, C.; GAVINHO, L.; MAESTRI, R. Um modelo de otimização para planejamento de longo prazo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2.,: 1991, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1992. p. 333-346.

COUTO, H.T.Z. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS* PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...**São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995, p. 21-30.

COZZO, D. **Tecnología de la forestación en Argentina e América Latina.**, Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1976.

DAVIS, K.P. **Forest management, regulation and valuation.** USA: Mc Graw Hill, 1966.

DOSSA, D. Importância sócio-econômica e ambiental. **Embrapa Florestas**, Colombo, n. 5, ISSN 1678-8281 versão Eletrônica Nov./2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivadoPinus/11_importancia_socio_economica.htm>. Acesso em: 14/01/2012.

RODIGHERI, H.R.; GRAÇA, L.R.; LIMA, M.A. **Embrapa Florestas**, Colombo, Comunicado Técnico nº 136, ISSN 1517-5030, versão Eletrônica Dez./ 2005. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec136.pdf>. Acesso em: 14/01/2012.

EVANS, J. **Plantation forestry in the tropics.** Oxford: University Press, 1984.

EVANS, J. **Plantation forestry in the tropics.** 2 Ed. Oxford: Clarendon Press, 1992.

GITMAN, L.J. **Princípios de Administração Financeira.** 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GOMES, F.S. **Planejamento da produção em povoamentos de *Pinus spp.* no Sul do Brasil.** 102 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal Paraná, Curitiba, 1995.

GOMES, F.S; **A seleção de regimes de manejo mais rentáveis em *Pinus taeda* L., na produção de madeira para papel e celulose.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

GOMES, F.; SANQUETTA, C.R.; SCOLFORO, J.R.; GRAÇA, L.R.; MAESTRI, R. Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *Pinus taeda* L., **Revista Cerne**, Lavras, v. 8, n 001, p. 13-3, 2002.

GONÇALVES, M., **Avaliação de Investimento em reflorestamento de *Pinus* sob condições de Incerteza**, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

HOSOKAWA, R.T. Funções de forma e o planejamento da produção florestal. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 5., 1982., Curitiba. **Anais...**Curitiba: EMBRAPA/CNPQ, 1982. p 7-14.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário estatístico brasileiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22/05/2011 e 24/07/2011.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 16/11/2011.e 2/12/2011.

JOHNSON, K.; STUART, T.; CRIMM, S.A. **FORPLAN**, version 2: An overview. USDA Forest Service, Land Management Planning Systems Section, Washington, DC, 1986.

KAUL, R.N.; SHARMA, K.K. Initial spacings and growth of *Pinus caribaea*. **Indian Forester**, Uttar-Pradesh, Índia, v.108 n.1, p. 69-74, 1982.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; Ponce, R.H. **A cultura do pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

LAW, A.M., KELTON, W.D. **Simulation Modeling and Analysis**, 3.ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LEUSCHNER, W.A. **Introduction to Forest Resource Management**. New York: John Wiley, 1984.

LIMA JR, V.B, REZENDE, J.L.P., OLIVEIRA, A.D. Determinação da taxa de desconto a ser usada na análise econômica de projetos florestais. **Revista Cerne**, Lavras, vol. 3, n. 1, p. 45-66, 1997.

LINDO SYSTEMS. **WHAT'S BEST!**. Estados Unidos, Chicago, 2011.

LLERA, J. C. **Diagnostico, evaluacion y mejoramiento de procesos de planificacion de proyectos en la construccion**. Tesis de Mestrado. Pontificia Universidad Catolica de Chile, Santiago de Chile, 1996.

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Revista Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.

MAESTRI, R. **Manejo Florestal para obtenção de múltiplos produtos**. Trabalho apresentado na Semana do Meio Ambiente, 3: Produção e proteção – a busca do desenvolvimento sustentável, Lavras, 1994.

MARTINELLI, C.S.; BATOCCHIO, A. **Análise Financeira como Estratégia de Investimentos**. Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 1999.

MARTINI, E.L.; LEITE, N.B., Planejamento florestal, a importância e a aplicação da programação linear. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1, 1988, Curitiba. **Anais** ...Curitiba: EMBRAPA, 1988. p. 545-574.

MATSUSHITA, M.S.; PARCHEN, C.A.P. **Planilha VPL-TIR-Sensibilidade**. *Software* desenvolvido em MS-Excel. Instituto Emater. Curitiba: 2006.

MCF CONSULTORIA, **Bases para um Projeto Florestal Eucalipto/Pinus**. Disponível em: <<http://www.opec-eventos.com.br/msflorestal/download/manoel.pdf>>. Acesso em: 14/01/2012.

NEWMAN, D.H. **The optimal forest rotation: a discussion and annotated bibliography**. General Technical Report SE-48, 1988.

OLIVEIRA, E.B., **Um sistema integrado de prognose de crescimento e da produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. 134 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

OPTIMBER Otimização e Informática. **FlorExel** versão 3.8.68 para Windows 2010. Brasil, PR, 2011.

PINUS é destaque no mercado interno. Disponível em: <<http://painelflorestal.com.br/noticias/saiu-na-midia/13663/pinus-destaque-no-mercado-interno>>. Acesso em: 02/12/2011.

RADAR PÖYRY SILVICONCONSULT, **Setor Florestal Brasileiro – Contexto e Tendências**. 3.ed. ano 3. Curitiba, 2011.

RADAR PÖYRY SILVICONCONSULT, **Mercado Florestal Brasileiro**. 4.ed. ano 3. Curitiba, 2012.

REZENDE, J.L.P.; JUNIOR, G.G.P.; ASSUNCAO, G. **Técnicas de análise econômica usadas nas tomadas de decisões referentes a reforma de eucaliptais**. Belo Horizonte: SIF/UFV, 1987.

REZENDE, J.L.P.; LOPES, H.V.S. A importância do custo da terra na determinação da idade ótima de corte de povoamento de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.1, 1994.

REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001.

ROTTERDAN, M.S.; BELDERRAIN, M.C. **Considerações sobre análise de sensibilidade em análise de decisão**. In: VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA / IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

SANQUETTA, C.R.; MORA, A.L.; BORSATO, R.; VIDAL, M.A.S.; PEIXOTO, A.M.; CHIARANDA, R. Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos - II. *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva – PR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.1, p. 55-61, 2003.

SARGENT, R.G. **Simulation model verification and validation**. Atas do 1991 Winter Simulation Conference, Phoenix, AZ, USA, 1991.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1990.

SCOLFORO, J.R.S. Curvas de índice de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis - IPEF**, Piracicaba, v. 45, p. 40-47, 1992.

SCOLFORO, J.R.S. **O sistema PISAPRO**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

SCOLFORO, J.R.S.; MACHADO, S. A. Um sistema de crescimento e produção com simulador de desbaste. **Scientia Forestalis - IPEF**, Piracicaba, n.50, p. 51-64, 1996.

SHANNON, R.E. **Systems Simulation – The Art and Science**. Prentice-Hall, 1975.

SILVA, R.T. **Planeamento Florestal, Modelos de Programação Inteira Multiobjectivo e Aplicações**. 132f. Dissertação (Mestrado em Gestão da Informação

nas Organizações) - Universidade de Coimbra - Faculdade de Economia, Coimbra, 2004.

SILVA, R.M.; BELDERRAIN, M.C.N. **Considerações sobre Diagrama Tornado em Análise de Sensibilidade**. In: VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA / IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

SILVA, M.L.; FONTES, A.A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE), valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 931-936, 2005.

SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.; VALVERDE, S.R. **Economia florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.

SMITH, D. **The practice of silviculture**. 8.ed. New York, J. Wiley, 1986.

SMITH, W. D., STRUB, M. R. **Initial Spacing: How Many Trees to Plant**. In: FOREST REGENERATION MANUAL. London: Kluwer Acad. Pub., p. 281-320, 1991.

SOTILLE, M. Como usar o Diagrama de Tornado. Disponível em: <http://blog.pmtech.com.br/2011/06/diagrama_de_tornado>. Acesso em: 20/06/2011.

SOUZA, A.; KREUZ, C. L. **Análise de retorno de parcerias para investimentos em florestas de pinus como alternativa de aumento de renda rural: o caso da região dos Campos de Palmas**. Trabalho apresentado no VIII Congresso del Instituto Internacional del Costos, Punta del Este, 2003.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SPELTZ, R. Avaliação econômica integrada de regimes de manejo em Pinus taeda L. **direcionados a múltiplos produtos da madeira**. 151f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SPURR, S.H. **Forest inventory**. The Ronald Press Company. New York, USA. 1952.

TANAKA, O.P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Brasil, n. 141, p. 24-30, 1986.

TSUDA, D.S. **Modelo de roteirização de veículos em uma empresa importadora de produtos japoneses**. 96 p. Trabalho de Formatura (Bacharel em Engenharia da Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

VOLPI, N.M.P. **O impacto de perturbações estocásticas em um modelo de planejamento florestal**. 268f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.