



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

*NEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE DA  
INDÚSTRIA MADEIREIRA*

**PECCA**

FABIANO LOURENÇO DOS SANTOS

APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR À REGULAÇÃO DA PRODUÇÃO  
FLORESTAL

CURITIBA-PR

2014

FABIANO LOURENÇO DOS SANTOS

APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR À REGULAÇÃO DA PRODUÇÃO  
FLORESTAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Negócios e Sustentabilidade da Produção Madeireira no curso de Pós-graduação em Negócios e Sustentabilidade da Produção Madeireira do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Gilciano Saraiva Nogueira

CURITIBA - PR

2014

Dedico...

...mais esta vitória, à minha esposa pelo amor e carinho sem iguais neste mundo e em honra de meus pais, que sempre acreditaram em meu potencial.

## AGRADECIMENTO

À Deus pela força e disposição para o cumprimento de minhas obrigações!

À minha esposa Lucy Mara B. R. Santos, pela paciência e apoio.

Ao professor Dr. Gilciano Saraiva Nogueira pela orientação sempre precisa

Ao amigo Dr. Daniel Binoti pelo auxílio com o software utilizado na modelagem do problema de otimização.

À Votorantim Siderurgia pelo apoio à conclusão desta especialização.

Aos amigos Amanda Naiane e Daniel Magalhães.

Aos amigos feitos durante esta especialização.

*Tudo posso naquele que me fortalece.*  
*(Filipenses 4:3)*

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	vi
<b>Abstract</b> .....	vii
<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Revisão de literatura</b> .....	4
<b>3. Objetivo</b> .....	8
<b>Objetivos Específicos</b> .....	8
<b>4. Material e Métodos</b> .....	9
<b>5. Resultados e Discussão</b> .....	18
<b>6. Conclusão</b> .....	32
<b>7. Referências Bibliográficas</b> .....	33
<b>8. Anexo 1</b> .....	36

## RESUMO

Neste trabalho estabelece-se uma rotina de otimização no processo de planejamento estratégico florestal de uma empresa, com base florestal própria. Com dados de uma área de 3.067 ha, composta por 7 projetos florestais em diferentes idades, foi realizada a modelagem e otimização do uso das florestas por meio de uma técnica de pesquisa operacional: a programação linear. Foram gerados 16 cenários, em função da variação dos níveis máximo e mínimo de produção de madeira demandada (70.000 m<sup>3</sup> à 120.000 m<sup>3</sup>), taxa de desconto (9,4% e 12%), manejo (reforma ou reforma + talhadia) e idades mínima e máxima de corte (6 anos à 9 anos). Com dados provenientes de inventário e prognose florestal foram geradas 14 curvas de crescimento e produção, sendo duas para cada projeto, uma para 1ª e outra para 2ª rotação. Foram determinados quatro grupos de matrizes de transição, as quais determinavam quantas prescrições de manejo seriam geradas para cada cenário. Fazendo uso do software RPF (Regulação da Produção Florestal) foram gerados os modelos de programação linear para posterior resolução com utilização do software LINGO. Dos 16 cenários gerados, cinco apresentaram solução possível atendendo às restrições do problema, resultando em valores de VPL da ordem de R\$ 2,0 milhões a R\$ 7,8 milhões. A aplicação de metodologia estruturada para otimização de recursos foi satisfatória e conclui-se como uma ferramenta eficiente no auxílio à tomada de decisão.

**Palavras-chave:** planejamento florestal, otimização, programação linear.

## **ABSTRACT**

This paper establishes a routine optimization in the processes of strategic forest planning of a company with its own forest base. With data from an area of 3,067 ha, consisting of 7 forestry projects in different ages, modeling and optimization of the use of forests was performed using a technique of operations research: linear programming. Sixteen scenarios were generated, depending on the variation of minimum and maximum levels of demanded production of timber (70,000 m<sup>3</sup> to 120,000 m<sup>3</sup>), deduction rate (9.4% and 12%), handling (reform or reform + coppice) and minimum and maximum cut off ages (6 years to 9 years). With data from forest inventory and prognosis, 14 production and growth curves were generated, two for each project, one for the first and the other for the second rotation. Were determined four groups of transition matrices, which determined how many handling prescriptions would be generated for each scenario. Making use of the RPF (Regulation of Forest Production), were generated the linear programming models for posterior resolution using LINGO software. Of the 16 scenarios generated, five had possible solution given the constraints of the problem, resulting in values of NPV of R\$ 2.0 million to R\$ 7.8 million. Applying a structured approach for resource optimization was satisfactory and it is concluded as an efficient tool to aid decision making.

**Keywords:** forest planning, optimization, linear programming.

## 1. INTRODUÇÃO

A destinação dos produtos de base florestal divide a cadeia produtiva da madeira em dois grandes grupos: o primeiro integrado pelos setores da indústria de base florestal (serrados, painéis e polpas) e o outro a produção de madeira voltada para fins energéticos (biomassa, carvão vegetal). O eucalipto tem sido amplamente utilizado para suprir a demanda de madeira para os dois grupos devido ao seu crescimento acelerado, variabilidade ao uso e principalmente pela adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (INFORME AGROPECUÁRIO, 2008).

No contexto citado é importante ressaltar que uma das etapas fundamentais refere-se ao planejamento de todas as atividades, considerando-se aspectos estratégicos: com a determinação das macro premissas, geralmente de cunho corporativo, a serem seguidas em um horizonte de prazo maior (5 a 21 anos, por exemplo); táticos: análise de um horizonte mais curto com viés de operacionalização (1 a 5 anos; por exemplo); e operacionais: voltados à definição do que se deve fazer até mesmo no nível diário da empresa (em geral abaixo de 1 ano) (BETTINGER et al, 2009).

Problemas que relacionam aspectos operacionais à premissas estratégicas são sempre atuais uma vez que tais premissas podem ser alteradas em função do cenário atual e também das projeções, sejam essas pessimistas ou otimistas. Desde a crise financeira de 2008, por exemplo, constantes revisões precisam ser feitas, em função da instabilidade que se instalou em vários segmentos, sendo que alguns sentiram os efeitos de

forma imediata, e outros demoram um pouco mais de tempo para serem afetados.

A silvicultura consiste em um conjunto de atividades relacionadas à produção de árvores e, conseqüentemente, de florestas. As técnicas utilizadas são denominadas técnicas silviculturais e podem ser classificadas em etapas distintas: pré-plantio (controle de mato competição, controle de pragas, preparo do solo: calagem, gradagem, subsolagem, coveamento, etc.), plantio (plantio das mudas, irrigação, adubação de base, etc.) e manutenção florestal (controle de pragas e doenças, controle de mato competição, adubação complementar, etc.).

Para efeito de suprimento contínuo de uma das matérias-primas base para produção de aço, o ferro gusa, faz-se necessária a formação contínua de florestas de eucalipto, as quais serão transformadas futuramente em carvão vegetal no processo de carbonização da madeira.

Tanto o processo de formação de florestas, por meio de técnicas silviculturais, quanto o de produção de carvão, são influenciados diretamente pelas definições associadas à visão e planejamento estratégicos da empresa bem como à forma de operacionalizar tais ações no médio/curto prazo.

O planejamento de uma indústria de base florestal passa por premissas que devem considerar grandes investimentos em formação e manutenção de florestas, bem como o dimensionamento de unidades de produção, adequadas ao consumo da madeira produzida, para este caso, destinada à produção de carvão vegetal, para fins siderúrgicos.

A aplicação de ferramentas do manejo florestal destinadas à otimização de recursos é o desafio aqui proposto sendo que se espera poder utilizar um modelo tradicional de regulação florestal, baseado no uso de programação linear para mostrar um cenário que possa ser atrativo para o foco estratégico e/ou tático de uma organização do setor siderúrgico, respondendo às seguintes questões básicas: onde e quando colher, onde e quando reformar ou plantar novas florestas, qual a melhor combinação de alternativas para se obter uma estrutura florestal regulada.

O que algumas vezes é feito de forma empírica pelo método de tentativa e erro, deve ser convertido para uma metodologia clássica, cujo resultado possa apontar o caminho correto a ser seguido.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com CARNIERE (1989) as empresas florestais, excluindo-se em geral as de pequeno porte, precisam manejar áreas, na maioria das vezes pulverizadas em diferentes regiões, podendo ser feitos agrupamentos quanto às características das florestas tais como: idade dos plantios, curva de crescimento, composição dos custos de formação da respectiva floresta. As indústrias às quais estas bases florestais estão associadas precisam garantir sua autossuficiência, por razões econômicas e também de ordem ambiental. Ainda segundo este autor a quantidade de variáveis a serem consideradas e tratadas neste tipo de contexto é muito grande, o que justifica demasiada atenção à problemas dessa natureza, justificando a importância do planejamento florestal.

SANTOS (2008) ressalta que, fatores como a natureza do empreendimento florestal, objetivos, aspectos econômico-financeiros, níveis de demanda e oferta relacionados aos bens produzidos, associados aos custos e retornos da produção, são fundamentais à composição da estrutura de ordenamento florestal. Acrescenta-se que atingir os objetivos específicos de cada empreendimento é função das condições momentâneas de mercado associadas ao conjunto de práticas de manejo florestal que são adotadas pelas respectivas empresas, podendo algumas dessas práticas estar associadas à estratégias corporativas de forma direta, como por exemplo, nos casos em que a certificação florestal é necessária para que o produto final possa ser vendido em mercados específicos com melhor precificação.

A estrutura de uma floresta pode ser considerada regulada quando possuir áreas de plantio/colheita iguais, ou muito similares, do ano de implantação até a idade regulatória (LEUSCHNER, 1984), podendo ocorrer variações nas áreas e classes de idades durante o período de regulação da produção florestal.

O planejamento florestal pode ser considerado um dos cerne do segmento florestal, não importa em qual ramo de negócio a empresa atue, seja produção de celulose, biomassa, madeira sólida, biorredutor, ou mesmo produtos não madeireiros. O planejamento é o resultado do levantamento apurado de dados de monitoramento da floresta, visando garantir a sustentabilidade produtiva e também a autossuficiência do processo produtivo (PIASSI, 2011). Por meio do planejamento, o passado e o futuro são representados em modelos matemáticos que tendem a demonstrar o resultado otimizado de um conjunto de fatores e suas inter-relações no tempo.

As técnicas de otimização são fundamentais ao sucesso do processo de planejamento, permitindo tomadas de decisão precisas aos profissionais do segmento florestal.

De acordo com LISBOA (2013), o advento das técnicas de pesquisa operacional ocorreu em função da necessidade de se dimensionar de forma eficiente a utilização de recursos limitados. Durante a segunda guerra mundial a necessidade do desenvolvimento de estratégias militares mais eficazes fez com que este campo da ciência fosse desenvolvido de forma mais rápida.

O uso de modelos matemáticos é uma constante na pesquisa operacional e os resultados alcançados auxiliam gerentes em suas tomadas de decisões de forma mais eficiente. As informações atuais disponíveis são trabalhadas e apontam opções para escolha da melhor decisão possível (RANDOUTS, 2002).

Montevechi (2000) cita os métodos mais comuns usados no âmbito da pesquisa operacional: 1) teoria da decisão; 2) modelos sequenciais (sequência e coordenação); 3) modelos de alocação; 4) modelos de designação; 5) modelos de competição; 6) técnicas clássicas de otimização; 7) modelos de substituição (reposição); 8) modelos de estoque (teoria dos estoques); 9) modelos de filas; 10) técnicas de simulação; 11) modelos de programação linear; 12) modelos de programação dinâmica; 13) modelos de rotas; e 14) métodos heurísticos.

A programação linear é uma das ferramentas básicas da pesquisa operacional e visa à otimização (maximização e minimização) de recursos ou custos, com base em uma função linear de variáveis, a qual é denominada função objetivo. Contudo a linearidade intrínseca a esta técnica a torna inapta para uma grande natureza de problemas, contudo ainda é uma das técnicas mais difundidas e utilizadas para resolução de problemas de otimização de recursos (MONTEVECHI, 2000).

No setor florestal, a aplicação de programação linear pode ser considerada frequente (LEAK, 1964; NAVON e McCONNEN, 1967; PEREIRA *et al.*, 1981; RODRIGUES *et al.*, 1998; VOLPI *et al.*; 1999: RODRIGUES *et al.*, 1999: SILVA *et al.*, 2003; PIASSI, 2011; CARVALHO 2012; BINOTI, 2012; entre muitos outros trabalhos).

Espera-se por meio do uso da programação linear obter uma solução que maximize o retorno do investimento na base florestal, atendendo uma demanda preestabelecida e resultando na melhor estrutura de regulação florestal possível.

### **3. OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo estabelecer uma rotina de otimização ao processo de planejamento estratégico florestal de uma empresa, com base florestal própria.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Construir um modelo de otimização, baseado em programação linear, considerando uma função objetivo que maximize o retorno do investimento.
- b) Apresentar cenários factíveis que garantam o atendimento de restrições operacionais no médio e longo prazo e que resultem em uma estrutura florestal regulada.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são de uma região com clima cuja classificação, segundo Köppen, é do tipo AW apresentando sete meses úmidos e cinco meses secos, tropical com verão quente/chuvoso e inverno seco. A temperatura média do mês mais frio é superior a 15° C e a precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm (1 mm corresponde ao volume de 1 litro de água por m<sup>2</sup>). A precipitação anual da região varia de 1.000 a 1.500 mm. O solo predominante é o AQd4- Associação de areias quartzosas distróficas álicas, A fraco e moderado + latossolo vermelho amarelo distrófico álico A moderado textura média ambos fase cerrado e campo cerrado, relevo plano a suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

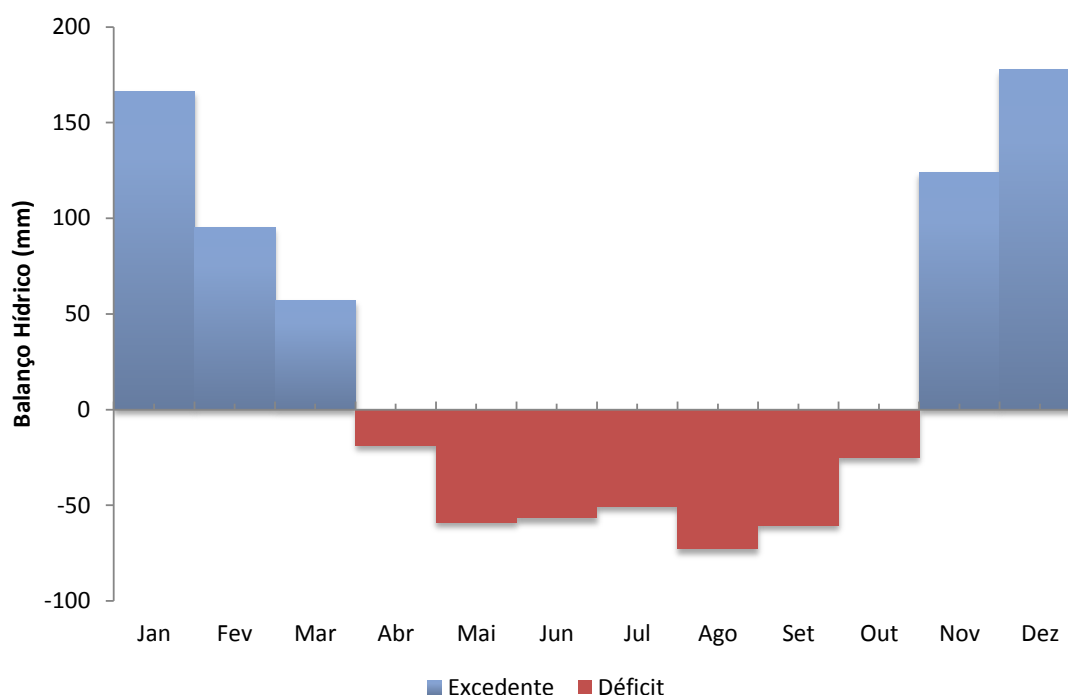


Figura 1 – Balanço hídrico da região de estudo.

O cadastro básico da área de estudo é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Área dos projetos utilizados neste estudo de caso

<b>Região</b>	<b>Fazenda</b>	<b>Projeto</b>	<b>Área (ha)</b>
A	1	Projeto 1	334,32
		Projeto 7	397,42
B	2	Projeto 2	196,15
		Projeto 3	867,19
		Projeto 4	260,12
		Projeto 6	191,65
		Projeto 5	819,90
			<b>3.066,75</b>

A área supracitada é composta por 161 unidades de manejo (talhões). Os dados de cadastro são apresentados no anexo 1.

As fazendas relacionadas são limítrofes e, portanto estão inseridas em uma mesma microbacia hidrográfica, com semelhança climática e de formação geral de solos. A figura 1 apresenta o balanço hídrico da região e demonstra o déficit hídrico que a área está exposta, característica essa que influencia o manejo da região e conseqüentemente os custos de formação e manutenção de florestas.

Os sete projetos possuem diferentes características sendo estas: ano de plantio, clones, classificação de solos, distâncias da unidade de consumo.

A referida empresa não tem disponibilidade de capital para aquisição de terras. A produção de carvão vegetal visa abastecer o segmento siderúrgico voltado à produção de aços longos, destinados à construção civil.

Foram utilizados dados provenientes de parcelas de inventário florestal, sendo as parcelas com área aproximada de 500 m<sup>2</sup>, nas quais foram medidos os DAPs (diâmetro à altura de 1,30m do solo) de todas as

árvores e a altura das 10 primeiras árvores das parcelas, além da altura de três árvores dominantes.

Para estimação do volume foram utilizados dados de cubagens de árvores, sendo os estratos de cubagem definidos de acordo com região (projeto), idade e materiais genéticos plantados. Foram cubadas 6 árvores por classe de diâmetro para cada estrato e a amplitude das classes foi de 2 cm de DAP.

Os dados das cubagens foram processados empregando-se a fórmula de Smalian e foi ajustado o modelo de volume de Schumacher e Hall, em sua forma linearizada, para cada estrato.

Os dados do inventário foram a base para elaboração das curvas de crescimento e produção em nível de povoamento, bem como das curvas de índice de sítio, que foram utilizadas para a projeção de volumes de madeira no horizonte de planejamento. A metodologia utilizada para realizar tais ajustes é apresentada por CAMPOS e LEITE (2006). Inicialmente o modelo de Gompertz (1) foi utilizado para determinação das curvas de índice de sítio (ou site) e posteriormente, foram empregados os modelos de Logística (2) e de Clutter (3.1 e 3.2), para composição das tabelas de volume.

$$Hd = \beta_0 e^{(-e^{\beta_1 - \beta_2 I})} \cdot \varepsilon \quad (1)$$

Em que:

$Hd$  = altura dominante (m);

$I$  = Idade (meses);

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = parâmetros do modelo;

$\varepsilon$  = erro aleatório.

$$V = \frac{\beta_0}{(1+e^{\beta_1-\beta_2 I})} \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Em que:

$V$  = Volume (m<sup>3</sup>/ha);

$I$  = Idade (meses);

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = parâmetros do modelo;

$\varepsilon$  = erro aleatório.

$$\ln(V_2) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{I_2}\right) + \beta_2 S_1 + \beta_3 \ln B_2 + \ln \varepsilon \quad (3.1)$$

$$\ln(B_2) = \ln B_1 \left(\frac{I_1}{I_2}\right) + \alpha_0 \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + \alpha_1 \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) S_1 + \ln \varepsilon \quad (3.2)$$

Em que:

$V_2$  = Volume na idade  $I_2$  (m<sup>3</sup>/ha);

$I_1$  = Idade atual (meses);

$I_2$  = Idade futura (meses);

$B_1$  = Área basal na idade  $I_1$  (m<sup>2</sup>/ha);

$B_2$  = Área basal na idade  $I_2$  (m<sup>2</sup>/ha);

$S_1$  = Índice de local na idade  $I_1$  (m);

$\alpha_1, \alpha_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$  = parâmetros do modelo;

$\varepsilon$  = erro aleatório.

Para o presente estudo o horizonte de planejamento considerado foi de 21 anos. Considerou-se a possibilidade de realização de até duas rotações de 8 anos para cada unidade de manejo, com possibilidade de colheita à partir do ano 5 até o ano 8, podendo ser a floresta manejada a partir da colheita para um segundo corte (talhadia), ou ser reformada (novo plantio).

O VPL (valor presente líquido) associado ao custo de formação de florestas, das operações de colheita e das receitas provenientes da produção de madeira, foi obtido para ponderar o uso da terra nos diferentes manejos, de forma a compor a função objetivo do problema de programação linear. A solução pretendida será aquela que maximiza o VPL, atendendo às restrições do modelo: área, produção, idades mínima e máxima de corte e a idade regulatória.

O problema foi formulado para resolução por método de programação linear, seguindo o modelo de regulação proposto por Johnson e Scheurman (1977), denominado modelo I. A formulação foi feita utilizando-se o sistema RPF, proposto por BINOTI (2012) e a resolução do problema de PL foi feita utilizando-se o software LINGO. O detalhamento da metodologia relacionada à parametrização e utilização do software, pode ser consultado na íntegra em BINOTI (2012).

A base de decisão do modelo de programação linear utilizado levará em consideração as áreas das unidades de manejo, as quais receberão

uma determinada prescrição, de acordo com a notação  $X_{ij}$ , em que  $i$  corresponde à  $i$ -ésima unidade de manejo e  $j$  a  $j$ -ésima prescrição.

O resultado a ser alcançado é denotado pela função objetivo, que matematicamente pode ser representada da forma à seguir:

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

Em que:

$VPL$  = valor presente líquido;

$C_j$  = custo por unidade de área do período de tempo ( $j$ ) considerado;

$R_j$  = receita por unidade de área do período de tempo ( $j$ ) considerado;

$i$  = taxa de desconto;

$n$  = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo; e

$j$  = período de tempo, em anos.

A função objetivo definida para maximização do VPL global é:

$$\text{MAX } (VPL_G)$$

$$VPL_G = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij}$$

Em que:

$VPL_G$  = valor presente líquido global;

$C_{ij}$  = valor presente líquido, por hectare da unidade de manejo  $i$ , sob a prescrição  $j$ ;

$X_{ij}$  = variáveis de decisão representadas pela área (ha) da unidade de manejo  $i$  assinalada à prescrição  $j$ ;

$M$  = número de unidades manejo; e

$N$  = número de prescrições de manejo da  $i$ -ésima unidade de manejo.

Na resolução do problema de PL um conjunto de restrições precisa ser respeitado, sendo elas:

- O somatório das áreas de cada prescrição não pode exceder a área da unidade de manejo;
- Deve ser respeitada a demanda máxima e mínima de produção para os períodos desejados.

Matematicamente as restrições estabelecidas para o problema de programação linear foram:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ij} \leq A_{ij} \quad (i = 1, \dots, M)(j = 1, \dots, N)$$

$$VMax_{Hk} = (1 + \alpha) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N V_{ijk} X_{ij} \quad (K = 0, 1, 2, \dots, H - 1)$$

$$VMin_{Hk} = (1 - \alpha) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N V_{ijk} X_{ij} \quad (K = 0, 1, 2, \dots, H - 1)$$

Em que:

$A_{ij}$  = área da  $i$ -ésima unidade de manejo sob a  $j$ -ésima prescrição de manejo;

$VMax_k$  = volume máximo a ser produzido no ano  $k$  do horizonte de planejamento;

$VMin_k$  = volume mínimo a ser produzido no ano  $k$  do horizonte de planejamento;

$\alpha$  = variação percentual permissível da demanda, para mais ou para menos;

$H$  = horizonte de planejamento;

$V_{ijk}$  = volume ( $m^3/ha$ ) produzido pela  $i$ -ésima unidade de manejo sob a  $j$ -ésima prescrição de manejo, no ano  $k$  do horizonte de planejamento;

$X_{ij}$  = área (ha) da unidade de manejo  $i$  assinalada à prescrição de manejo  $j$ ;

$M$  = número de unidades manejo; e

$N$  = número de prescrições de manejo da  $i$ -ésima unidade de manejo.

Foram analisados cenários distintos de acordo com algumas premissas relacionadas à matriz de transição, idades máxima e mínima de corte e limitação de terras (base florestal). A matriz de transição diz respeito à descrição do status atual de determinada unidade de manejo e sua possibilidade futura, com a sucessão dos anos.

Todos os cenários foram analisados utilizando-se diferentes taxas de desconto (%) de forma a garantir ao proprietário uma análise sob a ótica de custo de oportunidade do negócio em relação ao mercado e outras opções de investimento.

As diferenças entre os cenários são os limites máximos e mínimos anuais de produção, a taxa de desconto utilizada, o regime de manejo e os limites máximo e mínimo de idade de corte. A combinação destes quatro itens permitiu a geração de dezesseis cenários.

Tabela 2 – Cenários analisados no estudo de caso

<b>Parâmetros</b>	<b>Cen 1</b>	<b>Cen 2</b>	<b>Cen 3</b>	<b>Cen 4</b>	<b>Cen 5</b>	<b>Cen 6</b>	<b>Cen 7</b>	<b>Cen 8</b>
Idade Regulatória (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Varição % Idade (+/-)	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Vol. Max. (mil m <sup>3</sup> )	80	80	80	80	80	80	80	80
Vol. Min. (mil m <sup>3</sup> )	70	70	70	70	70	70	70	70
Horizonte (anos)	21	21	21	21	21	21	21	21
Taxa de desconto (%)	9,4%	12,0%	9,4%	12,0%	9,4%	12,0%	9,4%	12,0%
Idade Min. Corte (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Idade Max. Corte (anos)	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Manejo	R/T	R/T	Reforma	Reforma	R/T	R/T	Reforma	Reforma
<b>Parâmetros</b>	<b>Cen 9</b>	<b>Cen 10</b>	<b>Cen 11</b>	<b>Cen 12</b>	<b>Cen 13</b>	<b>Cen 14</b>	<b>Cen 15</b>	<b>Cen 16</b>
Idade Regulatória (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Varição % Idade (+/-)	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Vol. Max. (mil m <sup>3</sup> )	120	120	120	120	120	120	120	120
Vol. Min. (mil m <sup>3</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100
Horizonte (anos)	21	21	21	21	21	21	21	21
Taxa de desconto (%)	9,4%	12,0%	9,4%	12,0%	9,4%	12,0%	9,4%	12,0%
Idade Min. Corte (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Idade Max. Corte (anos)	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Manejo	R/T	R/T	Reforma	Reforma	R/T	R/T	Reforma	Reforma

R/T – Reforma e Talhadia

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados do processamento dos dados do inventário florestal contínuo (medições sucessivas), foram ajustados modelos de crescimento e produção com os quais foi possível construir tabelas e curvas de produção (Tabela 3 e Figura 2). Cada projeto teve uma tabela de produção específica, conseqüentemente pode-se notar diferenças entre as produtividades.

Tabela 3 - Tabela de volume para 1ª e 2ª rotações dos projetos florestais deste estudo de caso

Projeto	Rotação	Produtividade (m³/ha)									
		1 ano	2 anos	3 anos	4 anos	5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos
Projeto 1	1	8,3	33,0	87,9	149,2	208,7	263,0	310,3	349,7	382,0	408,5
Projeto 2	1	9,4	37,5	81,6	145,1	206,7	248,0	269,5	279,1	283,2	284,9
Projeto 3	1	13,5	54,1	92,0	134,9	180,9	224,7	262,4	294,0	323,6	357,6
Projeto 4	1	13,4	53,4	97,9	136,0	169,5	199,9	227,2	250,3	268,7	282,7
Projeto 5	1	25,4	101,8	128,3	144,0	154,3	161,7	167,1	171,3	174,6	177,3
Projeto 6	1	20,7	82,7	104,3	117,1	125,5	131,4	135,8	139,3	142,0	144,2
Projeto 7	1	6,6	26,4	70,3	119,4	167,0	210,4	248,2	279,8	305,6	326,8
Projeto 1	2	7,4	29,7	79,1	134,3	187,8	236,7	279,2	314,7	343,8	367,7
Projeto 2	2	8,4	33,8	73,4	130,6	186,0	223,2	242,5	251,2	254,9	256,4
Projeto 3	2	12,2	48,7	82,8	121,4	162,8	202,3	236,2	264,6	291,2	321,9
Projeto 4	2	12,0	48,1	88,1	122,4	152,5	179,9	204,5	225,3	241,8	254,4
Projeto 5	2	22,9	91,6	115,4	129,6	138,9	145,5	150,4	154,2	157,2	159,6
Projeto 6	2	18,6	74,5	93,8	105,4	112,9	118,3	122,3	125,3	127,8	129,8
Projeto 7	2	5,9	23,8	63,3	107,4	150,3	189,4	223,4	251,8	275,0	294,2

Os projetos em 1ª rotação correspondem a áreas que foram reformadas havendo, portanto o plantio de novas mudas e toda a renovação da base florestal destes locais. As áreas em 2ª rotação correspondem à plantios cuja brotação é conduzida após o processo de colheita, não

havendo a renovação do plantio original. A curva de crescimento das áreas em 2ª rotação corresponde à 90% da produtividade das áreas em 1ª rotação, pois não havia dados para modelagem das áreas em 2ª rotação. Em função de não haver gastos com novas mudas e também por já possuir um sistema radicular formado, as áreas de 2ª rotação apresentam custos de formação menores em relação à formação de florestas em 1ª rotação.

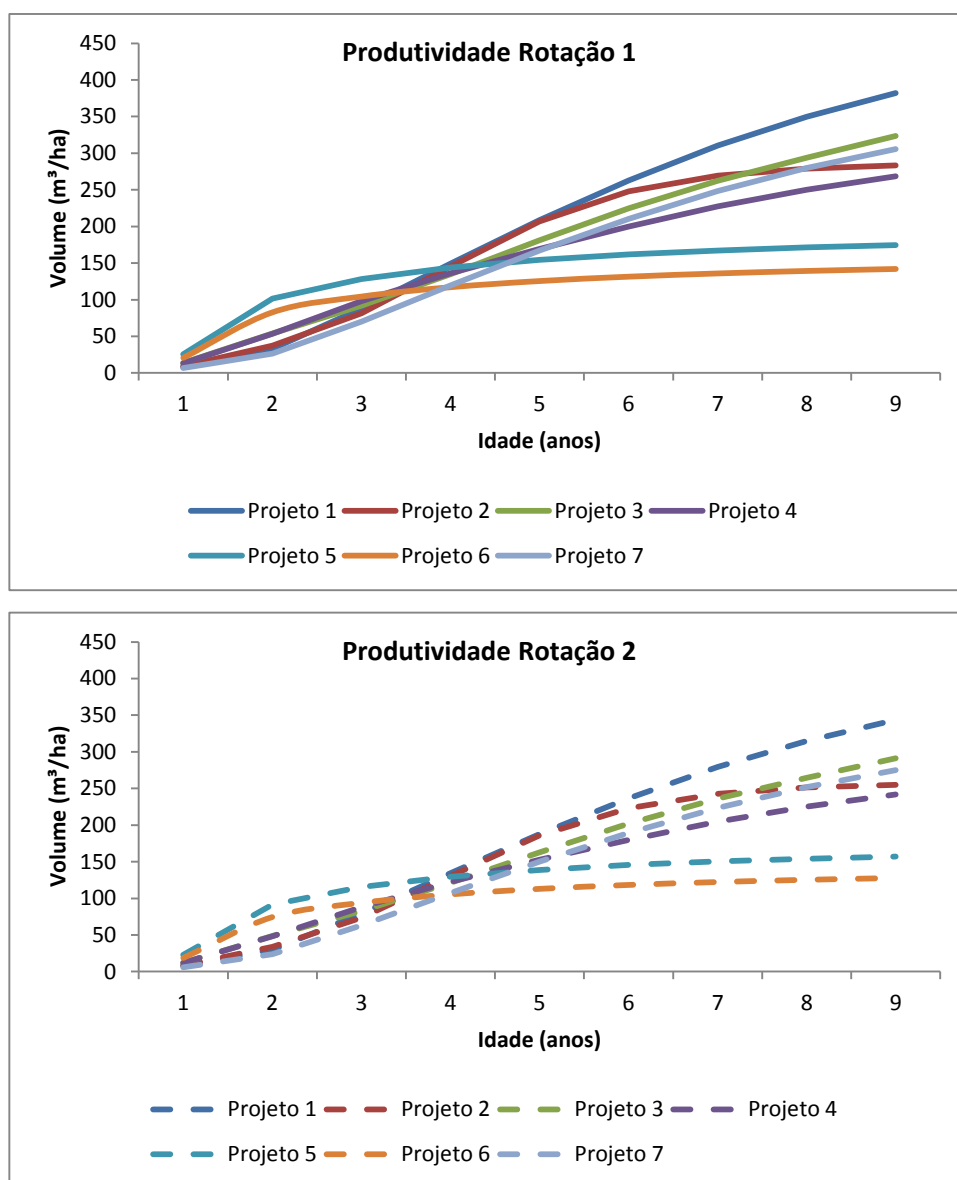


Figura 2 – Representação gráfica da tendência de crescimento dos projetos utilizados neste estudo de caso (1ª e 2ª rotações).

As diferenças de produtividade dos projetos utilizados neste trabalho podem ser atribuídas à fatores como: diferentes técnicas de manejo aplicadas à cada projeto (em especial, espaçamento e material genético), fatores climáticos, deficiência nutricional, ataque de pragas e doenças. Os trabalhos de Schumacher (1993), Oliveira et al. (2005), demonstram como pode ocorrer diferença de produtividade em função da ação de um ou mais fatores negativos combinados.

Os 16 cenários gerados puderam ser agrupados de acordo com as variações das matrizes de transição. A descrição dos estados de cada matriz de transição é apresentada na Tabela 4. Os quatro grupos de matriz de transição, resultantes são apresentados à seguir, na Tabela 6.

Na Tabela 5 podem ser visualizados os custos estimados para o processo de colheita floresta (corte, baldeio e processamento), por classe de produtividade dos projetos florestais.

Tabela 4 – Descrição dos estados possíveis para as matrizes de transição com os respectivos custos (estimativa média) de formação de florestas

<b>Estado</b>	<b>Descrição</b>	<b>Custo (R\$/ha)</b>
1R	Idade 1 ano - 1ª Rotação	828,07
2R	Idade 2 anos - 1ª Rotação	239,19
3R	Idade 3 anos - 1ª Rotação	117,70
4R	Idade 4 anos - 1ª Rotação	116,63
5R	Idade 5 anos - 1ª Rotação	116,63
6R	Idade 6 anos - 1ª Rotação	116,63
7R	Idade 7 anos - 1ª Rotação	116,63
8R	Idade 8 anos - 1ª Rotação	116,63
9R	Idade 9 anos - 1ª Rotação	116,63
CR	Ação de corte e reforma	4.359,44
1T	Idade 1 ano - 2ª Rotação	1.204,72
2T	Idade 2 anos - 2ª Rotação	182,22
3T	Idade 3 anos - 2ª Rotação	182,22
4T	Idade 4 anos - 2ª Rotação	127,22
5T	Idade 5 anos - 2ª Rotação	186,62
6T	Idade 6 anos - 2ª Rotação	186,62
7T	Idade 7 anos - 2ª Rotação	186,62
8T	Idade 8 anos - 2ª Rotação	186,62
CT	Ação de corte e condução	1.898,86

R: reforma; T: talhadia; C: corte

Tabela 5 – Classes de custos projetados para o processo de colheita florestal

<b>Classe de Custo de Colheita</b>	<b>Produtividade (m<sup>3</sup>/ha)</b>		<b>Valor (R\$/m<sup>3</sup>)</b>
	<b>LI</b>	<b>LS</b>	
1	0,00	50,00	11,92
2	50,01	100,00	11,00
3	100,01	150,00	9,63
4	150,01	200,00	9,63
5	200,01	250,00	9,17
6	250,01	300,00	9,17
7	300,01	350,00	8,25
8	350,01	500,00	8,25

LI – limite inferior; LS – limite superior

Tabela 6 – Agrupamento dos cenários por similaridade das matrizes de transição de geração das prescrições manejo

Grupo 1 Cen: 1, 2, 9 e 10		Grupo 2 Cen: 3, 4, 11 e 12		Grupo 3 Cen: 5, 6, 13 e 14		Grupo 4 Cen: 7, 8, 15 e 16	
Estado Atual	Estado Futuro	Estado Atual	Estado Futuro	Estado Atual	Estado Futuro	Estado Atual	Estado Futuro
CR	1R	CR	1R	CR	1R	CR	1R
1R	2R	1R	2R	1R	2R	1R	2R
2R	3R	2R	3R	2R	3R	2R	3R
3R	4R	3R	4R	3R	4R	3R	4R
4R	5R	4R	5R	4R	5R	4R	5R
5R	6R, CR, CT	5R	6R, CR	5R	6R, CR, CT	5R	6R, CR
6R	7R, CR, CT	6R	7R, CR	6R	CR, CT	6R	CR
7R	8R, CR, CT	7R	8R, CR	7R	CR, CT	7R	CR
8R	CR, CT	8R	CR	CT	1T		
CT	1T			1T	2T		
1T	2T			2T	3T		
2T	3T			3T	4T		
3T	4T			4T	5T		
4T	5T			5T	6T, CR		
5T	6T, CR			6T	CR		
6T	7T, CR						
7T	8T, CR						
8T	CR						

R: reforma; T: talhadia, C: corte

A quantidade de prescrições obtidas, associadas às restrições impostas para resolução dos cenários, demanda considerável esforço na composição do problema de PL: função objetivo e restrições do modelo (Tabela 7).

Tabela 7 – Quantidade de prescrições não otimizadas, por cenário

Cenários	Nº de Prescrições	Cenários	Nº de Prescrições
Cenário 1	63.256	Cenário 9	63.256
Cenário 2	63.256	Cenário 10	63.256
Cenário 3	11.804	Cenário 11	11.804
Cenário 4	11.804	Cenário 12	11.804
Cenário 5	15.132	Cenário 13	15.132
Cenário 6	15.132	Cenário 14	15.132
Cenário 7	2.223	Cenário 15	2.223
Cenário 8	2.223	Cenário 16	2.223
<b>Total de Prescrições</b>	<b>184.830</b>		<b>184.830</b>

A Tabela 8 a seguir apresenta o resultado final dos modelos de programação linear para cada um dos cenários. Dos 16 cenários propostos e testados apenas seis apresentaram soluções viáveis sendo, contudo, uma importante fonte de informação para suporte à tomada de decisão.

Tabela 8 – Resultado final da otimização com os modelos de programação linear

<b>Parâmetros</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>	<b>Cenário 4</b>
Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	80.000	80.000	80.000	80.000
Volume Mínimo (m <sup>3</sup> )	70.000	70.000	70.000	70.000
Horizonte (anos)	21	21	21	21
Taxa de desconto (%)	9,4	12,0	9,4	12,0
Idade Mínima Corte (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0
Idade Máxima Corte (anos)	9,0	9,0	9,0	9,0
Manejo	R/T	R/T	Reforma	Reforma
Solução (Milhões R\$)	7,84	4,81	INVIÁVEL	INVIÁVEL
<b>Parâmetros</b>	<b>Cenário 5</b>	<b>Cenário 6</b>	<b>Cenário 7</b>	<b>Cenário 8</b>
Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	80.000	80.000	80.000	80.000
Volume Mínimo (m <sup>3</sup> )	70.000	70.000	70.000	70.000
Horizonte (anos)	21	21	21	21
Taxa de desconto (%)	9,4	12,0	9,4	12,0
Idade Mínima Corte (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0
Idade Máxima Corte (anos)	7,0	7,0	7,0	7,0
Manejo	R/T	R/T	Reforma	Reforma
Solução (Milhões R\$)	INVIÁVEL	INVIÁVEL	INVIÁVEL	INVIÁVEL
<b>Parâmetros</b>	<b>Cenário 9</b>	<b>Cenário 10</b>	<b>Cenário 11</b>	<b>Cenário 12</b>
Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	120.000	120.000	120.000	120.000
Volume Mínimo (m <sup>3</sup> )	100.000	100.000	100.000	100.000
Horizonte (anos)	21	21	21	21
Taxa de desconto (%)	9,4	12,0	9,4	12,0
Idade Mínima Corte (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0
Idade Máxima Corte (anos)	9,0	9,0	9,0	9,0
Manejo	R/T	R/T	Reforma	Reforma
Solução (Milhões R\$)	5,67	2,84	4,89	2,00
<b>Parâmetros</b>	<b>Cenário 13</b>	<b>Cenário 14</b>	<b>Cenário 15</b>	<b>Cenário 16</b>
Volume Máximo (m <sup>3</sup> )	120.000	120.000	120.000	120.000
Volume Mínimo (m <sup>3</sup> )	100.000	100.000	100.000	100.000
Horizonte (anos)	21	21	21	21
Taxa de desconto (%)	9,4	12,0	9,4	12,0
Idade Mínima Corte (anos)	6,0	6,0	6,0	6,0
Idade Máxima Corte (anos)	7,0	7,0	7,0	7,0
Manejo	R/T	R/T	Reforma	Reforma
Solução (Milhões R\$)	INVIÁVEL	INVIÁVEL	INVIÁVEL	INVIÁVEL

Os cenários cujas soluções não foram possíveis, não são inexecutáveis, mas significa que o resultado não pode ser otimizado em função de uma ou mais restrições não terem sido atendidas. Em geral empreendimentos sólidos descartam essas opções, visto que as premissas estratégicas e operacionais são muito bem definidas para que um resultado possa ser alcançado e quando tais premissas (restrições) não são satisfeitas, é sinal que o cenário não está com a melhor proposição de execução.

Para os cenários considerados viáveis, entre aqueles que são comparáveis entre si, percebeu-se que o comportamento padrão da relação VPL e taxa de desconto foi respeitado, podendo ser considerado um projeto do tipo convencional onde o VPL aumenta quanto menor for a taxa de desconto (FERRÁ, 2007).

Os resultados indicam que não é possível obter uma solução que satisfaça as restrições da empresa, colhendo apenas florestas com idade entre 6 e 7 anos. Apenas os cenários que permitiram maior flexibilidade de idades de corte, entre 6 e 9 anos, foram viáveis na totalidade do atendimento às restrições propostas.

Um aspecto interessante foi identificado com relação às decisões sobre rotação florestal. Os cenários que consideraram a possibilidade de manejar as florestas com até duas rotações (reforma + talhadia) foram sistematicamente favoráveis ao atendimento das restrições propostas e, em contrapartida, os cenários que consideravam apenas o manejo com reforma ou foram de solução inviável, ou apresentaram VPL inferior em relação ao manejo composto (reforma + talhadia).

Com a base florestal informada foi demonstrado que é possível atender, em cenários distintos, à níveis de produção de madeira que podem variar de 70.000 à 120.000 m<sup>3</sup> anuais, com VPL para o horizonte de 21 anos superior a R\$ 2,0 milhões.

A distribuição da produção anual de madeira, a área colhida e a idade média de colheita dos cenários viáveis são apresentadas nas Figuras 3 a 8. Os cenários viáveis possibilitaram diferentes formas de atendimento às restrições onde alguns apresentaram maiores, e outros, menores estabilidades de volume no horizonte de planejamento. O resumo dos resultados dos cenários viáveis é apresentado nas Tabelas 9 e 10.

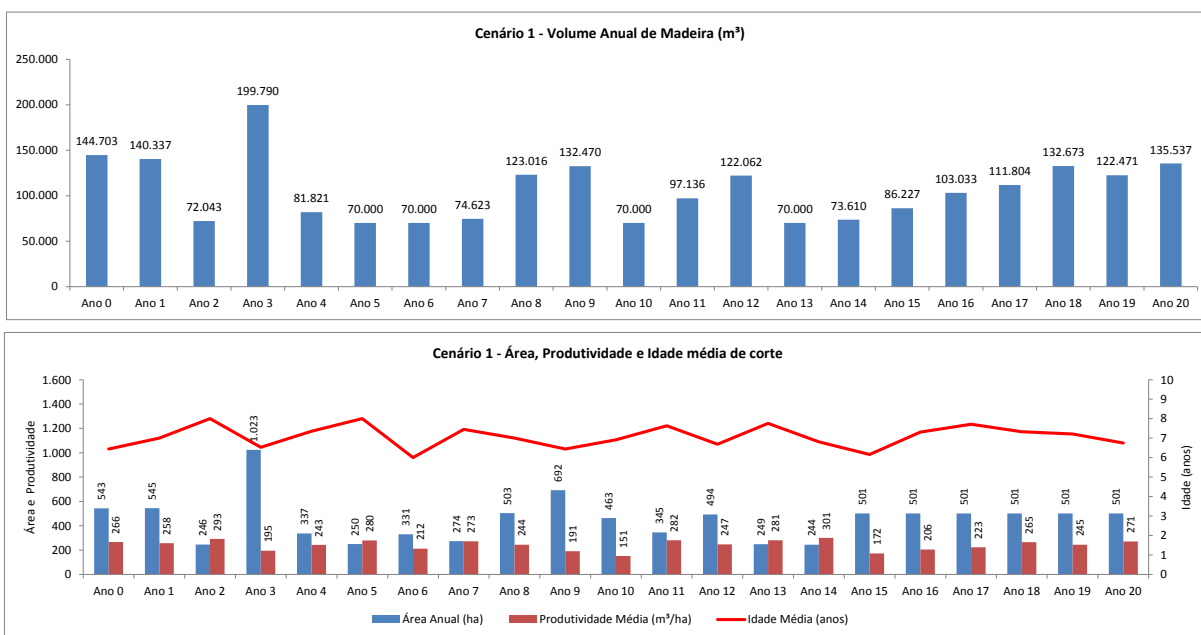


Figura 3 – Resultado otimizado do cenário 1.

No cenário 1 é possível se observar a regulação da produção, como nos demais cenários, contudo nota-se também que há pontos com picos de produção de madeira, o que demonstra a possibilidade de auferir receitas adicionais com a venda de madeira e melhorar o resultado global deste cenário.

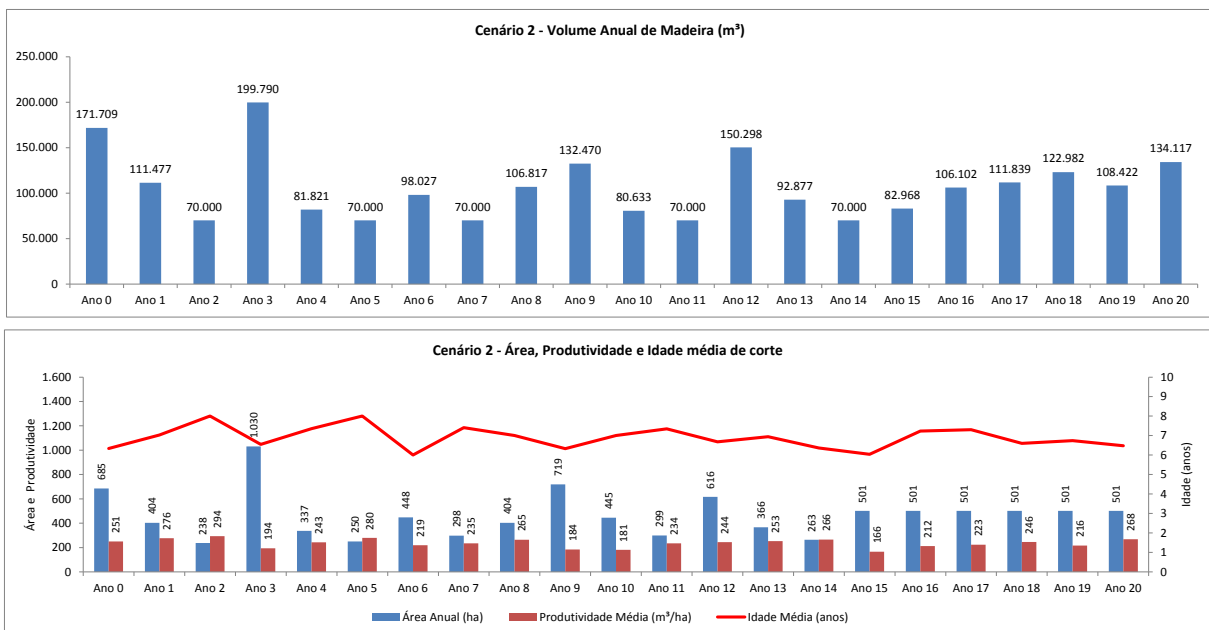


Figura 4 – Resultado otimizado do cenário 2.

Importante ressaltar que para converter a madeira em carvão, fazendo a colheita de todo volume que estará disponível deve-se haver constantes mudanças na estrutura de produção de carvão, o que implica em construção de mais fornos de carbonização em alguns anos e na paralisação dos mesmos em outros anos. Uma forma de se evitar tal fenômeno é realizar a oferta de venda de madeira no mercado, respeitando a demanda mínima de produção de forma equalizada.

O cenário 2 também apresenta oscilação na oferta de madeira no horizonte de planejamento e em função disso também há margem para comercialização de parte do volume de madeira que estará disponível em alguns anos, utilizando apenas um valor ofertado constante para o processo de produção de carvão.

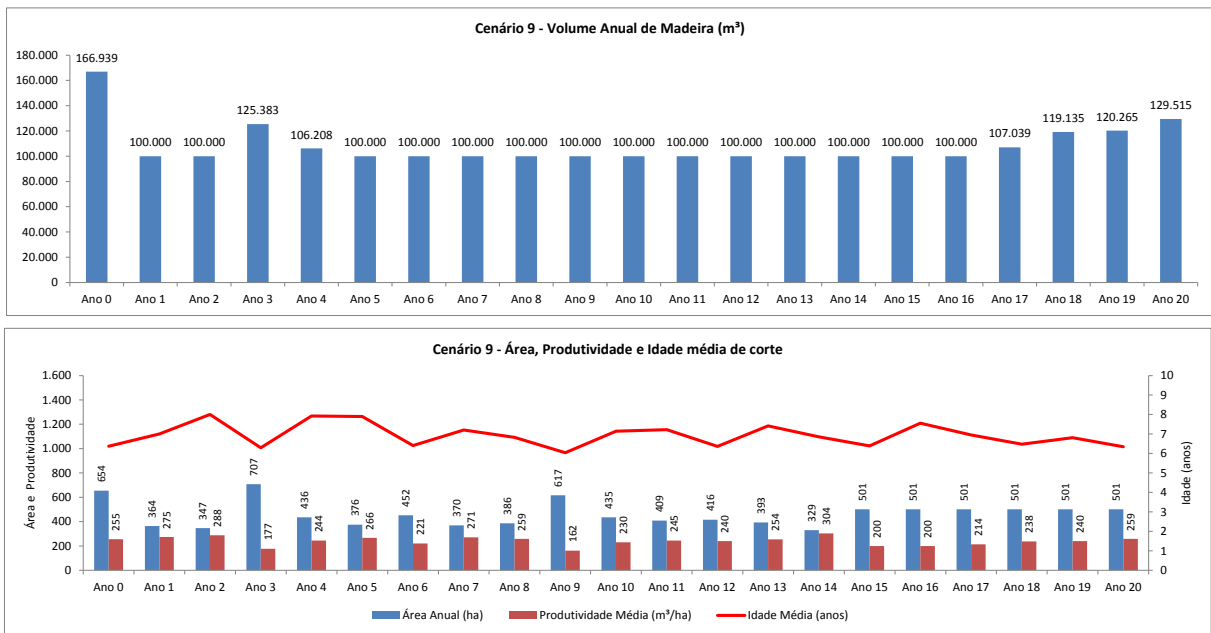


Figura 5 – Resultado otimizado do cenário 9.

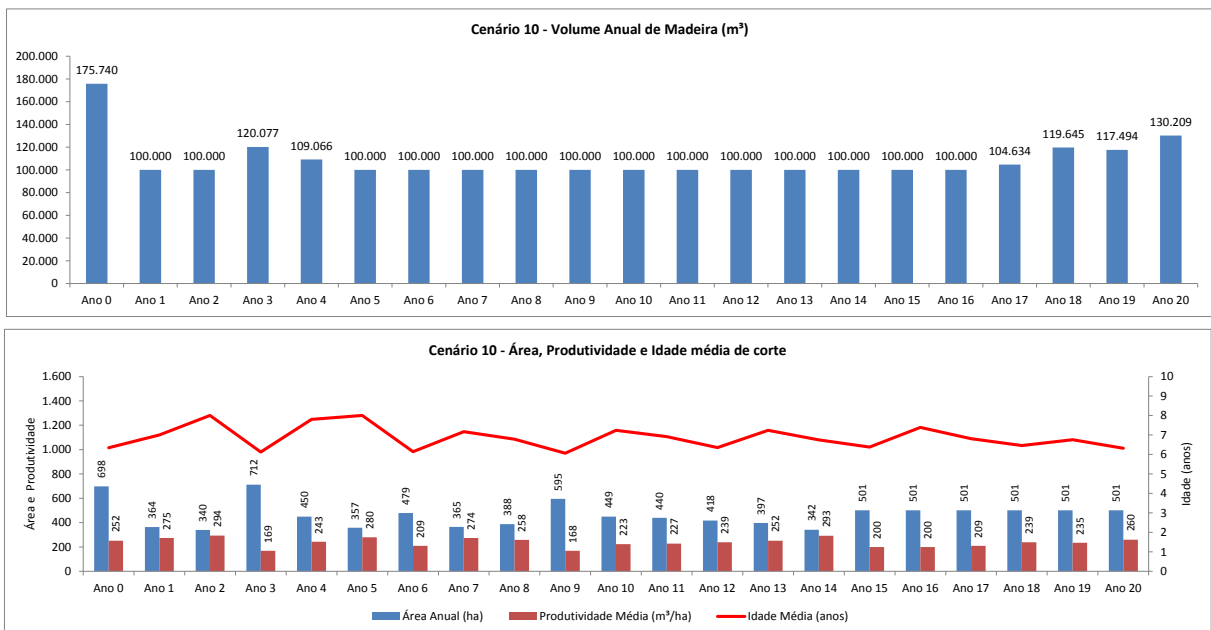


Figura 6 – Resultado otimizado do cenário 10.

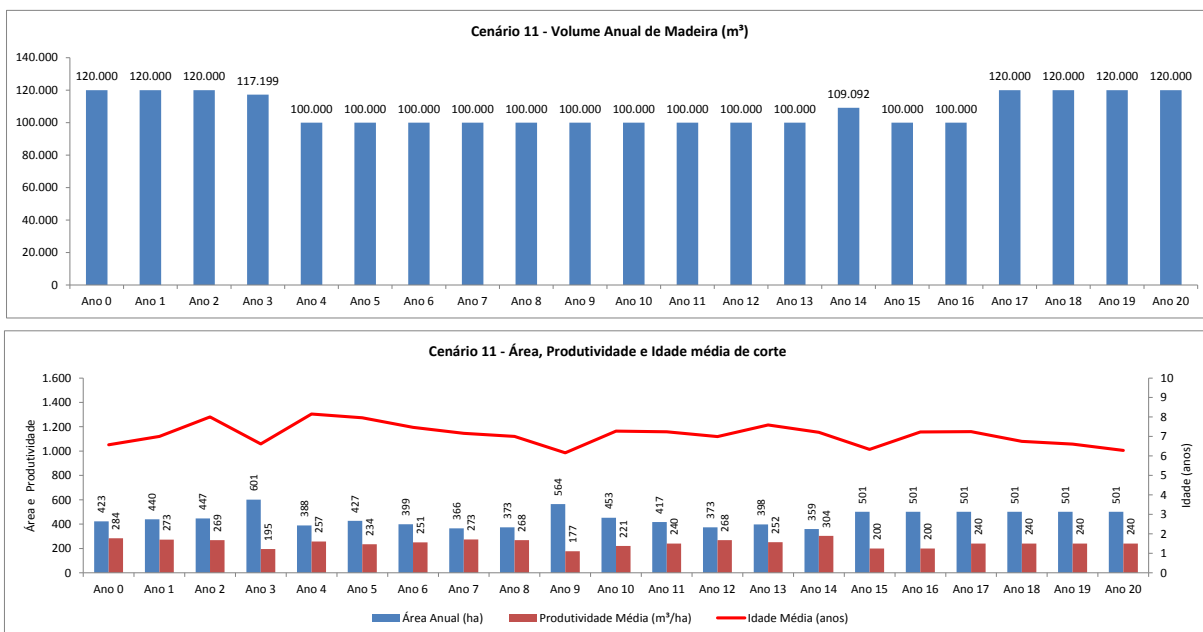


Figura 7 – Resultado otimizado do cenário 11.

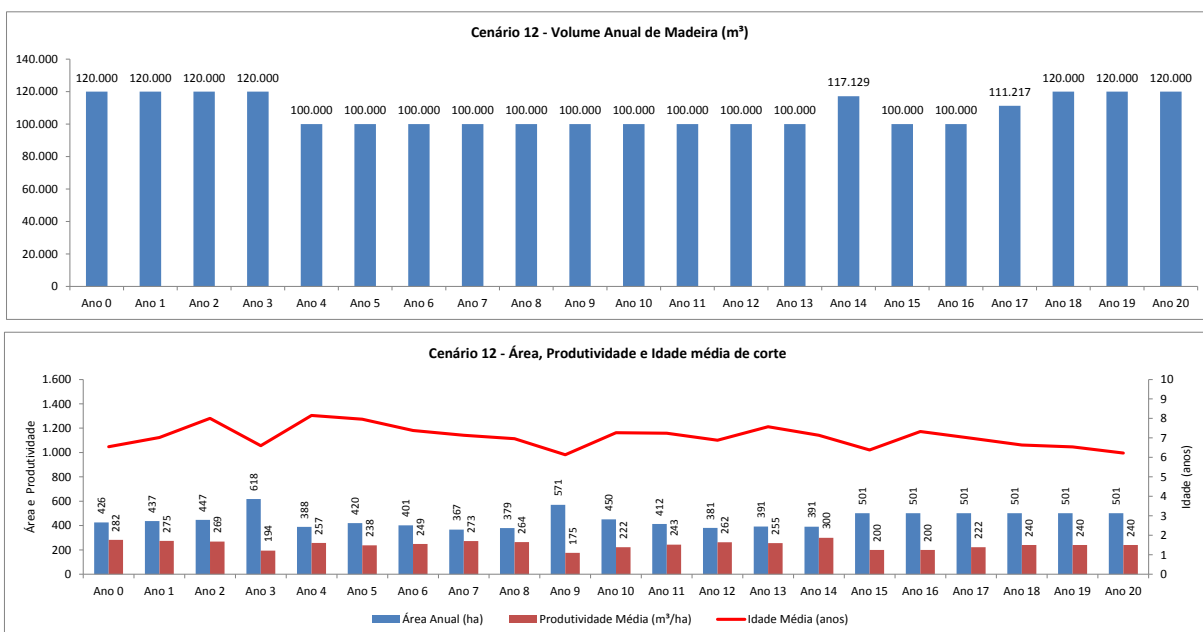


Figura 8 – Resultado otimizado do cenário 12.

Para os cenários 9 à 12, percebe-se maior estabilidade na produção de madeira ao longo do horizonte de planejamento. A estabilidade é sempre positiva do ponto de vista da operacionalização dos processos produtivos.

Quando a estabilidade não é possível, outra situação interessante seria o crescimento contínuo da oferta, até um limite estabelecido, o que garantiria o uso pleno da base de ativos que deve ser utilizada para a produção de carvão: máquinas, fornos, caminhões e outros equipamentos utilizados no processo produtivo.

Em função das variações de oferta de madeira, para todos os cenários factíveis, pode ser considerada como opção para análises futuras a inserção de um item adicional à esta modelagem, qual seja a geração de receita adicional com venda da madeira considerada excedente para atendimento à outros mercados como o de madeira serrada, para tratamento, cavacos ou outros fins específicos.

Os dados apresentados nas tabelas 9 e 10 são uma síntese mais apurada do comportamento dos indicadores monetários: custos e receitas; e florestais: idade média de corte, produtividade florestal na colheita, volume ofertado anualmente. Estes dados podem ser utilizados em análises de opções estratégicas da empresa, considerando, por exemplo, a necessidade e disponibilidade de capital em anos específicos do horizonte de planejamento. Análise do dimensionamento da frota de máquinas associadas ao processo produtivo.





## **6. CONCLUSÃO**

O modelo de otimização baseado em programação linear permitiu encontrar soluções ótimas, com a maximização do VPL.

As soluções ótimas resultaram em uma estrutura florestal regulada.

Foram gerados cenários factíveis que garantem o atendimento de restrições operacionais propostas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETTINGER, P., BOSTON, K., SIRY, J.P., GREBNER, D.L. 2009. Forest management and planning. Academic Press/Elsevier, New York. 331p.
- BINOTI, D. H. B. Sistemas computacionais aplicados ao manejo florestal. 2012. 113p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas - 2ª Edição, atualizada e ampliada. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p.
- CARNIERI, C. Planejamento florestal otimizado via redes de manejo. 1989. 144 p, Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 1989.
- CARVALHO, K.H.A. Influência de variáveis econômicas em modelos de regulação florestal. 2012. 104 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FERRÁ, C., BOTTEON, C. Evaluación privada de proyectos (Mendoza, FCEUNC, 2007).
- INFORME AGROPECUÁRIO, EPAMIG, Belo Horizonte, v.29, n.242, jan./fev. 2008. LEITE H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamento de Pinus Taeda L. Revista Árvore, v.30, n.4, p.603-612, 2006.
- JOHNSON, K.N.; SCHEURMAN, H.L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - discussion and synthesis. Forest Science, Washington, v.18, n.1, p.1-31, 1977.

- LEAK, W. B. Estimating maximum allowable timber yields by linear programming. Res. Pap. NE-17. Upper Darby, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1964.
- LEUSCHNER, W. A. Introduction to Forest resource management. New York: John Wiley and Sons, 1984, 284 p.
- LISBOA, E. F. A. Apostila do curso de pesquisa operacional. Rio de Janeiro-RJ: 2002. 53 p. Disponível em <<http://www.ericolisboa.eng.br>>. Acesso em: 10 out. 2013.
- MONTEVECHI, J. A. B. Pesquisa operacional: programação linear - Pesquisa Operacional II. Itajubá-MG: Escola Federal de Engenharia de Itajubá. 2000. 81 p. (Apostila).
- NAVON, D. I.; McCONNEN, R. J. Evaluating forest management policies by parametric linear programming. Berkeley, Calif., Pacific SW. Forest e Range Exp. Sta. U.S. Forest Serv. Res., 1967. 13 p. (Paper PSW-42).
- OLIVEIRA, L. S., COSTA, E. C., GRELLMANN, M., CANTARELLI, E. B., PERRANDO, E. R.. Ocorrência de *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (hemiptera: psyllidae) em *Eucalyptus* spp. no Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 353-355, 2005.
- PEREIRA, A. R.; LADEIRA, H. P.; BRANDI, R. M. Minimização do custo total do transporte de carvão vegetal de eucalipto no estado de Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 5, n. 1, p. 73-79, 1981.
- PIASSI, L. C. Métodos de regulação florestal no planejamento da produção de Madeira. 2011. 92p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, ES, 2011.
- RANDOUTS. Introdução à otimização. Notas de aula, 2002.
- RODRIGUES, F. L. et al. Um modelo de regulação florestal e suas implicações na formulação e solução de problemas com restrições de

- recobrimento. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p. 769-778, 2006.
- RODRIGUES, F. L.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L.; GOMES, A. N. Determinação de estratégias ótimas de reforma, condução da brotação e compra de terras, utilizando programação linear. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 169-186, 1999.
- RODRIGUES, F. L.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, M. L. Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear: uma aplicação da teoria do modelo II. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 193-213, 1998.
- SANTOS, A. L. Uso da programação linear na identificação de estratégias ótimas de regulação florestal considerando mix de consumo. 2012. 88 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2012.
- SANTOS, F.L. Regulação da produção de florestas de eucalipto submetida a desbaste e destinada a multiprodutos. 2008. 80p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- SCHUMACHER, M. V., POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* f. Muell, plantados em Anhembí, SP. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 9-18, jan.-dez. 1993.
- SILVA, G. F.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L.; RODRIGUES, F. L.; SANTOS; H. N. Problemas com o uso de programação linear com posterior arredondamento da solução ótima, em regulação florestal. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 677-688, 2003.
- VOLPI, N. M. P.; CARNIERI, C.; SANQUETTA, C. R. O impacto da estocasticidade das informações em um modelo de planejamento florestal. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 103-112, 1999.

## 8. ANEXO 1

## Cadastro Florestal

Região	Fazenda	Projeto	Unidade de Manejo	Idade (anos)	Área (ha)	Rotação	Distância (Km)	Situação
A	Fazenda 1	Projeto 1	1	6,00	9,51	1	20,61	6R
A	Fazenda 1	Projeto 1	2	6,00	7,40	1	20,61	6R
A	Fazenda 1	Projeto 1	3	6,00	14,07	1	19,14	6R
A	Fazenda 1	Projeto 1	4	6,00	7,97	1	19,14	6R
A	Fazenda 1	Projeto 1	5	6,00	32,93	1	19,72	6R
A	Fazenda 1	Projeto 1	6	6,00	20,43	1	19,72	6R
A	Fazenda 1	Projeto 1	7	7,00	63,01	1	19,72	7R
A	Fazenda 1	Projeto 1	8	7,00	52,52	1	20,49	7R
A	Fazenda 1	Projeto 1	9	7,00	17,63	1	21,10	7R
A	Fazenda 1	Projeto 1	10	7,00	15,48	1	19,72	7R
A	Fazenda 1	Projeto 1	11	7,00	48,83	1	19,72	7R
A	Fazenda 1	Projeto 1	12	7,00	29,33	1	20,49	7R
A	Fazenda 1	Projeto 1	13	7,00	15,21	1	21,10	7R
B	Fazenda 2	Projeto 4	14	6,00	21,37	1	12,44	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	15	6,00	24,92	1	12,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	16	6,00	13,35	1	12,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	17	6,00	11,88	1	12,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	18	6,00	12,04	1	13,46	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	19	6,00	25,02	1	12,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	20	6,00	22,35	1	12,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	21	6,00	2,64	1	12,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	22	6,00	17,38	1	13,46	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	23	6,00	16,86	1	13,96	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	24	6,00	8,14	1	13,96	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	25	6,00	27,62	1	13,96	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	26	6,00	5,78	1	13,96	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	27	6,00	20,40	1	14,47	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	28	6,00	2,51	1	14,47	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	29	6,00	2,25	1	14,47	6R
B	Fazenda 2	Projeto 4	30	6,00	25,61	1	14,47	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	31	6,00	9,99	1	11,37	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	32	6,00	0,88	1	11,87	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	33	6,00	19,27	1	11,37	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	34	6,00	5,55	1	11,37	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	35	6,00	22,61	1	10,87	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	36	6,00	2,25	1	11,37	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	37	6,00	25,15	1	10,87	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	38	5,00	24,76	1	10,37	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	39	6,00	11,12	1	12,88	6R

Região	Fazenda	Projeto	Unidade de Manejo	Idade (anos)	Área (ha)	Rotação	Distância (Km)	Situação
B	Fazenda 2	Projeto 3	40	6,00	24,84	1	12,38	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	41	6,00	24,93	1	11,88	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	42	6,00	24,81	1	11,38	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	43	6,00	0,26	1	11,38	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	44	6,00	0,11	1	11,38	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	45	6,00	8,53	1	10,88	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	46	6,00	8,30	1	10,88	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	47	6,00	8,06	1	10,88	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	48	6,00	7,18	1	13,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	49	6,00	2,90	1	13,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	50	6,00	1,16	1	13,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	51	6,00	13,31	1	12,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	52	6,00	11,62	1	12,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	53	6,00	14,27	1	12,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	54	6,00	5,35	1	12,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	55	6,00	5,38	1	12,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	56	6,00	25,31	1	11,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	57	6,00	25,16	1	11,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	58	6,00	2,07	1	13,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	59	6,00	24,86	1	13,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	60	6,00	24,83	1	12,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	61	6,00	24,78	1	12,39	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	62	6,00	16,06	1	11,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	63	6,00	8,79	1	11,89	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	64	6,00	22,43	1	13,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	65	6,00	0,50	1	13,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	66	6,00	13,44	1	13,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	67	6,00	7,85	1	13,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	68	6,00	3,69	1	13,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	69	6,00	9,04	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	70	6,00	7,83	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	71	6,00	3,70	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	72	6,00	3,40	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	73	6,00	0,66	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	74	6,00	0,37	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	75	6,00	25,02	1	12,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	76	6,00	24,12	1	12,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	77	6,00	0,93	1	12,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	78	6,00	11,26	1	14,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	79	6,00	4,80	1	14,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	80	6,00	3,73	1	14,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	81	5,00	13,15	1	14,42	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	82	5,00	12,03	1	13,92	5R

Região	Fazenda	Projeto	Unidade de Manejo	Idade (anos)	Área (ha)	Rotação	Distância (Km)	Situação
B	Fazenda 2	Projeto 3	83	6,00	25,15	1	13,42	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	84	6,00	25,19	1	12,92	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	85	5,00	6,68	1	14,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	86	5,00	9,55	1	14,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	87	5,00	12,72	1	13,93	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	88	5,00	12,18	1	14,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	89	6,00	24,91	1	13,93	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	90	5,00	10,23	1	13,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	91	5,00	8,06	1	13,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	92	5,00	5,87	1	13,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	93	5,00	0,89	1	13,43	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	94	6,00	13,04	1	15,45	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	95	5,00	25,07	1	14,95	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	96	5,00	14,82	1	14,45	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	97	5,00	6,47	1	14,45	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	98	5,00	3,74	1	14,45	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	99	5,00	9,95	1	15,45	5R
B	Fazenda 2	Projeto 3	100	6,00	22,12	1	14,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	101	6,00	3,06	1	14,95	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	102	6,00	18,77	1	14,45	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	103	6,00	4,57	1	14,45	6R
B	Fazenda 2	Projeto 3	104	6,00	1,75	1	14,45	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	105	6,00	2,79	1	9,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	106	6,00	17,82	1	9,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	107	6,00	7,68	1	9,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	108	6,00	1,68	1	9,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	109	6,00	4,39	1	6,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	110	6,00	3,87	1	6,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	111	6,00	5,95	1	6,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	112	6,00	16,84	1	9,63	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	113	6,00	13,92	1	9,63	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	114	6,00	22,13	1	6,67	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	115	6,00	35,56	1	10,47	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	116	6,00	14,80	1	7,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	117	6,00	23,14	1	7,36	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	118	6,00	13,41	1	7,81	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	119	6,00	8,84	1	7,81	6R
B	Fazenda 2	Projeto 2	120	6,00	3,33	1	7,81	6R
A	Fazenda 1	Projeto 7	121	3,00	6,50	1	14,07	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	122	3,00	44,75	1	14,07	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	123	3,00	38,71	1	14,07	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	124	3,00	6,00	1	15,02	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	125	3,00	30,09	1	15,02	3R

Região	Fazenda	Projeto	Unidade de Manejo	Idade (anos)	Área (ha)	Rotação	Distância (Km)	Situação
A	Fazenda 1	Projeto 7	126	3,00	44,47	1	15,02	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	127	3,00	75,14	1	16,21	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	128	3,00	62,94	1	16,98	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	129	3,00	19,00	1	17,76	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	130	3,00	31,37	1	17,76	3R
A	Fazenda 1	Projeto 7	131	3,00	38,45	1	18,53	3R
B	Fazenda 2	Projeto 6	132	2,00	26,40	1	12,60	2R
B	Fazenda 2	Projeto 6	133	2,00	36,00	1	12,57	2R
B	Fazenda 2	Projeto 6	134	2,00	49,40	1	12,03	2R
B	Fazenda 2	Projeto 6	135	2,00	21,38	1	12,91	2R
B	Fazenda 2	Projeto 6	136	2,00	36,01	1	11,44	2R
B	Fazenda 2	Projeto 6	137	2,00	22,46	1	12,26	2R
B	Fazenda 2	Projeto 5	138	3,00	10,66	1	1,61	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	139	3,00	35,82	1	1,61	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	140	3,00	49,41	1	4,79	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	141	3,00	42,21	1	5,50	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	142	3,00	5,94	1	6,21	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	143	3,00	61,57	1	2,49	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	144	3,00	60,38	1	2,49	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	145	3,00	29,09	1	4,08	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	146	3,00	49,21	1	4,08	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	147	3,00	49,16	1	4,79	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	148	3,00	28,98	1	5,50	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	149	3,00	41,12	1	2,60	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	150	3,00	44,51	1	4,06	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	151	3,00	1,46	1	4,06	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	152	3,00	5,54	1	4,06	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	153	3,00	34,34	1	4,32	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	154	3,00	60,32	1	4,89	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	155	3,00	51,27	1	4,89	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	156	3,00	17,04	1	5,61	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	157	3,00	42,70	1	3,54	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	158	3,00	20,61	1	3,54	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	159	3,00	32,00	1	4,32	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	160	3,00	15,61	1	4,32	3R
B	Fazenda 2	Projeto 5	161	3,00	30,95	1	5,21	3R