

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE
EUCALIPTOS PARA A PRODUÇÃO DE
CELULOSE**

THAIS CUNHA FERREIRA

2001

THAIS CUNHA FERREIRA

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE EUCALIPTOS PARA
A PRODUÇÃO DE CELULOSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Antônio Donizette de Oliveira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

THAIS CUNHA FERREIRA

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE EUCALIPTOS PARA
A PRODUÇÃO DE CELULOSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2001.

Prof. José Luiz Pereira de Rezende UFLA

Prof. José Roberto Soares Scolforo UFLA

Prof. Antônio Donizette de Oliveira
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Dedico,
com muito carinho
Aos meus pais, à Jú e ao Diguinho.

com amor
Ao Leonardo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Ciências Florestais da UFLA por ter me acolhido.

Ao Professor Antônio Donizette pela orientação. Ao Professor José Roberto pela co-orientação, atenção, apoio e amizade. Ao Professor José Luís pelo apoio, orientação e amizade. Ao Professor Fausto pelos vários correios eletrônicos enviados de sua sala e, pela paciência e amizade. E, aos demais professores com quem tive aulas e trabalhos.

Às excelentes funcionárias Chica, Gláucia, Lilian e Teresinha.

À amiga de coração Adriana que tanto me aguentou nas críticas, nas risadas, nos bares e no “postinho” da vida.

Aos antigos e eternos amigos, Ana Márcia, Martha, Rafaela, Edmilson, Josina, Rejane, Josival, Adriana, Cabacinha, Cláudio, Sérgio, Jorge, Alvinho, Bodinho, Samurai, Beth, ..., aquele abraço. E aos novos amigos, que foram se revelando durante a caminhada, Warley, Jozébio e Lilian Telles, também aquele abraço. E àqueles que se perderam no caminho, ou que mostraram ser diferentes do que imaginava, fica meu adeus.

TUDO DE BOM PARA TODOS!

Que tudo se realize e que cada etapa seja vencida com muito sucesso.

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ferreira, Thais Cunha

Análise econômica de plantios de eucalipto para a produção de celulose / Thais
Cunha Ferreira. -- Lavras : UFLA, 2001.

109 p. : il.

Orientador: Antônio Donizette de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Plantio. 3. Viabilidade econômica. 4. Celulose. 5.
Produção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil existem 220 empresas florestais operando com 225 unidades industriais, distribuídas em 16 estados brasileiros (ABTCP, 2000). Estas empresas destacaram-se no ranking global (mercado internacional), alcançando o 7º lugar como produtor de celulose e o 12º como produtor papel.

Entre os anos de 1995 à 1999 (Bracelpa, 1997; 1999) a produção de celulose cresceu cerca de 21,45%, enquanto que as exportações aumentaram de US\$ 1,05 milhões para US\$ 1,24 milhões no período de 1998 para 1999 (Gazeta Mercantil, 2000). Estes resultados levaram às empresas de celulose projetarem lucros recordes para o ano de 2000, assim como à retomarem seus investimentos em projetos de expansão.

O caso atual das empresas de celulose, é de aumento de sua planta. Isto significa um aumento pela demanda de madeira que nem sempre o mercado tem condições de suprir, seja no quesito quantidade como no de qualidade. Neste caso, o peso da aquisição de madeira de terceiros pode ser tão elevado na estrutura de custos da empresa que esta fará inquestionavelmente a opção pela rotação que lhe propicie a maior quantidade de volume.

No entanto, sabe-se que, a rotação ou idade ótima de corte de uma floresta pode ser influenciada por fatores técnicos e por fatores econômicos. Segundo Lima Júnior et al. (1999), os fatores técnicos que se destacam são a escolha da espécie, o espaçamento utilizado, a produtividade do local, a finalidade da madeira e a qualidade da madeira e a quantidade de fertilizante utilizado. Já em termos econômicos, destacam-se o horizonte de planejamento, os custos envolvidos na produção, o preço da madeira e a taxa de desconto usada.

A influência de alguns destes fatores já é bem conhecida e estudada (veja por exemplo os trabalhos de Pearse (1967); Mc Killop (1971); Lopes (1990); Rezende e Oliveira (1994); Rodriguez et al. (1997); Lima Júnior et al. (1999), entre outros) mas existem outras questões que necessitam ser investigadas. Por exemplo, analisar se um melhor aproveitamento do fuste das árvores, por meio da redução do diâmetro mínimo, altera a idade ótima de corte e a lucratividade da atividade florestal? Se o comprimento das toras afeta a idade ótima de corte? Se o seccionamento do fuste em toras normalmente utilizado pela empresa é a melhor alternativa ou existem outros comprimentos que permitem obter maior lucratividade? Se cortar a floresta em idade diferente da idade ótima acarreta prejuízos à empresa?

Conhecer a estrutura de custos, preços, taxas de juros, produção presente e futura (que cada sítio e espécies podem propiciar ao longo do tempo) é importante para que as decisões gerenciais possam ser tomadas de maneira mais eficiente. Integrando-se as informações sobre as prognoses de produção de madeira e os critérios de análise de investimentos, várias decisões podem ser tomadas, tais como: o momento de efetuar desbastes, a definição da rotação econômica ótima por sítio, a detecção de excedente ou escassez do produto considerado, o estudo de casos sobre aquisição ou não de terras em função da distância de transporte do produto considerado e inferências sobre a utilização dos múltiplos produtos da madeira, dentre outras (Scolforo e Maestri, 1997).

Com base nestas considerações, este estudo teve como objetivos:

- Analisar a viabilidade econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose, considerando diversas condições de sítio e dois espaçamentos;
- Analisar as implicações econômicas relacionadas à lucratividade da atividade florestal decorrente da realização de plantios situados a diferentes distâncias da indústria consumidora e de mudanças nos parâmetros taxa de

desconto, preço da terra, preço da madeira, custo de transporte, diâmetro mínimo aproveitável do fuste e comprimento das toras em que o fuste é seccionado;

➤ Determinar o impacto do aproveitamento da árvore, associado ao comprimento das toras em que o fuste é seccionado e/ou ao diâmetro mínimo aproveitável do fuste, sobre a rotação econômica e a lucratividade de plantios de eucalipto para a produção de celulose;

➤ Analisar as relações entre as idades ótimas de corte dos plantios de eucalipto, determinadas com base na maximização do lucro e na maximização da produtividade volumétrica;

➤ Determinar o prejuízo econômico decorrente do corte dos plantios de eucalipto em idade diferente da ótima;

➤ Analisar as implicações econômicas relacionadas à rotação decorrente de mudanças nos parâmetros taxa de desconto, espaçamento e nível de produtividade dos plantios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Rotação Florestal

2.1.1 Considerações gerais

A rotação florestal ou idade ótima de corte é definida por Davis (1966) como sendo o tempo passado entre o estabelecimento e o crescimento de uma floresta até o momento de ser explorada. Segundo Alves (1966) determinar com exatidão a rotação florestal é muito importante. Posteriormente, fixa-se o padrão da floresta e estabelecem-se as bases para o planejamento em geral.

A observância da idade ótima de corte é de fundamental importância no resultado final de um povoamento florestal, uma vez que realizando o corte antes ou depois dessa idade, o manejador ou investidor florestal estará contribuindo para a elevação dos seus custos de produção, deixando de obter o máximo retorno sobre o investimento (Hoffman e Berger, 1974; Rezende et al 1987b).

Segundo Bentley e Teengarden (1965), uma empresa florestal pode usar as melhores técnicas de produção e plantio de mudas, usar a espécie mais adequada, atingir uma estrutura ótima de povoamento (espaçamento, espécie, adubação etc.), adotar técnicas de proteção (prevenção contra fogo, doenças, ataque de insetos etc.) e ainda ficar muito aquém dos resultados econômicos potencialmente atingíveis, caso o corte final e/ou intermediários não sejam realizados no momento adequado.

Há diversos tipos de rotação, porém, de acordo com Osmaton (1968), dependendo dos propósitos do manejo, a rotação pode ser classificada como:

➤ Rotação Ecológica ou física – é a rotação que coincide com o ciclo de vida de uma espécie em um dado local. Este tipo afeta a economia florestal de mercado, porém tem efeito sobre bens intangíveis;

➤ Rotação Silvicultural – esta rotação é aquela em que as espécies mantêm um vigor de crescimento e uma capacidade de reprodução satisfatória em um dado sítio. Neste caso, ela só poderá ser atingida após um longo período de tempo, sendo mais usada em florestas para fins paisagísticos;

➤ Rotação Técnica – é a rotação em que as espécies produzem o máximo de material com dimensões ou características específicas para um determinado uso. É considerada quando se produz madeira para postes, laminados, serraria, papel, carvão vegetal, etc.

➤ Rotação de Máxima Produtividade Volumétrica – é aquela em que é considerada a maior produção de madeira por ano. É uma rotação muito utilizada, sendo determinada quando o Incremento Médio Anual (IMA) é máximo. Florestas conduzidas através de rotações que maximizam o IMA resultam na ocupação da menor área possível. 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.

➤ Rotação Econômica – é a rotação que maximiza os retornos do investimento, ou seja, o lucro sobre o investimento é máximo. Esta leva em conta os custos e as receitas do investimento e a variação do capital no tempo, incorporados ao modelo os custos de implantação, manutenção, exploração, terra e administração.

De acordo com Alfaro (1985), entre os diversos tipos de rotação existentes, apenas a rotação econômica assegura a maior diferença entre os benefícios e os custos, permitindo obter maior rentabilidade do investimento florestal. Outros autores, como Scolforo e Hosokawa (1992), também comentam que a rotação determinada com base em critérios econômicos é a mais conveniente, uma vez que considera a taxa de juros, os custos e as dimensões das plantas. Comentam ainda que apesar do critério do máximo incremento

médio anual ser uma das possibilidades para estabelecimento da rotação, este não leva em consideração importantes aspectos econômicos.

Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997) demonstraram que para o caso de uma única rotação, nem sempre a idade de corte recomendada por critérios econômicos resulta em rotações florestais mais curtas do que a idade recomendada pelo critério volumétrico (máximo IMA).

Segundo Lima Junior, Rezende e Silva (1999), há na literatura uma grande e antiga polêmica em relação à determinação da idade econômica de corte de plantios florestais: “qual é o estágio de produção em que a floresta deve ser cortada para maximizar o lucro?”. Algumas literaturas apontam que a rotação econômica ocorre no estágio I, contrariando a teoria da produção clássica, que aponta o estágio II como sendo aquele em que ocorre a maximização do lucro. Contudo, estes autores comprovam que a rotação econômica realmente cai no estágio II de produção desde que, de acordo com a teoria econômica, a idade de máximo IMA, que define o início do estágio II, seja determinada via volume equivalente.

Smith (1989) determinou a idade ótima de corte de três plantios de eucalipto e o prejuízo econômico resultante de sua exploração acima dessa idade. Encontrou que a idade ótima de corte com base no critério do benefício (custo) periódico equivalente resultou em idades sempre maiores que aquela determinada com base na idade de máxima produtividade volumétrica. Quanto ao prejuízo econômico decorrente da exploração do povoamento acima da idade ótima de corte, verificou-se que à medida que a taxa de desconto e a produtividade aumentaram, o prejuízo também aumentou.

Silva, Machado e Ladeira (1995) realizaram um estudo de tempo e produção florestal em povoamentos de *Eucalyptus grandis* com o objetivo de avaliar o efeito do custo de colheita na determinação da idade ótima de corte. Os resultados mostraram que a rotação de máxima produtividade volumétrica foi

inferior a rotação econômica e que considerar o custo de corte constante e independente da dimensão das árvores pode proporcionar prejuízos às empresas e até mesmo inviabilizar projetos florestais por se estar cortando o povoamento fora da idade ótima.

Independente do critério utilizado para determinar a idade de corte ele não deve ser rígido, preservando os interesses da empresa. Assim sendo, caso ocorram mudanças nas condições econômicas ou nos objetivos da empresa, mesmo assim possam ser feitos os ajustes necessários. Um outro ponto é que, mesmo quando um tratamento é considerado ótimo em relação a uma determinada espécie, pode não o ser quando se considerar a empresa como um todo (Johnston, Grayson e Bradley, 1977 e Nautiyal, 1988).

2.1.2 Fatores que afetam a rotação florestal

Ao determinar a idade de corte, deve-se tomar cuidado, pois ela é influenciada por diversos fatores, podendo-se destacar a taxa de juros ou de desconto, a produtividade da floresta, o valor da madeira e os custos envolvidos em sua produção, o espaçamento utilizado, a finalidade da madeira, a escolha da espécie, a quantidade de fertilizante utilizado e o horizonte de planejamento. Além destes fatores, a ocorrência de pragas, doenças e incêndios, bem como as variações climáticas, podem provocar danos, exigindo o corte antecipado do povoamento (Chichorro, 1987; Davis e Johnston, 1987; Lima Júnior, Rezende e Silva, 1999).

a) Taxa de juros ou de desconto

Gregory (1987) define juros como o “preço do dinheiro”, ressaltando que este preço varia não só com a quantidade, mas também com o tempo em que

é retido ou com a probabilidade de perda (risco). Acrescenta ainda que os juros podem ser definidos como a taxa de crescimento do capital.

Conhecer a taxa de desconto é fundamental para qualquer setor interessado em melhorar sua eficiência econômica (Contador, 1981). No entanto, há sempre grande dificuldade em determiná-la, uma vez que ela varia de acordo com as características do projeto, da empresa, da conjuntura econômica, entre outras. Dentre os fatores que podem interferir na determinação da taxa de juros, destacam-se o risco e a incerteza, a inflação, a duração do projeto ou horizonte de planejamento, a preferência por liquidez ou taxa preferencial de tempo, a produtividade do capital e a posição particular do investidor (Lima Jr., Rezende e Oliveira, 1997).

A magnitude da taxa de desconto depende da posição particular do investidor, merecendo as seguintes análises: se o investimento é feito via empréstimo, logo a taxa de juros do investimento terá de ser mais elevada que a taxa de empréstimo, em decorrência da pretensão lucrativa e do risco do investimento. No caso do investimento ser implementado com capital próprio, a taxa de juros do investimento deverá se equiparar a taxas de juros de projetos alternativos sujeitos ao mesmo grau de risco; o investimento requer capital próprio e empréstimos, neste caso, consideram-se os determinantes anteriores (Alves, 1966).

Rezende (1982) cita que a taxa mais apropriada a ser utilizada no setor privado é a taxa de mercado ou taxa mínima de atratividade, para empreendimentos. No entanto, o trabalho realizado por Lima Jr., Rezende e Oliveira (1997) mostra, através de modelos econométricos considerando como variáveis determinantes da taxa de desconto o índice de risco, o horizonte de planejamento, a taxa de inflação, a preferência por liquidez, a produtividade do capital e a posição particular do investidor (valor patrimonial da empresa), que as taxas de desconto determinadas com base na metodologia proposta neste

trabalho são mais condizentes com a natureza dos projetos florestais que as taxas vigentes no mercado.

Estes autores comentam ainda que as empresas florestais conhecem os fatores que afetam a taxa de juros, mas não utilizam este conhecimento geralmente porque adotam as taxas de juros empregadas no mercado financeiro ou taxas oriundas do custo de oportunidade do capital aplicado em outros investimentos.

Para as empresas que visam o reflorestamento, a taxa de juros pode ter duas interpretações: a do detentor do capital, na qual o juros representa a taxa de multiplicação do capital, e a de quem necessita do capital, representando o custo do capital. Então, esta empresa poderá buscar o dinheiro no mercado, a taxas nem sempre compatíveis com o empreendimento florestal, e comprar a terra, ou poderá pagar determinada taxa de juros sobre o valor da terra, como forma de arrendamento/parceria, tornando estas modalidades interessantes aos proprietários de terra. Muitas vezes, pagam-se altas taxas de juros aos bancos para se obter dinheiro e adquirir terras, às vezes distantes das fábricas, quando taxas menores poderiam satisfazer aos proprietários de terra vizinhos, possibilitando um arrendamento, sendo esta, portanto, somente uma questão de troca de credores (Klein, Schneider e Finger, 1992).

Nos investimentos florestais caracterizados pelo longo prazo e grandeza dos investimentos, os efeitos das taxas de desconto sobre os itens de custos e receitas necessitam de criteriosa análise, pois de sua magnitude dependerá a duração da rotação (Gaffney, 1960).

Segundo Gomes (1999), o retorno econômico de um empreendimento florestal depende do objetivo da produção de madeira e é influenciado pelas condições de produtividade do local, pela distância do povoamento ao mercado consumidor, pelo preço da madeira, custo da terra, taxa de juros desejada para remunerar o capital investido na floresta, custos de implantação e manutenção

do povoamento e custos de colheita, além de outros aspectos de ordem operacional ou econômica. É fundamental que o regime de manejo escolhido maximize a eficiência do processo, considerando a integração de todos esses aspectos. Nesse contexto, o efeito da taxa de juros utilizada na análise de investimento tem forte impacto sobre a escolha da idade ótima de corte.

Diversos autores estudaram os efeitos da taxa de desconto sobre a rotação florestal, podendo-se destacar Pacheco (1981), Berger (1985), Rezende, Minette e Torquato (1987), Davis e Johnson (1987), Lopes (1990); Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997); Gomes, Maestri e Sanquetta (1998). Os resultados destes trabalhos indicam uma relação inversa entre a idade de corte da floresta e a taxa de desconto.

Segundo Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997), o aumento da taxa de juros eleva o custo do capital, onerando o empreendimento com o passar do tempo e, portanto, pressionando a redução da rotação economicamente ótima.

b) Produtividade da Floresta

A produtividade florestal está relacionada à capacidade física de produção de madeira de um dado local (Davis, 1966). Conhecer a capacidade produtiva de um dado local é importante para a predição da produção presente e futura, bem como contribui para a definição do tipo de manejo a ser aplicado em determinada área (Lopes, 1990).

Segundo Scolforo (1997), da maior ou menor produtividade dos sítios dependem: a dimensão dos produtos advindos da floresta nas várias idades; a viabilidade ou não de projetos florestais; a resposta de certas culturas que frequentemente diferem em função da qualidade do sítio; identificação do potencial de produtividade da propriedade florestal, tanto presente como futura; e fornecimento de referências para diagnóstico e prescrição do manejo e conservação do solo.

Ao efetuar estudos na área de economia florestal, deve-se dedicar especial atenção à produtividade da floresta no local em questão, uma vez que a sua influência sobre os resultados econômicos é significativa e suas variações provocam mudanças nas alternativas de manejo (Lopes, 1990).

Em geral, há uma relação inversa entre a idade ótima de corte e a produtividade florestal, ou seja, quanto mais produtivo o sítio, menor a idade ótima de corte da floresta, e vice versa. Este comportamento da idade de corte foi comprovado nos estudos de Garlipp (1979); Rezende, Minette e Torquato (1987); Lopes (1990); Silva, Machado e Ladeira (1995); Gomes, Maestri e Sanquetta (1998).

Alvarenga (1976), estudando a idade econômica de corte de eucalipto para condições da zona da mata de Minas Gerais, verificou que os resultados apresentavam significativa variação entre os níveis de produtividade, para uma mesma taxa de empréstimo. Observou ainda que, de modo geral, quando o nível de produtividade diminuía, ocorria um aumento da idade de corte para o plantio original; para a primeira brotação, foi observado o inverso.

Klein, Schneider e Finger (1992) avaliaram a influência da distância, da produtividade da floresta e do número de rotações sobre o valor esperado da terra e encontraram que maiores distâncias conjugadas com sítios menos produtivos e um menor número de rotações resultam em menores valores da terra, sendo as terras mais produtivas, mais próximas à fábrica e com maior número de rotações as que fornecem maiores valores da terra.

c) Preço da madeira

Segundo Palda (1976), a política de determinação de preços é um dos pontos-chave de estratégia da empresa, e o estabelecimento de preços torna-se, às vezes, uma decisão crucial para a alta administração.

As decisões sobre o preço da madeira são importantes e muito complexas, em decorrência das variações irregulares, como consequência do próprio processo de formação do preço no mercado, e contribuem para revelar o grau de concorrência existente no mercado (Duer, 1972).

Lopes (1990) analisou os fatores que afetam a idade de corte de povoamentos de eucaliptos. No caso do preço da madeira, a conclusão foi de que variações proporcionais nesse fator implicam em variações diretamente proporcionais nas idades ótimas de corte dos povoamentos, para taxas de juros inferiores às taxas de crescimento da floresta. Para taxas de juros superiores às taxas de crescimento da floresta, as variações sobre a idade ótima de corte foram inversamente proporcionais, e quando estas taxas se igualaram, não houve influências nas idades de corte dos povoamentos.

Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997) analisaram, por meio de análise gráfica, a influência de diversas variáveis sobre a rotação economicamente ótima. De acordo com os resultados encontrados, variações no preço da madeira mostram comportamento inversamente proporcional à rotação economicamente ótima (REO), mantidas as demais variáveis constantes. O aumento do preço da madeira torna a atividade mais atraente, fazendo com que a redução da REO permita uma aceleração dos ciclos e a possibilidade de períodos de reinvestimento mais curtos.

d) Espaçamento

O espaçamento é a única variável, dentre as que atuam sobre o crescimento em diâmetro, que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, passando a desempenhar um dos papéis mais importantes na qualidade da matéria-prima produzida nos povoamentos, se estiver sob manejo adequado (Coelho, Mello e Simões, 1970).

Hoffman (1974), trabalhando com povoamentos de *Eucalyptus saligna*, *E. grandis*, *E. Alba* e *E. propinqua*, concluiu que para uma determinada taxa de juros, a idade ótima de corte varia conforme a espécie e o espaçamento. Por este motivo, a escolha destes fatores é de grande importância para o setor.

Na definição da densidade inicial de plantio, o principal fator a ser considerado é o objetivo final a que se presta a madeira (Ownes et al., 1975). De modo geral, o crescimento em altura é menor nos espaçamentos mais abertos, e a diferença de altura de espaçamentos distintos vai se acentuando com a idade. De modo similar à altura, o crescimento em diâmetro também é menor nos espaçamentos mais fechados. Tal fato é consequência de uma maior competição entre as árvores. Deve-se também considerar que em espaçamentos mais abertos, os custos de implantação e de exploração são menores do que em espaçamentos mais fechados (Kilpatrick et al., 1981).

Um fato que deve ser analisado ao comparar plantios em diferentes condições de espaçamento é em relação ao número de árvores existentes em cada densidade de plantio e o volume destas árvores, pois espaçamentos extremamente abertos produzem maior volume individual. Entretanto, o povoamento como um todo proporciona um baixo volume por hectare, uma vez que o número de árvores é extremamente reduzido. Espaçamentos mais fechados, mesmo que produzam um volume menor por unidade no total do plantio, produzem um volume muito maior em decorrência do elevado número de árvores por hectare. Todavia, existe um limite ideal entre os espaçamentos abertos e fechados, pois aqueles extremamente fechados ocasionam alta taxa de mortalidade. Na prática, o espaçamento que confere maior produção em volume tem sido o intermediário, variando de uma espécie para outra e de uma região para outra (Mitchell, 1977).

Ao estudar a influência de cinco espaçamentos sobre o crescimento de *Eucalyptus urophylla*, Couto et al. (1977) verificaram que o espaçamento exerce

grande influência na altura média, no diâmetro médio, na área basal média e no volume médio por hectare. Outros autores, como Balloni e Simões (1980) e Leles et al. (1998), também observaram que existem determinadas situações em que a altura média das plantas aumenta com o espaçamento.

Segundo Pereira et al. (1983) e Bernardo (1995), em espaçamentos muito fechados, a forte competição por luz, em razão do aumento de densidade populacional, promove estímulo ao crescimento em altura das plantas de eucalipto. Ainda quanto aos espaçamentos muito reduzidos, autores como Vale et al. (1982) e Leite et al. (1997) observaram que sua adoção acarreta a produção de toras de pequenos diâmetros e muitas dominadas, comprometendo o volume final produzido.

Rezende, Pereira e Oliveira (1983) realizaram a análise econômica de espaçamentos de eucaliptos para fins energéticos e verificaram que dentre os três espaçamentos avaliados (3,0 x 2,0 m; 3,0 x 1,5 x 1,0 m; 3,0 x 1,0 x 1,0 m), o espaçamento mais denso foi o mais econômico.

Vital e Della Lucia (1987), estudando o efeito do espaçamento na produção de biomassa em *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* no cerrado, concluíram que o principal fator que influenciou a produção por unidade de área foi o número de árvores por hectare.

Assis et al. (1999) avaliaram plantios de *Eucalyptus urophylla* em diferentes densidades populacionais e verificaram que o aumento da densidade populacional promoveu um estímulo ao crescimento das plantas e que este crescimento varia de acordo com a época de avaliação e com os espaçamentos adotados.

e) Custo da terra

A terra é o capital básico de qualquer projeto florestal, representando um alto investimento e de relativa permanência (Davis, 1966). O investimento em

terra é um dos fatores de reconhecida importância na composição dos custos de formação do povoamento florestal (Pereira e Rezende, 1983).

Richardson (1973), Valle (1975) e Holanda (1983) comentam que entre os principais fatores a serem considerados na localização de qualquer atividade econômica, o custo da terra é um dos mais importantes. Segundo Rezende, Neves e Oliveira (1993), este custo constitui uma das variáveis que compõem as forças locacionais, assim como o custo de transporte, a estrutura fundiária, a política de desenvolvimento regional, a produtividade da terra, a criação de novas indústrias, entre outros fatores.

O custo da terra para o horizonte finito, admitindo-se que o investidor possui a terra, pode ser computado na determinação da rotação, na forma de aluguel ou juros sobre o seu valor de investimento, sendo, portanto, um custo anual (Rezende, 1984). Este critério é o mesmo atribuído ao arrendamento da terra, justificável apenas quando o reflorestador não possui recursos financeiros para a aquisição da terra, e esta é uma situação rara no setor (Lopes, 1990).

Uma outra forma de se computar este custo seria atribuir à terra um custo de investimento e um valor de venda após o término do horizonte de planejamento (McKillop, 1971). Um dos problemas deste método para o planejamento é a especulação do mercado do fator terra, decorrente de sua valorização real.

Segundo Gaffney (1960), o custo da terra é um fator imprescindível para determinação da rotação florestal.

Lopes (1990) analisou as relações entre a idade ótima de corte de povoamentos de eucalipto, juntamente com os fatores que a determinam. No caso do custo da terra, os resultados mostraram que variações proporcionais no valor deste fator implicaram em variações inversamente proporcionais nas idades ótimas de corte dos povoamentos.

f) Custos envolvidos na produção de madeira

Segundo Tanaka (1986), a colheita compõe-se de três atividades básicas: corte, extração e transporte. Ela é um dos itens de custo mais elevados da atividade florestal, podendo atingir até 80% do custo de formação da floresta.

Silva, Machado e Ladeira (1995) estudaram a influência do custo de corte, do diâmetro da árvore e do volume por hectare na rotação econômica de povoamentos de eucalipto. Os resultados mostraram que o custo de corte, sendo variável em função do diâmetro das árvores, tende a aumentar a idade econômica ótima de corte.

Lopes (1990) analisou o efeito sobre a rotação de diversos custos relacionados às atividades florestais. Os resultados mostraram que o custo de reforma, ou substituição, afetou moderadamente as idades ótimas de corte dos povoamentos. Os custos anuais de conservação e proteção, de capina, roçada, bateção pré-corte e de condução das brotações afetaram superficialmente as idades ótimas de corte dos povoamentos, enquanto os de exploração afetaram superficialmente e moderadamente, de acordo com o horizonte de planejamento, as idades ótimas de corte dos povoamentos.

Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997) estudaram, por meio de análise gráfica, o efeito de um aumento nos investimentos iniciais (por exemplo, custos de implantação) sobre a rotação econômica. Os resultados mostraram que, mantidas as demais variáveis constantes, aumentos no custo de implantação resultam em rotações economicamente ótimas mais longas. Isto significa que à medida que o valor do investimento inicial aumenta, é financeiramente mais interessante prolongar a rotação para que um maior volume futuro compense investimentos iniciais maiores.

g) Horizonte de planejamento

Horizonte de planejamento é o período de tempo durante o qual se estima que um empreendimento irá operar. Para o setor florestal, este horizonte

será finito quando a avaliação do empreendimento for fixada em certo período de tempo; e será infinito quando existir continuidade do empreendimento durante um período indefinido (Alfaro, 1985)

Rezende e Oliveira (1994) desenvolveram um estudo com o objetivo de determinar, para o caso de povoamentos de eucaliptos, como as rotações das brotações (primeira e segunda) se interrelacionam entre si e com as do alto fuste, nos vários horizontes de planejamento. Os resultados obtidos evidenciaram que quanto mais curto o horizonte de planejamento, mais longa tende a ser a rotação. A rotação do regime de alto fuste para o horizonte de um único corte é mais longa que sua rotação para o planejamento de manejo em três cortes. Para o horizonte de planejamento de três cortes, a idade de corte da segunda brotação é determinada independentemente; a idade ótima de corte da primeira brotação é influenciada pelo comportamento do povoamento do regime de alto fuste; e a idade ótima de corte do alto fuste é influenciada pelos regimes da primeira e segunda talhadas. Concluíram também que a prática de empresas florestais de realizar os cortes das talhadas e alto fuste sempre na mesma idade (ciclo) é incorreta, podendo acarretar relevantes prejuízos.

2.2 Análise econômica de projetos florestais

Um projeto se traduz no investimento de recursos durante algum tempo, na expectativa de obtenção de produtos nos períodos subsequentes. Desta forma, quase sempre se olvida o fato de que só faz sentido analisar um, ou uma seqüência de investimentos, dentro de um período de tempo ou horizonte de planejamento determinado ou preestabelecido (Rezende e Oliveira, 2000).

Segundo Lima Jr. (1995), os projetos de investimentos florestais exigem uma grande soma de capital para serem implantados, sendo caracterizados pelo longo prazo e, portanto, muito suscetíveis a riscos referentes tanto ao aspecto

produtivo quanto à própria instabilidade econômica do país. Neste sentido, um bom planejamento e uma boa avaliação econômica são imprescindíveis para minimizar certos problemas da atividade florestal.

A avaliação econômica de uma alternativa de investimento consiste na determinação (identificação e quantificação) de todas as suas vantagens e desvantagens, na comparação e na posterior escolha da melhor alternativa, mediante a aplicação dos métodos ou critérios de decisão, os quais permitem representar cada alternativa por um número que indica a solução mais econômica (Hess et al., 1985).

Os critérios clássicos de avaliação e seleção de alternativas de investimento (ou critérios de alocação de recursos), considerados dentro do caso determinístico, têm como ponto de partida a seqüência estimada de receitas e despesas que ocorrerão ao longo do tempo de operação do projeto em análise, intitulada seqüência dos fluxos de caixa, concentrados em diferentes pontos no tempo (Faro, 1979).

Há vários métodos usuais de seleção e avaliação de opções de investimentos, cada um deles partindo de certas premissas, não havendo um consenso geral quanto ao mais indicado. Os mais utilizados são aqueles que consideram a variação do valor do capital ao longo do tempo, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Razão Benefício-Custo (B/C), o Benefício (custo) Periódico Equivalente (BPE), o Custo Médio de Produção (CMPr) e o Valor Esperado da Terra (VET) (Hirschleifer 1970; Faro, 1971; Rezende e Oliveira, 1999).

O VPL de um projeto é a soma algébrica dos valores descontados, a uma determinada taxa de juros, dos fluxos de caixa a ele associado (Faro, 1979). Esse critério é muito conhecido e utilizado na avaliação de projetos de investimentos florestais devido à simplicidade de aplicação e à consistência de seus resultados

(Smith, 1989). A viabilidade econômica de um projeto analisado por este método é indicada pela diferença positiva receitas e custos.

O VPL apresenta as seguintes vantagens: é critério rigoroso, isento de falhas técnicas e fornece um valor atual fácil de ser relacionado com um valor monetário no presente. Como desvantagem, pode-se citar a dificuldade de escolha da taxa de desconto a ser considerada na sua determinação (Faro, 1979; Contador, 1981). Para projetos com horizontes de planejamento diferentes, não se podem comparar diretamente os valores de VPL, sendo recomendada a equiparação dos horizontes através do mínimo múltiplo comum ou através da transformação dos horizontes em infinitos (Rezende e Oliveira, 2000).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) de um projeto, também chamada de eficiência marginal do capital, é a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto, ou seja, é a taxa média de crescimento de um investimento, constituindo uma medida relativa que reflete o aumento no valor do investimento, ao longo do tempo, tendo em vista os recursos requeridos para produzir os fluxos das receitas. A aceitação de um projeto avaliado por esse critério, no sentido de ser economicamente desejável, ocorrerá se sua TIR for superior a uma taxa de desconto correspondente à taxa de remuneração alternativa do capital, usualmente denominada taxa mínima de atratividade (Hirschleifer, 1970; Faro, 1971; Mishan, 1976; Faro, 1979; Rezende e Oliveira, 1993).

Na comparação da viabilidade econômica de projetos, utilizando Taxa Interna de Retorno (TIR), deve-se tomar cuidado tanto com durações quanto com custos de investimentos diferentes. O cálculo simples da TIR poderá trazer inconsistência no resultado, sendo que outros critérios deverão ser utilizados para auxiliar na tomada de decisão (Lima Júnior, 1995).

O Benefício Periódico Equivalente (BPE) é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de

investimento em análise, ao longo de sua vida útil. A relevância da aplicação do método do BPE encontra-se na seleção de projetos que apresentam durações ou vidas úteis diferentes, visto que os valores equivalentes obtidos por período corrigem, implicitamente, as diferenças de horizonte (Gunter e Haney Jr., 1984; Rezende e Oliveira, 1993).

O BPE é muito utilizado quando da escolha dos equipamentos alternativos com a mesma finalidade de uso. No entanto, a relevância de sua aplicação encontra-se na escolha do projetos que apresentem horizontes de planejamento diferentes, visto que os valores equivalentes obtidos por período, corrigem, implicitamente, as diferenças de horizonte (Filgueiras, 1989). Quanto maior o BPE mais viável economicamente será o projeto que está sendo avaliado. Em se tratando de custos, um investimento será economicamente mais atrativo quanto menor o custo periódico equivalente, em valor absoluto (Smith, 1989).

A Razão Benefício-Custo de um projeto de investimento é a relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos, para uma dada taxa de desconto. Se esta relação exceder a unidade, o valor presente líquido do investimento será positivo, indicando que a alternativa em análise é economicamente viável, sendo tanto mais interessante quanto mais a relação exceder a unidade (Faro, 1971; Mishan, 1976; Faro, 1979; Contador, 1981; Rezende, 1981).

Segundo Contador (1981) o critério da razão benefício/custo é um dos métodos que mais apresenta problemas, sendo mesmo assim bastante usado, principalmente, pelo governo.

O Custo Médio de Produção (CMP_r) é utilizado quando se deseja operar com o custo médio mínimo, independente da quantidade produzida e do tempo de duração do investimento. O CMP_r resulta da relação entre o custo total atualizado e a produção equivalente. É necessário que esses valores sejam

convertidos num mesmo período de tempo (Rezende e Oliveira, 1993). Este método de avaliação é bastante simples e de muita utilidade, uma vez que expressa o custo real de produção de modo bastante óbvio. Além disso, com base na pressuposição de repetição perpétua das alternativas de investimento em análise, pode-se usar esse método para comparar, de forma coerente, projetos que tenham durações diferentes (Rezende, 1984).

O Valor Esperado da Terra (VET) é o valor presente líquido de um projeto de reflorestamento, considerando a ocorrência de rotações idênticas, repetidas perpetuamente (Pearse, 1967). Esse critério é usado principalmente para propósitos de avaliação econômica, quando se deseja estimar o preço máximo de compra de uma área de terra a ser ocupada para fins florestais. No cálculo desse parâmetro, o preço da terra não é considerado e o valor esperado do solo será a quantia máxima que poderá ser paga pela terra envolvida, supondo uma determinada taxa de retorno, ou crescimento do investimento, representada pela taxa mínima de atratividade empregada no desconto do projeto em análise (Gunter e Haney Jr., 1984; Leuschner, 1984; Berger, Garlipp e Pereira, 1983; Fraser, 1985). O VET pode ser utilizado, também, na determinação da idade ótima de corte de povoamentos florestais em situações em que é necessária a comparação entre projetos de investimento de diferentes durações (Leuschner, 1984).

O conceito de valor esperado da terra ou valor de expectativa da terra, introduzido pela primeira vez por Martin Faustmann, em 1849, pode ser traduzido pelo preço máximo a ser pago pela terra nua, a fim de plantar árvores para fins produtivos (Smith, 1989).

Berger (1985), citado por Oliveira (1995), aplicando critérios de avaliação econômica para determinação da idade de rotação de povoamentos de eucalipto, tendo por base modelo de taxa de juros zero, modelos que maximizam o valor líquido presente e modelos que maximizam a taxa de retorno, obteve

diferentes idades ótimas de rotação em função dos diferentes critérios. Esse autor destaca que não existe um consenso claro entre os economistas sobre qual critério é o ideal; e que uma posição bastante interessante é a de Bentley e Teenguarden (1965), que consideram que o modelo a ser utilizado deve ser determinado em função da habilidade da firma ou proprietário florestal em variar seus fatores de produção, e da acessibilidade que os mesmos possuem em relação aos fatores de mercado.

Fensterseifer e Saul (1993), citado por Oliveira (1995), em pesquisa por meio de questionários, realizada em 1990, sobre o comportamento das grandes empresas brasileiras, dos setores industrial e de serviços, quanto a utilização de técnicas analíticas para avaliação e seleção de investimento de capital, obtiveram os seguintes resultados: como “critério principal”, a Taxa Interna de Retorno (TIR), ou outra semelhante, é a mais utilizada (49,6% das empresas), seguida pelo Tempo de Recuperação do Capital “Payback” (19,1%) e pelo Valor Presente Líquido (VPL) ou outro critério semelhante (10,9%). Como “critério secundário”, destaca-se o Payback (31,5%), seguido pelo VPL (20,4%) e TIR (16,2%).

Foi constatado, ainda nesse trabalho, que 46% das empresas utilizam mais de dois critérios de análise, sendo 31,7% por motivos de segurança e confiabilidade na tomada de decisões e 13,5% por ordem estratégica.

Lima (1988), para comparar regimes de manejo que resultam em fluxos de caixa de horizonte irregular, utilizou-se do procedimento descrito por Clutter et al. (1983), considerando que após o último corte especificado pelo regime de manejo dentro do horizonte de planejamento, a unidade florestal será manejada para propiciar a condução de uma série infinita de ciclos de rotações economicamente ótimas, somando-se o VPL destes ciclos ao último ano de corte do horizonte de planejamento.

Chichorro (1987) utilizou, na avaliação econômica de experimentos de adubação de *Eucalyptus grandis*, no cerrado de Minas Gerais, os métodos do Valor Presente Líquido (VPL), da Renda Periódica Equivalente (RPE) e do Custo Médio (CME). A escolha do melhor tratamento foi sobre aquele que apresentou maior VPL e menor CME, para igual horizonte de planejamento. Para o caso de diferentes idades econômicas entre os tratamentos, a decisão baseou-se no método da Renda Periódica Equivalente (RPE), com escolha sobre aquele que apresentou maior RPE por período, independente da idade, pois esse método corrige os horizontes. Assume-se, entretanto, que a atividade será repetida indefinidamente.

Resende (1991) trabalhou com os critérios Valor Presente Líquido (VPL), Benefício Periódico Equivalente (BPE) e Custo de Produção Atualizado (CPA) para determinação da rotação econômica em povoamento de eucalipto. As análises econômicas para o Valor Presente Líquido (VPL) e Custo de Produção Atualizado (CPA) foram efetuadas tomando-se como critério de equiparação os horizontes no infinito. No caso do Benefício Periódico Equivalente (BPE), não houve a necessidade de considerar o horizonte infinito por ser o próprio critério um método para igualar horizontes, pois os benefícios são analisados em um único período de tempo.

Neves e Rezende (1996) esclareceram que em se tratando de projetos mutuamente exclusivos, de diferentes níveis de investimento e com fluxos de caixa diferenciados em termos da ocorrência temporal de receitas e custos, nem sempre o de maior Taxa Interna de Retorno será o escolhido, uma vez que esse critério não considera a diferença no nível do investimento. Resolveram esse problema por meio de ajustamento nos fluxos de caixa originais, de modo a obterem características iguais. Esses ajustamentos foram feitos utilizando as Taxas Internas de Retorno dos projetos e a Taxa Mínima de Atratividade, sendo que os ajustamentos feitos com as Taxas Internas de Retorno produziram

resultados inconsistentes, ao passo que os ajustamentos com a Taxa Mínima de Atratividade levaram a resultados consistentes, em comparação com aqueles obtidos pelo critério do Valor Presente Líquido.

Segundo Ribeiro e Graça (1996), a adoção pura e simples do Valor Presente Líquido como parâmetro para avaliação do potencial de retorno de reflorestamentos com diferentes rotações econômicas é passível de conduzir à escolha de alternativa inadequada. Deve-se, pois, fundamentar tal decisão, tendo por base o Valor Esperado do Solo (VES) associado a cada opção de manejo, ou então normatizá-las.

Ainda segundo os autores, a normatização de projetos é equivalente ao uso do VES, que possibilita, de forma inteiramente análoga, comparar opções de investimentos que possuam fluxos de caixa e períodos de retorno distintos. A alternativa de adotar o VES para avaliar economicamente um plantio torna-se particularmente mais vantajosa ao se aumentar o número de opções de investimento a serem analisadas, por ser seu cálculo mais simples.

O Valor Esperado da Terra (VET), teoria de Faustmann ou método de Faustmann é, segundo Davis e Johnson (1987), um termo florestal usado para representar o Valor Presente Líquido de uma área de terra nua, a ser utilizada para a produção de madeira, calculado com base numa série infinita de rotações.

Em estudo realizado por Scolforo e Hosokawa (1992) sobre vários procedimentos de definição da rotação de uma cultura florestal e de implementação o uso do Valor Esperado da Terra (VET), a partir de diferentes taxas de juros, em locais de diferentes produtividades, para diferentes regimes de manejo, os autores concluíram que, do ponto de vista econômico, é possível utilizar vários critérios. Porém, o procedimento padrão e superior é comparar o fluxo de caixa para uma série contínua de rotações, o qual é definido como Valor Esperado da Terra. Após o cálculo do Valor Esperado da Terra, a rotação econômica ótima é definida pelo maior valor deles.

Ainda segundo os autores, desde que a propriedade florestal vá ser continuamente utilizada para produzir madeira, parece conveniente o uso do Valor Esperado da Terra, pela sua grande versatilidade.

Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997) aplicaram o conceito do Valor Esperado da Terra (VET) para a determinação da idade ótima de corte em ciclos envolvendo uma única rotação em povoamentos de eucaliptos, já que, segundo os autores, o VET não apresenta restrições quanto ao seu uso na análise de alternativas com diferentes escalas temporais, pois pressupõe a repetição perpétua da alternativa a ser analisada, ou seja, o infinito é utilizado como o horizonte que uniformiza a escala temporal de todas as análises.

Segundo Rezende, Silva e Lima Júnior (1996), o conceito de Faustmann é muito utilizado nos países desenvolvidos, principalmente onde há uma maior estabilidade econômica, as taxas de juros são relativamente baixas, os projetos são normalmente de longo prazo, devido às rotações florestais serem longas, e a maior parcela do valor de mercado da terra representa o valor produtivo. Porém, segundo Uys e Kotze (1992), citado pelos autores, a aplicação deste critério em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento como o Brasil é arriscada, devido a uma série de razões, tais como:

- as florestas apresentam rápido crescimento, o que fornece análise a curto e médio prazo;
- o mercado de terra é um dos mais especulativos, ou seja, seus proprietários se alteram com frequência, fazendo com que o horizonte infinito seja inadequado;
- a economia é instável, com taxas de juros reais e elevadas, o que subestima o valor presente da terra;
- a terra é tida como reserva de valor, “status” ou outro fator cultural qualquer.

Diante deste quadro, Resende, Silva e Lima Júnior (1996) recomendaram que se utilizem, para o cálculo do custo da terra, outros métodos alternativos além do VET, como aquele que considera que a terra se valoriza a uma determinada taxa (x), na avaliação de projetos florestais.

Klein, Schneider e Finger (1992) estudaram a viabilidade econômica das alternativas de compra, arrendamento ou parcerias em reflorestamento de *Eucalyptus* sp., na região de Guaíba - RS, em função do Valor Esperado da Terra (VET). Ainda neste estudo, avaliaram a influência da distância e da produtividade da floresta e o número de rotações sob o VET, utilizando uma taxa pré-determinada de 8% ao ano. Encontraram que a distância e a produtividade possuem significativa influência no VET e os ciclos de uma rotação revelaram ser extremamente mais caros que os de 2 e 3 rotações, inviabilizando, na maioria dos casos, a produção de madeira.

No cálculo do VET, o preço da terra não é considerado e o valor esperado do solo será a quantia máxima que poderá ser paga pela terra envolvida, supondo uma determinada taxa de retorno, ou crescimento do investimento, representada pela taxa mínima de atratividade empregada no desconto do projeto em análise (Fraser, 1985). O VET pode ser utilizado, também, na determinação da idade ótima de corte de povoamentos florestais em situações em que é necessária a comparação entre projetos de investimento de diferentes durações (Leuschner, 1984).

Newman (1988) relatou que Valor Esperado da Terra é superior aos demais, pelas seguintes razões: assume que o sítio permanecerá para a produção florestal, infinitamente; e considera o uso de todos os valores envolvidos no fluxo de caixa, de acordo com os preços de mercado, possibilitando que qualquer receita em excesso seja considerada como uma renda para o sítio.

CAPÍTULO 1

ROTAÇÃO FLORESTAL DE PLANTIOS DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE

RESUMO

FERREIRA, T.C. **Rotação florestal de plantios de eucalipto para a produção de celulose.** Lavras: UFLA, 2001. Cap.1, p.109. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)¹.

Este estudo teve os objetivos de: determinar o impacto do aproveitamento da árvore, associado ao comprimento das toras em que o fuste é seccionado e/ou ao diâmetro mínimo aproveitável do fuste, na rotação econômica e na lucratividade de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose; analisar as relações entre a idade ótima de corte determinada com base na maximização do lucro e na maximização da produtividade volumétrica; determinar o prejuízo econômico decorrente do corte da floresta em idade diferente da ótima; analisar as implicações econômicas relacionadas à rotação e à lucratividade da atividade florestal decorrente de mudanças nos parâmetros taxa de desconto, espaçamento e nível de produtividade dos plantios. A base de dados foi obtida em projetos da Votorantim Celulose e Papel - VCP, situados na região de Tamoio. Para os estudos de prognose, foi utilizado o software "VCProg", que permite prognosticar o volume de cada sortimento previamente estipulado. Foram então realizadas prognoses para a idade mínima de 36 meses e máxima de 120 meses, em intervalos de 12 meses. Os índices de sítio utilizados foram 30 m, 28 m, 26 m, e 24 m, respectivamente na classe de sítio I, II, III e IV. Para a análise econômica e para determinar a idade econômica de corte, usou-se o critério do Valor Presente Líquido, considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}), levando-se em conta o preço da madeira colocada no pátio da indústria e os custos de reforma, manutenção, colheita e transporte. Já a idade ótima de corte definida com base na produtividade de madeira foi determinada usando o critério do máximo Incremento Médio Anual (IMA) instantâneo ou corrente e o Incremento Médio Anual (IMA) equivalente. Os resultados obtidos permitiram inferir que: variações proporcionais no diâmetro mínimo aproveitável do fuste e/ou no comprimento das toras em que o fuste é seccionado implicaram em variações diretamente proporcionais na idade ótima de corte dos plantios; aumentos em fatores como taxa de desconto e nível de produtividade causaram redução na idade ótima de corte dos plantios; no espaçamento 3x2 m, a idade ótima de corte ocorre mais cedo que no espaçamento 3x3 m; a idade ótima de corte dos plantios em sítios de alta produtividade (sítio I) é muito precoce (3 anos), podendo levar à obtenção de madeira de baixa qualidade para a produção de celulose; a idade ótima de corte determinada pelo critério da maximização do lucro foi sempre superior ou igual à determinada pelo critério da maximização da produtividade volumétrica, independente de se considerar o volume equivalente ou o volume corrente; os plantios de espaçamento 3x2 m foram mais lucrativos que os de espaçamento 3x3 m, sugerindo que a empresa deve

considerar a possibilidade de adotar apenas o espaçamento mais reduzido em seus futuros plantios; há grandes prejuízos econômicos quando os plantios são cortados em idades diferentes da idade ótima, principalmente se eles estiverem em sítios mais produtivos; os prejuízos por cortar os plantios em idades anteriores à idade ótima tendem a ser maiores que aqueles incorridos quando o corte é feito após a idade ótima; a empresa deve considerar a possibilidade de reduzir o diâmetro mínimo aproveitável do fuste, assim como o comprimento das toras em que este é seccionado, uma vez que isto permite aumentar significativamente a lucratividade dos plantios. Contudo, antes de qualquer tomada de decisão, é necessário realizar novos estudos para detectar possíveis restrições técnicas associadas a tais mudanças, bem como avaliar o impacto dessas mudanças sobre os custos de colheita e transporte de madeira, já que estes têm efeito direto sobre a lucratividade da atividade florestal.

¹ Comitê Orientador: Antônio Donizette de Oliveira (Orientador), José Roberto Soares Scolforo (Co-orientador).

ABSTRACT

FERREIRA, T.C. **Forest cycle of eucalyptus plantations for cellulose production.** Lavras: UFLA, 2001. Cap.1, p.109. (Dissertation - Master in Forest Engineering)¹.

This study objectived to determine the impact of use of the tree associated to the length of the logs in which the trunk is sectioned and/or the minimum profitable diameter of the trunk on the economic cycle and on the profitability of planting of eucalyptus for the cellulose production; to analyze the relation between the best age of cutting of the eucalyptus plantation determined by the maximization of the volumetric productivity; to determine the economic loss due to cutting of the eucalyptus plantation in others ages than the best time, to analyze the economic effect regarding the cycle due to changing on discount rate parameters, spacing and productivity level of the plantation. The prognosis of the volume was made by software developed for this purpose, using as data basis a rectangular part with an area equal to 400 m² and the age of measurements varying from 19 to 103 months referring to planting of eucalyptus located in four distinct regions belonging to Empresa Celulose e Papel Votorantim - VCP Florestal S.A, located at Luiz Antônio city in São Paulo state. For the economic analysis and to determine the economic age of cutting the net present value criterion was used, considering a horizon of infinitive planning (VPL_{∞}) observing the price of the wood placed at the industry site and costs of replanting, maintenance, harvest, transportation and land. The best age of cutting of maximum volumetric productivity was determined based on the annual medium increment (IMA) instantaneous or current and annual medium increment (IMA) equivalent. The economic loss due to cutting the forest in others ages than the best was given through the difference between VPL_{∞} in best age of cutting and VPL_{∞} in effective age of cutting. The main conclusions were: proportional variations at the minimum profitable diameter of the trunk and/or at the length of the logs in which the trunk is sectioned, implicate in proportional variations directly to the best age of cutting of the plantation; increase in factors such a discount rate and level of productivity caused reduction in the best age of cutting of the plantation; on spacing 3x2 m the best age of cutting occurs earlier than on spacing 3x3 m; the best age of cutting of the plantations in site of high productivity (site I) is very early (3 years), it can get woods of low quality to the cellulose production; the best age of cutting, determined by criterion of the maximization of profit was always superior or equal to the one determined by the maximization of the volumetric productivity, independent of considering the equivalent volume or current volume; the plantations of spacing 3x2 m were

more profitable to adopt only more reduced spacing in its future plantations; there are big economic losses, when the plantings are cut in others ages than the best age mainly if they were in small more productive site; the losses due to cutting the plantation in an earlier then to the best age tend to be larger that those incurred when the cutting is made after the best age; the company must consider the possibility of reducing the minimum profitable diameter of the trunk as well as the length of the logs, in which it is sectioned once, it lets to increase significantly the profitability of the plantations. However, before any decision, it is necessary to carry out studies to detect possible technical restrictions associated to such modifications as well as to evaluate the impact between these modifications on costs of harvest and transportation of wood, since those relate direct on the profitability of the forest activity.

¹ Guidance Committee: Antônio Donizette de Oliveira (Adviser), José Roberto Soares Scolforo (Co- Adviser).

1 INTRODUÇÃO

Rotação florestal é definida como sendo o tempo passado entre o estabelecimento e o crescimento da floresta até o momento de seu corte (Davis, 1966).

É importante determinar com exatidão a idade de corte uma vez que, ao antecipar ou adiar o corte do povoamento, a empresa estará saindo da idade que permitirá alcançar o máximo do fator que objetiva, seja ele a maximização do volume ou do lucro. Os métodos mais comumente usados na determinação da idade ótima de corte são o silvicultural e o econômico.

No método silvicultural, a idade de corte é alcançada no momento em que o povoamento atinge o máximo incremento médio anual (IMA), podendo este ser definido pelo volume corrente ou pelo volume equivalente. No método econômico, a idade de corte é alcançada no momento em que se obtém, do povoamento, o lucro máximo por unidade de área.

É natural que os empreendimentos florestais optem pelo uso dos critérios econômicos, já que estes permitem maximizar a renda para cada povoamento a ser colhido. Entretanto, estes empreendimentos têm uma administração dinâmica, ou seja, estão em constantes processos de mudanças e de crescimento. O caso atual das empresas de celulose é de aumento de sua planta. Isto significa um aumento pela demanda de madeira, que nem sempre o mercado tem condições de suprir seja o quesito quantidade ou qualidade. Neste caso, o peso da aquisição de madeira de terceiros pode ser tão elevado na estrutura de custos da empresa que esta fará inquestionavelmente a opção pela rotação que lhe propicie a maior quantidade de volume.

A idade ótima de corte de uma floresta pode ser influenciada por fatores técnicos e por fatores econômicos. Segundo Lima Júnior et al (1999), os fatores técnicos que se destacam são a escolha da espécie, o espaçamento utilizado, a

produtividade do local, a finalidade da madeira e a qualidade da madeira e a quantidade de fertilizante utilizado. Já em termos econômicos, destacam-se o horizonte de planejamento, os custos envolvidos na produção, o preço da madeira e a taxa de desconto usada.

A influência de alguns destes fatores já é bem conhecida e estudada [veja, por exemplo, os trabalhos de Pearse (1967); Mc Killop (1971); Lopes (1990); Rezende e Oliveira (1994); Rodriguez et al. (1997); Lima Júnior et al. (1999), entre outros], mas existem outras questões que necessitam ser investigadas. Por exemplo, analisar se um melhor aproveitamento do fuste das árvores, por meio da redução do diâmetro mínimo, altera a idade ótima de corte e a lucratividade da atividade florestal; se o comprimento das toras afeta a idade ótima de corte; se o seccionamento do fuste em toras normalmente utilizado pela empresa é a melhor alternativa ou existem outros comprimentos que permitem obter maior lucratividade; se cortar a floresta em idade diferente da idade ótima acarreta prejuízos à empresa.

Com base nestas considerações, este estudo teve os seguintes objetivos:

- Determinar o impacto do aproveitamento da árvore, associado ao comprimento das toras em que o fuste é seccionado e/ou ao diâmetro mínimo aproveitável do fuste, sobre a rotação econômica e a lucratividade de plantios de eucalipto para a produção de celulose;
- Analisar as relações entre as idades ótimas de corte, determinadas com base na maximização do lucro e na maximização da produtividade volumétrica;
- Determinar o prejuízo econômico decorrente do corte da floresta em idade diferente da ótima;
- Analisar as implicações econômicas relacionadas à rotação e à lucratividade da atividade florestal decorrente de mudanças nos parâmetros taxa de desconto, espaçamento e nível de produtividade dos plantios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Características da Área de Estudo

As áreas em estudo são de propriedade da Empresa Votorantim Celulose e Papel – VCP, com sede industrial no município de Luiz Antônio, Estado de São Paulo. Os dados foram provenientes do projeto localizado no distrito de Tamoio. Nestas regiões, a precipitação média anual é de 1.571 mm. A temperatura média anual é de 24 ° C Tamoio. A altitude média é de 650 m acima do nível do mar. Os solos predominantes do distrito de Tamoio são caracterizados como areia quartzosa álica, textura areia/areia franca (<15% argila) e latossolo vermelho escuro, textura média (15 - 35% argila), relevo suave ondulado e ondulado.

2.2 Base de dados para desenvolvimento do estudo

2.2.1 Modelo Biométrico

Os dados do inventário florestal foram provenientes de plantios de *Eucalyptus grandis*, contendo parcelas retangulares de m², com idades de medição variando de 19 a 103 meses, e instaladas nos espaçamentos 3x2 e 3x3 metros.

A modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica foi desenvolvida com dados de *Eucalyptus grandis*. Utilizou-se, para tal, o “software” VCProg, desenvolvido por Scolforo (2000). O desenvolvimento do modelo foi composto por cinco fases.

Na fase 1 foi feita a classificação de sítio utilizando o método da diferença algébrica, avaliando o desempenho dos modelos em sua forma anamórfica e polimórfica. A equação de sítio selecionada foi:

$$S = 32,2522562 * \left(\frac{Hd}{32,2522562} \right)^{\frac{\left(\ln \left(1 - \exp \left(-3,3044895 * \left(I^{0,1842405} \right) \right) \right) \right)}{\left(\ln \left(1 - \exp \left(-3,3044895 * \left(I_{ref}^{0,1842405} \right) \right) \right) \right)},$$

cujos coeficiente de determinação (R^2) foi de 88,32% e o erro padrão dos resíduos ($S_{y,x}$) de 5,5%. A idade de referência adotada foi de 84 meses.

A fase dois constituiu no desenvolvimento e seleção dos modelos dos atributos do povoamento, tais como: sobrevivência de árvores; área basal; diâmetro máximo; média aritmética dos diâmetros; diâmetro mínimo; variância dos diâmetros. De forma complementar, foi também obtido o diâmetro médio quadrático através da seguinte expressão:

$$Dg_2 = \sqrt{\frac{G_2}{0,000785398 * N_2}}$$

em que:

Dg_2 = diâmetro médio quadrático na idade de prognose I_2 ;

G_2 = área basal na idade de prognose I_2 ;

N_2 = número de árvores sobreviventes na idade de prognose I_2 .

Na fase três, modelos hipsométricos e o polinômio de potências fracionárias e inteiras foram ajustados, construídos e selecionados para estimativa da altura e do volume, respectivamente.

Na fase quatro, foi feito o ajuste e seleção das distribuições diamétricas, nas quais a distribuição de Weibull com ajuste pelo método dos momentos foi a mais precisa (Tabela 1.1).

A fase cinco constituiu da obtenção da prognose do crescimento e da produção do volume. Para a avaliação da sua precisão, utilizaram-se as informações de cada parcela em sua primeira medição e, a partir destas, efetuou-se a prognose para as idades nas quais estas foram remeidas. Pôde-se então confrontá-las com os volumes de cada parcela obtida na ocasião do processamento do inventário. Observou-se que os resíduos obtidos destes

confrontos não apresentaram tendenciosidade para os estratos que compuseram este estudo.

TABELA 1.1 Distribuição de Weibull.

Fdp	$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{d-a}{b}\right)^c\right]$
Faixa	$a \leq d \leq \infty, a \geq 0, b > 0, c > 0$
Método de Estimativa – Momentos	
Estimativa de b ou de $\bar{\beta}$ (escala)	$\bar{d} = b \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$
Estimativa de c ou de γ (forma)	$cv = \frac{sd}{\bar{d}} = \frac{[\Gamma(1+2c) - \Gamma(1+1/c)]^{1/2}}{\Gamma(1+1/c)}$
Parâmetros estimados da distribuição	$\hat{\beta}, \hat{\gamma}$, além do parâmetro “a” ser vinculado ao D_{\min}

2.2.2 Cenários para prognose do volume

Foram realizadas, a partir da idade zero, prognoses para plantios de *Eucalyptus grandis* nos espaçamentos 3x2 m (1667 plantas/ha) e 3x3 m (1111 plantas/ha). A primeira idade de prognose foi 36 meses e, a partir desta, a cada 12 meses, até 120 meses. Os índices de sítio foram utilizados foram: 30m, 28m, 26m e 24m, correspondentes às classes de sítio I, II, III e IV, respectivamente. Para cada situação, foi prognosticado o volume considerando o seccionamento do fuste em toras com 2,8 m de comprimento até um diâmetro mínimo aproveitável de 8 cm, que é o padrão adotado pela empresa. Também foi feita a prognose do volume para toras com comprimentos de 2,5, 4,0 e 6,0 metros, conjugados com diâmetros mínimos de 4 a 10 cm, em intervalos de 2 cm.

2.2.3 Custos e receitas envolvidos no processo de produção de madeira

Os custos utilizados neste estudo referem-se aos gastos com reforma, manutenção, colheita e transporte de madeira para produção de celulose (Tabela 1.2). Considerou-se também o custo anual da terra, calculado com base nos juros sobre o valor da terra, o qual equivale ao custo de oportunidade do uso deste fator. O valor da terra para a região de Tamoio é de R\$ 4.166,67/ha.

As receitas foram obtidas através da multiplicação do preço da madeira colocada no pátio da fábrica de celulose pela quantidade produzida, para cada situação analisada. O preço da madeira para celulose posto fábrica é de R\$ 31,50/m³.

TABELA 1.2 Custos das operações florestais.

Atividades	Operações	Custos por espaçamento	
		3 x 3	3 x 2
Reforma (ano 0) (R\$/ha)	Rebaixamento	89,73	134,64
	Plantio	175,32	263,06
	Replantio	6,4	9,60
	Diversas	550,03	550,03
	Total	821,48	957,33
Manutenção (ano 1) (R\$/ha)	Adubação	95,55	95,55
	Diversas	416,63	416,63
	Total	512,18	512,18
Manutenção (anos 2 a m*) (R\$/ha)	Diversas	59,21	59,21
Roçada (2 anos antes da colheita) (R\$/ha)	-	56,00	56,00
Roçada pré-corte (anos de corte) (R\$/ha)	-	56,00	56,00
Transporte (R\$/m ³)	-	5,42	5,42
Colheita ** (R\$/m ³)	Mecanizada	5,8	5,8

* m é a idade de corte

** A colheita é feita com Feller Buncher, Skidder e Traçadeira.

2.3 Determinação da Rotação Florestal

A idade ótima de corte (IOC) de máxima produtividade volumétrica foi determinada com base no volume de madeira corrente (Máximo Incremento Médio Anual – IMA) e com base no volume de madeira equivalente (Máximo IMAe). Para calcular o IMA, basta dividir o volume corrente ou instantâneo pela respectiva idade. No cálculo do IMAe, o procedimento é este também, devendo-se, contudo, usar o volume equivalente dado pela seguinte fórmula:

$$VE_j = \frac{VC_j}{(1+i)^j}$$

em que:

VE_j = volume equivalente para a idade j (m^3/ha);

VC_j = volume corrente ou instantâneo na idade j (m^3/ha);

i = taxa anual de desconto;

A idade ótima econômica de corte ou rotação econômica foi definida pelo máximo Valor Presente Líquido, considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_∞). Este critério foi escolhido por permitir comparar alternativas que apresentam durações diferentes entre si, como é o caso deste estudo. Segundo Rezende e Oliveira (2000), o VPL_∞ pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$VPL_\infty = \frac{VPL(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

em que:

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

n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo, que neste estudo indica a idade de corte do povoamento;

i = taxa anual de desconto ou taxa mínima de atratividade, expressa na forma unitária;

j = período de tempo considerado;

C_j = Custos no final do ano j ou do período de tempo considerado; e

R_j = Receitas no final do ano j ou do período de tempo considerado.

Foram utilizadas taxas de desconto iguais a 3%, 6%, 9% e 12% ao ano para testar seu efeito nas diversas situações analisadas.

2.4 Determinação do prejuízo decorrente do corte em idade diferente da idade ótima

O prejuízo (P) por cortar a floresta em idade diferente da idade ótima foi determinado com base na diferença entre o VPL_{∞} na IOC ($VPL_{\infty IOC}$) e o VPL_{∞} na idade efetiva de corte ($VPL_{\infty IEC}$), ou seja:

$$P = VPL_{\infty IOC} - VPL_{\infty IEC}$$

Assim, considera-se como prejuízo o valor que a empresa está deixando de ganhar (custo de oportunidade) ao cortar a floresta fora da IOC, conforme mostra a Figura 1. Cortando a floresta em idades inferiores (IEC_1) ou superiores (IEC_2) à idade ótima de corte (IOC), haverá prejuízos representados por P_1 e P_2 , respectivamente.

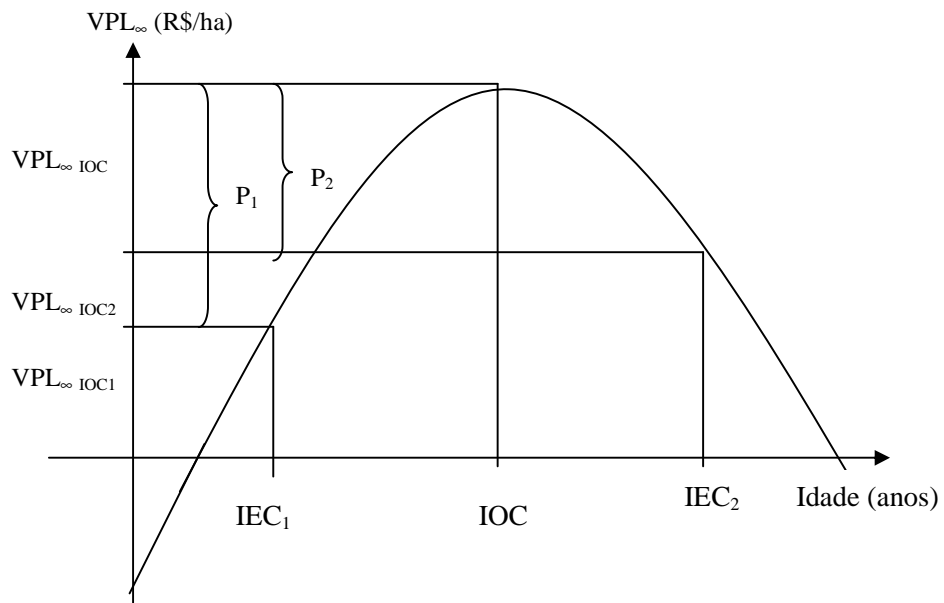


FIGURA 1 Prejuízo Econômico decorrente do corte da floresta em idade diferente da IOC.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise econômica da Idade Ótima de Corte

As Tabelas 1.3 e 1.4 mostram os resultados das mudanças no diâmetro mínimo aproveitável do fuste, conjugados com alterações no comprimento das toras, considerando taxa de desconto de 6% ao ano, sítios I, II, III e IV e espaçamentos de 3x2 e 3x3 m, respectivamente. Os valores em negrito indicam as idades ótimas de corte em cada situação. Os resultados para as taxas de desconto de 3%, 9% e 12% ao ano, de ambos os espaçamentos, encontram-se no Anexo A.

A situação que permitiu obter o maior retorno econômico foi o plantio no espaçamento 3x2 metros, seccionando o fuste em toras de 2,5 metros de comprimento até um diâmetro mínimo de 4 centímetros aos 3 anos de idade.

A produtividade do local tem efeito direto tanto na idade ótima econômica de corte como na rentabilidade dos plantios. Considerando o espaçamento 3 x 2 m, o comprimento das toras de 2,8 m e o diâmetro mínimo de 8 cm, os investimentos realizados nos sítios de alta produtividade, sítio I, propiciaram lucros, na idade ótima econômica de corte, variando de R\$8.158,07/ha a R\$ 4.781,89/ha. Os lucros proporcionados nestas mesmas condições pelo sítio II ocorreram em menor escala, variando de R\$ 2.050,61/ha a R\$ 247,00/ha. Já os plantios nos sítios III e IV não se mostraram lucrativos. Assim, nestes sítios a empresa deverá decidir se continua a plantar eucalipto para a produção de celulose ou se redefine o manejo destes plantios para outros usos que agreguem mais valor à madeira.

TABELA 1.3 VPL_∞ (R\$/ha) para diversas idades e sítios, no espaçamento 3x2 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 6% a.a..

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	12426,07	11098,95	7882,03	3805,14	3911,31	2562,96	-324,84	-4019,53	-2819,82	-3892,12	-6588,82	-9561,56	-7565,58	-8499,86	-11058,54	-12958,97
	4	9406,14	8664,40	6562,83	3619,07	4407,16	3665,43	1687,47	-1140,39	-35,51	-808,15	-2415,24	-4679,08	-3566,47	-4215,49	-5753,04	-7978,24
	5	6590,77	6189,03	4618,08	2423,55	3418,88	3161,06	1458,19	-124,75	570,78	-82,78	-1018,16	-2984,84	-1983,51	-2463,19	-3506,50	-5197,37
	6	4357,73	4125,13	3020,33	1266,20	2235,33	2070,58	757,40	-434,63	321,29	-231,11	-967,65	-2363,20	-1553,97	-1961,01	-2712,09	-3967,11
	7	2741,87	2504,29	1791,55	358,03	1243,91	1123,11	96,29	-841,95	-153,37	-556,05	-1152,01	-2190,91	-1510,39	-1832,53	-2364,07	-3366,73
8	1434,49	1253,50	597,81	-450,60	358,76	256,31	-559,88	-1321,42	-693,06	-993,58	-1485,35	-2298,12	-1697,08	-1953,20	-2400,57	-3175,78	
2,8	3	12192,50	11003,40	8158,07	3943,16	3667,12	2594,81	-324,84	-5208,62	-2522,54	-3711,64	-6684,37	-9306,75	-7427,56	-9136,88	-10814,35	-12874,03
	4	9251,61	8563,96	6771,44	4013,12	4244,91	3649,98	2050,61	-1565,34	103,56	-537,73	-2824,74	-4864,51	-3566,47	-4671,35	-5961,66	-7684,64
	5	6494,83	6045,13	4857,92	2855,26	3502,83	3023,15	1949,86	-1126,08	588,77	205,03	-1659,73	-3320,62	-2007,50	-2553,13	-3872,25	-5341,27
	6	4289,89	4018,53	3160,85	1731,38	2293,48	1963,97	1241,97	-1214,78	238,92	-56,67	-1098,48	-2765,39	-1524,90	-1781,72	-3060,97	-4253,01
	7	2689,52	2516,37	1860,01	780,84	1288,21	1042,58	515,07	-1458,04	-217,80	-455,38	-1007,05	-2585,54	-1510,39	-1715,76	-2710,37	-3688,87
8	1400,34	1178,37	768,56	-71,53	386,08	188,01	-337,90	-1809,77	-747,70	-795,51	-1270,20	-2649,87	-1717,57	-1888,32	-2670,36	-3486,54	
4,0	3	11428,08	10430,09	6692,94	556,36	3253,06	2138,28	-1471,47	-8011,49	-3393,13	-5006,90	-8032,72	-11419,5	-8117,66	-9975,61	-12587,38	-13776,47
	4	8687,58	8154,46	5821,09	1710,65	3750,42	2892,79	675,31	-2500,23	-530,00	-1248,56	-3187,88	-6031,19	-4030,06	-4748,61	-6618,40	-8913,14
	5	6051,13	5781,31	4060,45	1026,48	2831,28	2411,56	966,52	-1623,75	294,97	-232,68	-1629,75	-4052,13	-2373,25	-2667,06	-4034,14	-6204,69
	6	3965,23	3824,70	2627,83	418,21	1697,46	1527,86	505,43	-1355,30	-66,36	-328,02	-1287,46	-3051,28	-1941,63	-2067,61	-2997,98	-4718,19
	7	2435,84	2347,25	1509,68	-173,51	772,78	676,14	-60,76	-1425,83	-499,67	-644,64	-1329,19	-2649,97	-1848,64	-1913,07	-2573,46	-3962,69
8	1188,61	1137,39	276,80	-792,10	-47,62	-105,68	-648,67	-1700,49	-990,17	-1075,54	-1601,46	-2605,47	-1997,60	-2021,50	-2523,51	-3677,79	
9	181,62	149,26	-547,84	-1371,42	-762,56	-800,80	-1239,06	-2047,93	-1471,42	-1527,31	-1947,92	-2730,32	-2195,00	-2253,82	-2650,91	-3627,43	
6,0	3	9230,38	9102,98	4781,89	259,09	1692,37	1618,05	-3202,03	-7034,73	-5102,45	-5367,88	-7831,00	-10899,2	-9200,58	-9678,34	-12183,93	-13776,47
	4	7142,31	7088,22	4329,90	1162,08	2104,70	1525,22	64,93	-2732,02	-1364,45	-2028,92	-3543,30	-5946,20	-5011,31	-5142,66	-6657,03	-8665,89
	5	4809,95	4809,95	2855,26	420,88	1338,27	1134,41	247,00	-1989,51	-862,26	-1138,08	-2145,40	-4166,05	-3242,67	-3260,66	-4357,93	-6138,74
	6	3059,09	3059,09	1624,78	-202,04	452,13	452,13	-129,35	-1815,64	-1108,17	-1239,01	-1801,10	-3361,40	-2755,70	-2760,54	-3400,17	-4839,33
	7	1751,29	1751,29	688,22	-761,41	-241,96	-241,96	-568,13	-1905,01	-1393,62	-1454,02	-1784,21	-3020,43	-2513,06	-2593,59	-2968,08	-4115,71
8	659,28	659,28	-156,90	-1328,25	-870,64	-870,64	-1068,71	-2158,10	-1741,47	-1775,62	-1973,69	-2987,95	-2605,47	-2646,45	-2875,26	-3814,39	
9	-244,88	-244,88	-874,33	-1847,92	-1442,01	-1442,01	-1562,61	-2471,48	-2097,93	-2118,52	-2245,00	-3097,99	-2777,38	-2800,92	-2942,10	-3736,26	

TABELA 1.4 VPL_{∞} (R\$/ha) para diversas idades e sítios, no espaçamento 3x3 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 6% a.a..

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	8293,78	7571,83	5650,17	3452,47	1148,60	426,65	-804,91	-3236,18	-3958,13	-4563,30	-6007,20	-8396,00	-7886,39	-8661,42	-10179,64	-11581,07
	4	5810,04	5354,18	4148,87	2711,76	1645,52	1181,93	378,39	-1135,99	-2117,24	-2441,75	-3283,92	-4921,92	-5014,63	-5308,24	-6049,97	-7626,15
	5	3536,67	3218,88	2367,45	1354,12	958,39	640,60	29,01	-978,32	-1380,05	-1571,92	-2129,55	-3058,93	-3352,73	-3580,58	-4072,25	-5565,26
	6	1663,65	1532,82	927,11	166,34	25,82	-172,85	-642,88	-1374,58	-1631,40	-1733,15	-2140,19	-2813,74	-3051,17	-3211,08	-3545,43	-4519,41
	7	437,45	348,86	-102,14	-694,07	-718,23	-843,06	-1213,52	-1773,24	-1918,21	-1974,58	-2280,61	-2808,12	-2965,16	-3029,59	-3335,63	-3830,92
	8	-533,35	-598,24	-939,74	-1417,84	-1366,61	-1451,99	-1752,51	-2196,46	-2237,44	-2302,33	-2541,38	-2964,84	-3057,05	-3094,61	-3354,15	-3760,54
2,8	3	8134,53	7688,62	6053,62	2316,46	1233,54	670,84	-1537,48	-3607,77	-3968,75	-5009,21	-6272,62	-8024,41	-8130,58	-8841,91	-9946,07	-11453,67
	4	5578,25	5400,54	4380,66	1954,57	1668,70	1328,73	-85,20	-1545,48	-2186,77	-2696,72	-3585,25	-4836,93	-5060,99	-5501,40	-6266,31	-7340,28
	5	3344,80	3308,82	2607,29	730,54	916,42	688,57	-318,76	-1446,01	-1469,99	-1661,86	-2429,35	-3430,68	-3412,69	-3724,49	-4336,08	-5229,48
	6	1605,50	1595,81	1053,10	-279,46	-12,95	-168,01	-875,47	-1742,85	-1704,08	-1800,99	-2363,09	-3143,24	-3109,32	-3274,07	-3744,10	-4451,57
	7	393,16	389,13	-37,71	-1024,26	-746,42	-855,14	-1382,65	-2067,20	-1885,99	-2034,98	-2449,74	-3069,86	-3013,49	-3106,10	-3476,56	-4044,34
	8	-564,09	-567,50	-912,42	-1670,55	-1390,52	-1465,65	-1872,04	-2425,27	-2251,10	-2319,40	-2667,74	-3176,57	-3098,03	-3142,42	-3442,94	-3914,22
4,0	3	7444,43	7072,84	5193,65	1859,94	437,27	-19,26	-1686,11	-4584,53	-4393,43	-4998,59	-6845,93	-9277,20	-8119,96	-9171,04	-10997,14	-12780,79
	4	5145,57	4867,42	3700,74	1854,13	1205,11	988,77	-46,56	-2109,51	-2495,83	-2719,90	-3909,76	-5393,23	-5400,95	-5679,10	-6567,64	-7935,21
	5	2985,04	2919,08	2241,53	988,37	550,66	532,67	-102,90	-1691,84	-1715,83	-1751,80	-2645,21	-3676,52	-3586,58	-3916,36	-4479,98	-5523,29
	6	1343,84	1319,61	815,66	-12,95	-269,77	-279,46	-739,80	-1975,44	-1946,36	-1956,05	-2222,57	-3327,38	-3288,61	-3307,99	-3923,39	-4616,32
	7	187,79	175,71	-202,80	-810,85	-939,70	-943,73	-1294,06	-2280,61	-2204,11	-2208,13	-2353,10	-3251,06	-3194,69	-3202,74	-3661,79	-4185,27
	8	-731,42	-738,25	-1031,94	-1503,22	-1547,61	-1547,61	-1820,81	-2623,34	-2517,47	-2517,47	-2602,85	-3354,15	-3268,78	-3272,19	-3630,77	-4057,65
6,0	3	5586,47	5533,39	4110,72	1222,92	-1080,95	-1144,65	-2408,06	-4648,23	-5359,56	-5444,50	-6952,10	-9022,40	-9266,59	-9362,14	-10476,92	-12727,70
	4	3862,99	3677,56	3159,89	1282,38	123,42	100,24	-486,97	-2179,05	-3461,63	-3492,54	-4164,73	-5462,77	-5833,63	-5879,99	-6652,63	-7912,03
	5	1911,75	1893,76	1743,86	280,84	-336,75	-366,73	-576,59	-1871,72	-2615,23	-2615,23	-2921,02	-3874,39	-4240,14	-4240,14	-4647,87	-5661,19
	6	573,38	568,53	505,54	-604,12	-938,47	-953,00	-1049,92	-2052,97	-2784,66	-2784,66	-2910,65	-3516,36	-3947,62	-3952,47	-4131,75	-4766,54
	7	-384,01	-384,01	-416,22	-1261,84	-1459,15	-1463,18	-1507,48	-2296,72	-2924,90	-2924,90	-2989,33	-3452,40	-3814,81	-3814,81	-3903,40	-4338,29
	8	-1175,37	-1175,37	-1192,45	-1851,55	-1957,41	-1957,41	-1981,32	-2602,85	-3125,35	-3125,35	-3159,50	-3565,88	-3818,60	-3818,60	-3862,99	-4218,15

Quanto à idade ótima econômica de corte, os resultados do Sítio I indicaram que economicamente os plantios devem ser cortados com 3 anos de idade. Mesmo que este fato seja desejado, existem certos inconvenientes, como a baixa qualidade da madeira que será produzida nos plantios jovens, ou ainda a retirada de fatores do meio, em especial dos solos, sem que haja tempo das plantas iniciarem um processo de ciclagem de nutrientes que permita retorno ao solo de pelo menos parte do que foi retirado, por exemplo.

Esta idade de corte precoce revela que o manejo que vem sendo aplicado não está adequado às condições de produtividade encontradas neste sítio, e modificações quanto ao manejo adotado deverão ser realizadas. Uma opção é abrir o espaçamento para reduzir a competição entre as plantas nas idades iniciais da floresta. Com o retardamento da competição, aumenta-se a idade de corte.

Na idade ótima de corte, os plantios no espaçamento 3x2 m proporcionaram maior rentabilidade que os plantios no espaçamento 3x3 m. Comparando as Tabelas 1.3 e 1.4, pode-se observar a queda de rentabilidade ao passar do espaçamento 3x2 m para 3x3 m, em qualquer das situações analisadas.

O aumento do diâmetro mínimo aproveitável do fuste para um mesmo comprimento de tora propicia o atraso na idade de corte dos plantios. Por exemplo, no espaçamento 3 x 2, para toras com 4,0 m, no sítio III, a idade de corte é de 5 anos nos diâmetros mínimos de 4 e 6 cm, de 6 anos no diâmetro de 8 cm e de 7 anos no diâmetro de 10 cm. De forma semelhante, o aumento do comprimento das toras para um mesmo diâmetro mínimo também causa o atraso na idade de corte dos plantios, conforme se observa em diversas situações contempladas nas tabelas 1.3 e 1.4.

Quanto menor o diâmetro mínimo aproveitável do fuste, maior a lucratividade dos plantios. Isto era esperado, já que reduções no diâmetro mínimo proporcionam um aumento do aproveitamento do fuste, uma vez que

elevam o número de toras a serem extraídas e, conseqüentemente, o volume de madeira produzida, como mostram as tabelas 1.5, 1.6, 1.7 e 1.8. Por exemplo, nas tabelas 1.5 e 1.7, para toras com 2,5 metros de comprimento, no sítio I e idade de 3 anos, adotando-se o diâmetro mínimo de 4 cm, obtêm-se 6.522,5 toras e 81,20 m³ a mais, por hectare, em relação à adoção do diâmetro mínimo de 10 cm. Assim, a lucratividade obtida para o diâmetro de 4 cm é R\$8.620,93/ha superior à do diâmetro de 10 cm.

Contudo, deve-se ressaltar que a lucratividade das situações em que o diâmetro mínimo aproveitável do fuste é pequeno pode estar sendo superestimada, uma vez que nesta análise adotou-se o valor de R\$ 5,80/m³ para o custo de colheita de toras de 2,8 metros de comprimento até um diâmetro mínimo de 8 cm (padrão da empresa), não sendo considerada, por exemplo, a possibilidade de aumento deste valor devido à diminuição do diâmetro mínimo. Segundo Silva, Machado e Ladeira (1995), o custo de corte decresce com o aumento do diâmetro médio, do volume por hectare e com a idade do povoamento, sendo o diâmetro médio a principal variável a influenciar este custo.

Existem situações em que as mudanças nos diâmetros mínimos para um mesmo comprimento de tora não propiciaram alterações no número de toras obtidas e, conseqüentemente, no volume e na rentabilidade dos plantios. Por exemplo, no espaçamento 3x2 m, sítio I, para toras com 6,0 m de comprimento na idade de 6 anos, o número de toras/ha é de 3186,5, independente do diâmetro mínimo ser de 4 ou 6 cm. Este fato ocorreu porque o decréscimo do diâmetro mínimo de 6 para 4 cm não propiciou que as árvores das diferentes classes diamétricas do povoamento produzissem pelo menos uma nova tora com 6,0 m de comprimento. Ou seja, o percentual de aproveitamento das árvores não foi alterado com a mudança do diâmetro mínimo, resultando, portanto, no mesmo volume aproveitável da árvore, como mostra a Tabela 1.7.

TABELA 1.5 Número de toras obtidas por hectare para diversas idades e sítios, no espaçamento 3x2 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis do fuste

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	10998,1	9124,1	6567,0	4475,6	9317,2	7285,3	4887,1	2945,4	6428,3	4952,7	2785,0	1288,6	4979,3	3500,2	1286,0	291,7
	4	10752,9	9324,7	7049,6	5001,6	9209,3	7764,2	5571,8	3648,1	7297,2	5968,8	4251,3	2681,1	6112,3	4855,9	3116,2	1564,4
	5	10627,7	9624,1	7439,6	5488,1	9249,3	8570,8	6143,3	4725,5	7962,9	6579,8	5319,7	3546,1	6772,7	5696,4	4236,8	2697,4
	6	10180,4	9446,4	7523,1	5583,6	9038,9	8538,2	6271,4	4978,7	8256,0	6786,5	5611,0	4082,7	7133,9	6067,3	4810,8	3412,6
	7	9769,9	8989,4	7497,1	5585,4	8829,6	8405,8	6307,6	5105,8	8109,8	6877,9	5765,8	4409,6	7248,3	6272,4	5215,3	3866,9
	8	9426,2	8731,4	7184,1	5570,2	8637,3	8240,1	6300,9	5165,9	7953,4	6910,5	5846,9	4611,5	7321,1	6398,9	5382,2	4165,1
2,8	3	9462,9	8053,6	6006,6	4051,4	7880,6	6521,8	4382,0	2180,4	6256,5	4610,4	2437,8	1243,8	4747,4	2507,5	1284,4	291,7
	4	9290,3	8196,8	6437,1	4673,7	7888,3	6882,6	5269,3	3053,6	6853,7	5699,2	3501,8	2298,9	5523,0	3781,4	2616,9	1542,5
	5	9244,3	8348,8	6864,1	5196,0	8444,4	7400,0	5980,5	3578,5	7180,3	6355,2	4155,4	2945,8	6029,5	4987,3	3435,2	2311,0
	6	8889,7	8209,0	6864,8	5378,7	8248,5	7387,6	6195,2	3839,2	7124,2	6422,2	4892,2	3326,4	6528,6	5816,9	3895,4	2811,1
	7	8552,9	8026,4	6774,9	5415,8	8034,1	7293,0	6250,4	3993,0	7016,8	6398,1	5386,9	3570,5	6521,5	5904,4	4185,6	3141,1
	8	8269,3	7593,7	6684,9	5428,4	7831,5	7159,8	6023,0	4086,1	6898,1	6713,6	5618,6	3731,9	6479,4	5924,5	4379,0	3369,1
4,0	3	6054,9	5339,2	3704,7	2026,6	5141,1	4318,9	2685,5	910,4	3538,3	2437,8	1243,8	392,1	2505,8	1284,4	291,7	1,6
	4	5957,9	5444,5	4054,4	2510,7	5074,4	4243,8	2997,3	1851,4	4126,3	3391,4	2286,0	1242,2	3260,2	2595,0	1520,5	688,8
	5	5901,2	5597,9	4299,1	2843,6	5072,6	4580,2	3539,2	2307,5	4641,1	3975,8	2931,5	1767,2	3706,6	3358,5	2308,2	1262,0
	6	5720,1	5519,2	4384,7	3051,3	4911,1	4664,4	3733,3	2623,5	4554,4	4154,5	3264,2	2192,2	3854,3	3677,9	2785,4	1734,4
	7	5524,7	5379,7	4406,5	3161,1	4771,7	4601,4	3813,5	2823,1	4466,9	4202,9	3445,3	2468,7	3935,7	3825,7	3066,9	2037,3
	8	5357,6	5256,9	4140,3	3234,5	4656,9	4534,5	3860,5	2948,1	4391,3	4211,1	3539,0	2656,1	3960,1	3907,3	3235,0	2231,8
6,0	9	5201,7	5125,8	4081,0	3266,3	4561,1	4472,8	3851,3	3033,0	4331,2	4200,7	3581,9	2780,5	4091,1	3942,5	3334,1	2356,3
	3	3221,5	3161,9	2073,9	1331,2	2738,1	2706,6	1414,2	766,3	1668,1	1541,2	896,6	347,2	1224,7	994,3	290,1	1,6
	4	3241,0	3203,1	2286,8	1584,9	2620,6	2328,3	1848,0	1205,5	2320,8	1965,4	1438,9	860,0	1663,8	1573,7	1021,3	521,2
	5	3231,2	3230,6	2448,3	1764,5	2605,8	2480,6	2115,1	1463,5	2393,5	2211,2	1778,9	1167,0	1938,6	1925,8	1432,7	875,5
	6	3186,5	3186,4	2489,0	1857,1	2538,5	2538,0	2221,1	1618,0	2348,5	2245,4	1950,3	1376,1	2029,2	2025,4	1678,2	1132,4
	7	3121,8	3121,8	2501,8	1900,7	2494,1	2494,0	2281,8	1711,1	2320,9	2261,4	2057,2	1513,2	2149,4	2070,3	1829,6	1311,5
6,0	8	3061,1	3061,1	2503,3	1928,4	2466,2	2466,2	2317,4	1768,1	2307,6	2271,9	2127,5	1604,1	2147,4	2101,4	1933,3	1435,7
	9	2995,4	2995,4	2496,5	1941,2	2443,6	2443,6	2339,4	1807,1	2305,6	2282,3	2175,2	1665,6	2156,7	2128,7	2008,2	1523,3

TABELA 1.6 Número de toras obtidas por hectare para diversas idades e sítios, no espaçamento 3x3 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis do fuste

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	7183,7	6255,7	4768,9	3673,5	5545,5	4644,3	3663,1	2404,0	4485,2	3629,3	2440,7	1241,0	3468,4	2376,3	1179,1	461,8
	4	6968,4	6195,2	4942,7	3966,5	5763,7	5016,8	4167,0	3099,2	4766,7	4166,9	3226,0	2099,9	3866,0	3271,9	2416,4	1316,4
	5	6810,0	6185,9	5088,9	4228,7	5925,5	5281,2	4485,8	3585,6	5042,9	4623,1	3846,3	2978,5	4501,9	3955,6	3228,8	1928,7
	6	6278,5	5967,6	5020,9	4223,2	5768,3	5279,5	4530,7	3725,4	4999,0	4732,1	4036,8	3264,9	4551,5	4124,6	3527,2	2471,5
	7	6030,2	5784,3	4938,6	4186,8	5623,3	5247,7	4535,3	3798,7	4929,5	4752,7	4134,5	3413,8	4557,5	4337,6	3689,8	2998,7
	8	5833,2	5623,6	4864,5	4147,6	5494,4	5197,8	4513,7	3825,3	4953,4	4739,0	4178,8	3499,2	4545,9	4395,9	3772,2	3120,6
2,8	3	6203,6	5667,2	4496,5	2875,6	5120,3	4393,7	2877,7	2010,1	4026,9	2846,9	2023,4	1241,0	2706,3	1941,2	1179,1	461,8
	4	5885,2	5574,1	4604,0	3175,7	5225,0	4671,3	3382,5	2560,5	4172,0	3420,1	2652,3	1905,5	3327,1	2686,1	1985,1	1316,4
	5	5730,4	5658,8	4799,9	3389,5	5221,0	4817,1	3693,7	2900,2	4346,0	4011,7	3149,5	2409,9	3888,0	3303,7	2615,6	1928,7
	6	5484,3	5449,4	4656,1	3432,7	5071,2	4745,8	3785,6	3037,2	4311,2	4111,7	3349,0	2646,2	3922,4	3557,1	2907,3	2248,4
	7	5279,9	5259,5	4519,6	3438,0	4938,3	4673,1	3829,1	3116,8	4498,4	4125,0	3460,6	2789,4	3933,1	3701,5	3094,4	2458,3
	8	5116,9	5105,1	4408,8	3432,2	4827,7	4612,0	3844,6	3160,4	4418,5	4210,4	3527,3	2884,4	3932,6	3810,5	3218,3	2599,7
4,0	3	3926,6	3646,1	2838,4	1919,7	2977,3	2671,6	1972,5	1187,1	2412,2	2005,9	1223,5	582,0	1914,5	1179,1	461,8	26,7
	4	3793,5	3530,9	2888,5	2201,9	3209,7	2999,0	2399,5	1621,0	2619,0	2403,9	1711,1	1161,5	2024,1	1754,3	1247,8	730,7
	5	3667,9	3596,4	3119,2	2489,2	3235,2	3214,4	2731,4	1939,7	2787,9	2744,8	2089,9	1591,2	2488,1	2154,4	1750,1	1228,5
	6	3534,3	3499,3	3070,5	2549,1	3201,7	3192,4	2766,0	2020,8	2751,9	2736,4	2469,5	1767,4	2513,2	2483,2	1915,7	1492,4
	7	3417,4	3397,0	3009,9	2549,7	3158,5	3155,2	2770,9	2064,8	2709,0	2702,2	2525,4	1851,5	2506,8	2495,1	2013,1	1639,9
	8	3320,1	3308,4	2956,8	2537,6	3106,5	3104,9	2756,1	2087,2	2678,2	2675,1	2552,0	1900,6	2498,8	2493,6	2071,8	1725,2
6,0	3	2067,7	2045,9	1673,1	1198,0	1523,8	1492,4	1179,3	793,2	1240,8	1199,6	806,3	434,7	788,8	744,0	435,1	26,7
	4	2045,1	1955,7	1786,0	1361,8	1691,7	1675,7	1478,2	1076,2	1341,5	1320,5	1083,4	768,1	1132,2	1099,9	816,5	499,9
	5	1978,2	1968,0	1906,7	1481,1	1754,3	1735,3	1646,0	1254,0	1442,3	1442,1	1308,4	1016,9	1301,3	1300,6	1112,5	791,2
	6	1949,5	1945,9	1914,6	1513,6	1764,7	1755,8	1704,5	1329,9	1415,1	1415,1	1345,3	1124,7	1297,0	1296,9	1195,3	952,6
	7	1918,2	1916,6	1897,8	1527,9	1764,3	1761,1	1733,9	1376,9	1400,9	1400,9	1360,6	1167,8	1290,4	1290,4	1234,6	1041,4
	8	1887,8	1887,1	1876,0	1534,9	1757,4	1755,8	1738,2	1407,0	1400,1	1400,1	1375,1	1185,7	1295,0	1295,0	1261,7	1085,5

TABELA 1.7 Volume (m³) obtido por hectare para diversas idades e sítios, no espaçamento 3x2 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis do fuste.

Tora (m)	IC (anos)	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
2,5	3	246,9	234,4	204,1	165,7	166,7	154,0	126,8	92,0	103,3	93,2	67,8	39,8	58,6	49,8	25,7	7,8
	4	277,4	267,8	240,6	202,5	212,7	203,1	177,5	140,9	155,2	145,2	124,4	95,1	109,5	101,1	81,2	52,4
	5	290,0	283,3	257,1	220,5	237,1	232,8	204,4	178,0	189,6	178,7	163,1	130,3	147,0	139,0	121,6	93,4
	6	299,0	294,2	271,4	235,2	255,2	251,8	224,7	200,1	215,7	204,3	189,1	160,3	177,0	168,6	153,1	127,2
	7	304,6	298,7	281,0	245,4	267,4	264,4	238,9	215,6	232,7	222,7	207,9	182,1	199,0	191,0	177,8	152,9
2,8	8	307,6	302,3	283,1	252,4	276,1	273,1	249,2	226,9	245,3	236,5	222,1	198,3	215,9	208,4	195,3	172,6
	3	244,7	233,5	206,7	167,0	164,4	154,3	126,8	80,8	106,1	94,9	66,9	42,2	59,9	43,8	28,0	8,6
	4	275,4	266,5	243,3	207,6	210,6	202,9	182,2	135,4	157,0	148,7	119,1	92,7	109,5	95,2	78,5	56,2
	5	288,4	280,9	261,1	227,7	238,5	230,5	212,6	161,3	189,9	183,5	152,4	124,7	146,6	137,5	115,5	91,0
	6	297,6	292,0	274,3	244,8	256,4	249,6	234,7	184,0	214,0	207,9	186,4	152,0	177,6	172,3	145,9	121,3
4,0	7	303,3	299,0	282,7	255,9	268,5	262,4	249,3	200,3	231,1	225,2	211,5	172,3	199,0	193,9	169,2	144,9
	8	306,6	300,1	288,1	263,5	276,9	271,1	255,7	212,6	243,7	242,3	228,4	188,0	215,3	210,3	187,4	163,5
	3	237,5	228,1	192,9	135,1	160,5	150,0	116,0	54,4	97,9	82,7	54,2	22,3	53,4	35,9	11,3	0,1
	4	268,1	261,2	231,0	177,8	204,2	193,1	164,4	123,3	148,8	139,5	114,4	77,6	103,5	94,2	70,0	40,3
	5	281,0	276,5	247,8	197,2	227,3	220,3	196,2	153,0	185,0	176,2	152,9	112,5	140,5	135,6	112,8	76,6
6,0	6	290,9	288,0	263,3	217,7	244,1	240,6	219,5	181,1	207,7	202,3	182,5	146,1	169,0	166,4	147,2	111,7
	7	297,0	294,8	274,0	232,2	255,7	253,3	235,0	201,1	224,1	220,5	203,5	170,7	190,6	189,0	172,6	138,1
	8	300,4	298,9	273,7	242,4	264,2	262,5	246,6	215,8	236,6	234,1	218,7	189,3	207,1	206,4	191,7	157,9
	9	302,6	301,5	277,8	249,8	270,5	269,2	254,3	226,8	246,4	244,5	230,2	203,6	221,8	219,8	206,3	173,1
	3	216,8	215,6	174,9	132,3	145,8	145,1	99,7	63,6	81,8	79,3	56,1	27,2	43,2	38,7	15,1	0,1
6,0	4	248,1	247,4	211,7	170,7	182,9	175,4	156,5	120,3	138,0	129,4	109,8	78,7	90,8	89,1	69,5	43,5
	5	260,3	260,3	227,7	187,1	202,4	199,0	184,2	146,9	165,7	161,1	144,3	110,6	126,0	125,7	107,4	77,7
	6	272,2	272,2	242,6	204,9	218,4	218,4	206,4	171,6	186,2	183,5	171,9	139,7	152,2	152,1	138,9	109,2
	7	280,0	280,0	253,6	217,6	230,5	230,5	222,4	189,2	201,9	200,4	192,2	161,5	174,1	172,1	162,8	134,3
	8	284,9	284,9	261,0	226,7	240,1	240,1	234,3	202,4	214,6	213,6	207,8	178,1	189,3	188,1	181,4	153,9
9	288,1	288,1	266,7	233,6	247,4	247,4	243,3	212,4	225,1	224,4	220,1	191,1	202,0	201,2	196,4	169,4	

TABELA 1.8 Volume (m³) obtido por hectare para diversas idades e sítios, no espaçamento 3x3 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis do fuste.

Tora (m)	IC (anos)	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
2,5	3	200,0	193,2	175,1	154,4	132,7	125,9	114,3	91,4	84,6	78,9	65,3	42,8	47,6	40,3	26,0	12,8
	4	222,4	216,5	200,9	182,3	168,5	162,5	152,1	132,5	119,8	115,6	104,7	83,5	82,3	78,5	68,9	48,5
	5	230,1	224,8	210,6	193,7	187,1	181,8	171,6	154,8	148,1	144,9	135,6	120,1	115,2	111,4	103,2	78,3
	6	233,9	231,2	218,7	203,0	200,1	196,0	186,3	171,2	165,9	163,8	155,4	141,5	136,6	133,3	126,4	106,3
	7	237,3	235,1	223,9	209,2	208,6	205,5	196,3	182,4	178,8	177,4	169,8	156,7	152,8	151,2	143,6	131,3
8	239,3	237,4	227,4	213,4	214,9	212,4	203,6	190,6	189,4	187,5	180,5	168,1	165,4	164,3	156,7	144,8	
2,8	3	198,5	194,3	178,9	143,7	133,5	128,2	107,4	87,9	84,5	74,7	62,8	46,3	45,3	38,6	28,2	14,0
	4	219,4	217,1	203,9	172,5	168,8	164,4	146,1	127,2	118,9	112,3	100,8	84,6	81,7	76,0	66,1	52,2
	5	226,9	226,3	214,6	183,3	186,4	182,6	165,8	147,0	146,6	143,4	130,6	113,9	114,2	109,0	98,8	83,9
	6	232,7	232,5	221,3	193,8	199,3	196,1	181,5	163,6	164,4	162,4	150,8	134,7	135,4	132,0	122,3	107,7
	7	236,2	236,1	225,5	201,0	207,9	205,2	192,1	175,1	179,6	175,9	165,6	150,2	151,6	149,3	140,1	126,0
8	238,4	238,3	228,2	206,0	214,2	212,0	200,1	183,9	189,0	187,0	176,8	161,9	164,2	162,9	154,1	140,3	
4,0	3	192,0	188,5	170,8	139,4	126,0	121,7	106,0	78,7	80,5	74,8	57,4	34,5	45,4	35,5	18,3	1,5
	4	213,8	210,2	195,1	171,2	162,8	160,0	146,6	119,9	114,9	112,0	96,6	77,4	77,3	73,7	62,2	44,5
	5	220,9	219,8	208,5	187,6	180,3	180,0	169,4	142,9	142,5	141,9	127,0	109,8	111,3	105,8	96,4	79,0
	6	227,3	226,8	216,4	199,3	194,0	193,8	184,3	158,8	159,4	159,2	153,7	130,9	131,7	131,3	118,6	104,3
	7	231,1	230,8	221,4	206,3	203,1	203,0	194,3	169,8	171,7	171,6	168,0	145,7	147,1	146,9	135,5	122,5
8	233,5	233,3	224,7	210,9	209,6	209,6	201,6	178,1	181,2	181,2	178,7	156,7	159,2	159,1	148,6	136,1	
6,0	3	174,5	174,0	160,6	133,4	111,7	111,1	99,2	78,1	71,4	70,6	56,4	36,9	34,6	33,7	23,2	2,0
	4	197,2	194,8	188,1	163,8	148,8	148,5	140,9	119,0	102,4	102,0	93,3	76,5	71,7	71,1	61,1	44,8
	5	203,0	202,7	200,2	175,8	165,5	165,0	161,5	139,9	127,5	127,5	122,4	106,5	100,4	100,4	93,6	76,7
	6	211,4	211,3	210,0	187,1	180,2	179,9	177,9	157,2	142,1	142,1	139,5	127,0	118,1	118,0	114,3	101,2
	7	216,9	216,9	216,1	195,1	190,2	190,1	189,0	169,4	153,8	153,8	152,2	140,7	131,7	131,7	129,5	118,7
8	220,5	220,5	220,0	200,7	197,6	197,6	196,9	178,7	163,4	163,4	162,4	150,5	143,1	143,1	141,8	131,4	

Para um mesmo diâmetro mínimo aproveitável, a tendência predominante foi de queda na lucratividade à medida que comprimento das toras aumentou. Isto ocorre porque o volume do fuste de uma árvore está associado ao número de toras que se pode obter dela. Assim, ao seccionar o fuste em toras de menor comprimento, obtém-se um melhor aproveitamento em termos volumétricos, contribuindo para aumentar o retorno financeiro. No caso do espaçamento 3x2 m, sítio I e diâmetro mínimo de 4 cm, cortar o fuste em toras com 2,5 m aos 3 anos de idade significa um retorno econômico 34% superior àquele que se obteria caso o fuste fosse cortado em toras de 6,0 m de comprimento. Já o ganho volumétrico proporcionado por esta redução no comprimento das toras é de 30,10m³/ha.

Combinando-se reduções no diâmetro mínimo aproveitável do fuste com reduções no comprimento das toras em que o fuste é seccionado, consegue-se aumentar bastante a lucratividade dos plantios. Por exemplo, no espaçamento 3 x 2 m e sítio I, para toras com 6 m de comprimento e diâmetro mínimo de 10 cm, na idade ótima de corte (4 anos), obtém-se um VPL_∞ de R\$ 1.162,08. Reduzindo-se o comprimento das toras e o diâmetro mínimo para 2,5 m e 4 cm, respectivamente, o VPL_∞ na idade ótima de corte (3 anos) passa para R\$12.426,07.

Vale ressaltar que nas análises econômicas não está sendo considerada qualquer alteração nos custos de traçamento, carregamento e empilhamento das toras de diferentes dimensões pela inexistência dessa informação no momento em que este estudo foi realizado.

3.2 Análise volumétrica da idade ótima de corte

As Tabelas 1.9 e 1.10 mostram o incremento médio anual calculado com base no volume corrente ou instantâneo (IMA), o incremento médio anual

TABELA 1.9 Incremento médio anual instantâneo (IMA), incremento médio anual equivalente (IMAE) e VPL_{∞} para diversas idades, sítios e taxas de desconto, no espaçamento 3x2 metros*.

Sítio (m)	IC (anos)	IMA (m ³)	IMAE (m ³)				VPL _∞ (R\$/ha)			
			3%	6%	9%	12%	3%	6%	9%	12%
I	3	68,9	63,05	57,85	53,20	49,04	22602,31	8158,07	3357,46	967,31
	4	60,8	54,02	48,16	43,07	38,64	20197,80	6771,44	2319,02	109,34
	5	52,2	45,03	39,01	33,93	29,62	16584,51	4857,92	980,48	-935,76
	6	45,7	38,27	32,22	27,25	23,15	13334,70	3160,85	-190,41	-1837,53
	7	40,4	32,85	26,87	22,10	18,27	10823,23	1860,01	-1079,68	-2515,45
	8	36,0	28,42	22,59	18,07	14,54	8694,33	768,56	-1817,65	-3071,47
II	3	42,3	38,71	35,52	32,66	30,11	5127,66	-324,84	-2134,79	-3034,32
	4	45,6	40,52	36,12	32,30	28,98	10325,12	2050,61	-691,58	-2051,20
	5	42,5	36,66	31,76	27,62	24,12	10409,11	1949,86	-845,62	-2225,97
	6	39,1	32,75	27,56	23,31	19,81	9196,18	1241,97	-1376,48	-2662,21
	7	35,6	28,95	23,68	19,47	16,10	7876,61	515,07	-1897,70	-3074,93
	8	32,0	25,26	20,08	16,06	12,92	6231,26	-337,90	-2479,64	-3516,65
III	3	22,3	20,41	18,72	17,22	15,87	-7972,86	-6684,37	-6252,26	-6034,29
	4	29,8	26,48	23,60	21,11	18,94	129,28	-2824,74	-3800,73	-4282,45
	5	30,5	26,31	22,79	19,82	17,31	2743,99	-1659,73	-3112,24	-3827,43
	6	31,1	26,05	21,92	18,54	15,76	4148,45	-1098,48	-2823,13	-3668,06
	7	30,2	24,56	20,08	16,52	13,66	4541,80	-1007,05	-2823,48	-3708,11
	8	28,6	22,58	17,94	14,35	11,55	4155,90	-1270,20	-3037,44	-3891,76
IV	3	9,3	8,51	7,81	7,18	6,62	-16480,54	-10814,35	-8926,20	-7982,52
	4	19,6	17,41	15,53	13,89	12,46	-6430,96	-5961,66	-5801,23	-5718,09
	5	23,1	19,93	17,26	15,01	13,11	-1954,40	-3872,25	-4501,58	-4809,05
	6	24,3	20,35	17,13	14,49	12,31	-84,12	-3060,97	-4036,15	-4511,48
	7	24,2	19,68	16,09	13,24	10,95	810,00	-2710,37	-3859,47	-4416,67
	8	23,4	18,47	14,68	11,74	9,45	1039,06	-2670,36	-3875,15	-4455,11
	9	22,4	17,17	13,26	10,31	8,08	934,48	-2780,33	-3979,59	-4551,80

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação

TABELA 1.10 Incremento médio anual instantâneo (IMA), incremento médio anual equivalente (IMAE) e VPL_{∞} para diversas idades, sítios e taxas de desconto, no espaçamento 3x3 metros*.

Sítio (m)	IC (anos)	IMA (m ³)	IMA e (m ³)				VPL _∞ (R\$/ha)			
			3%	6%	9%	12%	3%	6%	9%	12%
I	3	59,6	54,54	50,04	46,02	42,42	18123,18	6053,62	2042,83	46,35
	4	51,0	45,31	40,40	36,13	32,41	15049,70	4380,66	843,57	-911,15
	5	42,9	37,01	32,06	27,88	24,34	11652,55	2607,29	-382,25	-1858,71
	6	36,9	30,90	26,01	22,00	18,69	8631,70	1053,10	-1441,34	-2665,91
	7	32,2	26,18	21,41	17,61	14,57	6503,74	-37,71	-2180,68	-3225,54
8	28,5	22,50	17,88	14,30	11,51	4785,79	-912,42	-2768,80	-3666,62	
II	3	35,8	32,76	30,06	27,64	25,48	2485,66	-1537,48	-2872,01	-3534,59
	4	36,5	32,43	28,91	25,86	23,20	5710,25	-85,20	-2004,43	-2955,00
	5	33,2	28,64	24,81	21,58	18,84	5438,96	-318,76	-2219,64	-3156,90
	6	30,2	25,29	21,29	18,01	15,30	4472,28	-875,47	-2633,40	-3494,75
	7	27,4	22,28	18,22	14,99	12,39	3557,12	-1382,65	-2998,70	-3785,02
8	25,0	19,74	15,69	12,55	10,10	2649,61	-1872,04	-3342,94	-4052,72	
III	3	20,9	19,13	17,55	16,14	14,88	-7268,65	-6272,62	-5937,77	-5768,29
	4	25,2	22,39	19,96	17,85	16,02	-1609,43	-3585,25	-4236,51	-4556,83
	5	26,1	22,51	19,50	16,96	14,81	957,03	-2429,35	-3544,97	-4093,30
	6	25,1	21,02	17,69	14,97	12,72	1263,89	-2363,09	-3552,91	-4134,08
	7	23,7	19,27	15,76	12,96	10,72	1219,23	-2449,74	-3647,73	-4228,92
8	22,1	17,45	13,87	11,09	8,93	878,33	-2667,74	-3819,01	-4372,86	
IV	3	9,4	8,60	7,89	7,26	6,69	-14835,90	-9946,07	-8316,14	-7501,16
	4	16,5	14,66	13,07	11,69	10,49	-7216,34	-6266,31	-5946,30	-5783,84
	5	19,8	17,08	14,80	12,87	11,24	-3091,99	-4336,08	-4742,29	-4939,25
	6	20,4	17,08	14,38	12,16	10,34	-1714,59	-3744,10	-4406,52	-4727,60
	7	20,0	16,26	13,30	10,94	9,05	-1030,44	-3476,56	-4272,27	-4656,07
8	19,3	15,24	12,11	9,69	7,79	-847,33	-3442,94	-4282,81	-4684,77	
9	18,4	14,10	10,89	8,47	6,64	-919,34	-3523,98	-4361,20	-4757,95	

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação.

calculado com base no volume equivalente (IMAE) e o Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) para quatro sítios, em diversas idades e taxas de desconto, nos espaçamentos 3x2 m e 3x3 m, respectivamente. O volume de madeira foi determinado usando o diâmetro mínimo aproveitável e o comprimento de tora adotado como padrão pela empresa, que são 8 cm e 2,8 m.

A idade ótima de corte definida pelo máximo IMA, considerando a instantaneidade da produção, apresentou-se, à exceção do sítio I, menor que a idade ótima de corte definida pelo volume equivalente (máximo IMAE), independente da taxa de desconto usada. Embora a idade ótima de corte de máxima produtividade volumétrica possa ser determinada tanto pela produção instantânea como pelo volume equivalente, a utilização do volume equivalente se justifica pelo fato de a produção de madeira estar em função da variável tempo, fazendo com que a instantaneidade da produção deixe de existir, surgindo então a teoria da preferência temporal (Lima Jr. et al., 1999). Especificamente para o sítio I, a análise ficou prejudicada, uma vez que o máximo IMA pode ter ocorrido antes da idade mínima adotada para realizar a prognose.

Aumentos na taxa de desconto reduzem o IMAE, tendendo a provocar um deslocamento da idade de corte que limita os estágios de produção. Assim, em algumas situações, quanto maior a taxa de desconto, menor será a idade de máximo IMAE. Por exemplo, no espaçamento 3x2 metros, sítio IV, a uma taxa de 3% a.a., o máximo IMAE (limite entre os estágios de produção I e II) é aos 6 anos, enquanto, para as taxas de 6%, 9% e 12%, o máximo IMAE ocorre aos 5 anos. Em ambos os espaçamentos avaliados, e em nenhuma das situações analisadas, a rotação econômica determinada pelo máximo VPL_{∞} ocorreu antes que a rotação de máxima produtividade volumétrica, independente desta ter sido definida pelo máximo IMA instantâneo ou pelo máximo IMA equivalente. Assim, a idade de rotação econômica sempre se situou no estágio II.

Com relação à prática de manejo adotada para conduzir os povoamentos sob análise, pode-se observar que há uma nítida tendência da rotação ocorrer mais cedo nos sítios mais produtivos. Este fato expressa que, ou os povoamentos nos sítios mais produtivos devem sofrer adubação de cobertura, ou devem ter seu espaçamento inicial ampliado. Neste último caso, deve-se avaliar cuidadosamente o efeito do maior espaçamento inicial na densidade básica da madeira.

3.3 Análise econômica do prejuízo decorrente do corte em idades diferentes da idade ótima econômica.

As Tabelas 1.11 e 1.12 mostram o prejuízo econômico decorrente do corte em idades diferentes da idade ótima, considerando toras com 2,8 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável de 8 cm nos espaçamentos 3x2 e 3x3 m, respectivamente.

De forma geral, o prejuízo (ou custo de oportunidade) por cortar o povoamento fora da idade ótima é maior nas taxas de desconto mais baixas. Por exemplo, no espaçamento 3x2 e sítio I, a idade ótima se mantém fixa aos 3 anos independente da taxa, mas o prejuízo por cortar a floresta com 4 anos cai de R\$ 2.404,51/ha se a taxa for de 3% a.a. para R\$ 857,97/ha se a taxa for de 12% a.a.. Isto ocorre porque taxas de desconto altas levam à obtenção de menores lucros, representados pelos VPL_{∞} . Se o lucro é pequeno em cada idade de corte, o prejuízo por cortar fora da idade ótima também será pequeno.

Os prejuízos tendem a ser maiores quando o corte no povoamento é feito em idades anteriores à idade ótima econômica de corte de que quando eles são realizados após esta idade. No espaçamento 3 x 3, o caso do sítio III e taxa de desconto de 3% a.a. ilustra esta situação. O prejuízo por cortar aos 5 anos (um ano antes da idade ótima econômica de corte) é de R\$ 306,86/ha e por cortar aos

TABELA 1.11 Prejuízo (R\$/ha) decorrente do corte em idades diferentes da idade ótima econômica, considerando toras com comprimentos de 2,8 m e diâmetro mínimo aproveitável de 8 cm, no espaçamento 3x2 m, para diversos sítios e taxas de desconto.

Sítio (m)	Idade (anos)	Prejuízo Econômico (R\$/ha)			
		3%	6%	9%	12%
I	3	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	2404,51	1386,63	1038,44	857,97
	5	6017,81	3300,15	2376,98	1903,07
	6	9267,62	4997,22	3547,87	2804,84
	7	11779,08	6298,06	4437,13	3482,76
	8	13907,99	7389,51	5175,11	4038,78
II	3	5281,45	2375,45	1443,21	983,12
	4	83,99	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	100,75	154,04	174,77
	6	1212,93	808,64	684,90	611,01
	7	2532,51	1535,54	1206,11	1023,73
	8	4177,85	2388,51	1788,06	1465,46
III	3	12514,66	5677,33	3429,13	2366,23
	4	4412,52	1817,70	977,60	614,39
	5	1797,82	652,68	289,11	159,37
	6	393,35	91,44	0,00	0,00
	7	0,00	0,00	0,35	40,05
	8	385,90	263,15	214,31	223,70
IV	3	17519,60	8144,00	5066,73	3565,84
	4	7470,02	3291,30	1941,76	1301,42
	5	2993,47	1201,90	642,11	392,37
	6	1123,18	390,62	176,68	94,80
	7	229,06	40,01	0,00	0,00
	8	0,00	0,00	15,67	38,44
	9	104,58	109,97	120,12	135,13

* As idades em que o prejuízo é zero correspondem às idades ótimas econômicas de corte.

TABELA 1.12 Prejuízo (R\$/ha) decorrente do corte em idades diferentes da idade ótima econômica considerando toras com comprimentos de 2,8 m e diâmetro mínimo aproveitável de 8 cm, no espaçamento 3x3 m, para diversos sítios e taxas de desconto.

Sítio (m)	Idade (anos)	Prejuízo Econômico (R\$/ha)			
		3%	6%	9%	12%
I	3	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	3073,47	1672,96	1199,26	957,50
	5	6470,62	3446,33	2425,07	1905,06
	6	9491,48	5000,52	3484,17	2712,26
	7	11619,44	6091,32	4223,51	3271,88
	8	13337,39	6966,03	4811,63	3712,96
II	3	3224,59	1452,28	867,58	579,59
	4	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	271,29	233,56	215,21	201,91
	6	1237,96	790,28	628,97	539,76
	7	2153,13	1297,45	994,27	830,02
	8	3060,63	1786,84	1338,51	1097,72
III	3	8532,54	3909,53	2392,80	1674,98
	4	2873,32	1222,16	691,54	463,53
	5	306,86	66,26	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	7,93	40,78
	7	44,66	86,65	102,76	135,61
	8	385,56	304,65	274,03	279,56
IV	3	13988,57	6503,13	4043,88	2845,09
	4	6369,01	2823,37	1674,03	1127,78
	5	2244,66	893,13	470,03	283,19
	6	867,25	301,16	134,25	71,53
	7	183,11	33,62	0,00	0,00
	8	0,00	0,00	10,55	28,70
	9	72,01	81,03	88,93	101,89

* As idades em que o prejuízo é zero correspondem às idades ótimas econômicas de corte.

7 anos (um ano após esta idade) é de R\$ 44,66/ha. À medida que se distancia para cima ou para baixo desta, o valor do prejuízo aumenta, mas estes valores aumentam mais para as idades inferiores à idade ótima econômica de corte do que para as superiores à idade ótima econômica de corte.

Rezende, Minette e Torquato (1987), estudando a idade ótima de corte para plantios de *Eucalyptus* spp., verificaram que os maiores prejuízos ocorrem ao se realizarem cortes no povoamento um ano antes da idade ótima econômica de corte.

A Tabela 1.13 apresenta um resumo da lucratividade (VPL_{∞}) obtida no sítio I pelas diversas combinações de comprimento de toras com diâmetro mínimo aproveitável, levando em consideração que os povoamentos serão cortados na idade ótima econômica. Ela mostra também a diferença entre as lucratividades obtidas quando se considera que os fustes serão cortados de acordo com o padrão da empresa (toras com comprimento de 2,8 m e diâmetro mínimo aproveitável igual a 8 cm) e as obtidas nas outras situações.

No espaçamento 3x2 m, a melhor situação é toras com 2,5 m de comprimento e diâmetro mínimo de 4 cm, gerando um lucro de R\$12.426,07/ha, enquanto, para as mesmas dimensões no espaçamento 3x3 m, a lucratividade é de R\$ 8.293,78/ha. Por outro lado, o lucro obtido com base nas dimensões adotadas pela empresa é de apenas R\$ 8.158,07/ha para o espaçamento 3x2 m e de R\$ 6.053,62/ha para o espaçamento 3x3 m.

Para cada espaçamento analisado, a diferença entre as lucratividades da dimensão adotada pela empresa e a dimensão ótima indicada na análise econômica é de R\$ 4.268,00/ha e de R\$ 2.240,16/ha, respectivamente nos espaçamentos 3x2 m e 3x3 m. Estas diferenças podem ser consideradas como prejuízo, uma vez que a empresa está deixando de ganhar esta quantia (custo de oportunidade) por não adotar a condição ótima.

TABELA 1.13 Lucratividade (VPL_{∞}) obtida na idade ótima de corte para diversas combinações de comprimento de tora e diâmetro mínimo aproveitável do fuste e prejuízos decorrentes do seccionamento do fuste em toras com 2,8 metros de comprimento e 8 cm de diâmetro mínimo, para o sítio I e taxa de desconto de a 6% a.a.

Esp (m)	Tora (m)	VPL _∞ (R\$/ha)/diâmetro mínimo (cm)				Prejuízo Econômico (R\$/ha)/d. mínimo(cm)			
		4	6	8	10	4	6	8	10
3x2	2,5	12426,07	11098,95	7882,03	3805,14	4268,00	2940,88	-276,04	-4352,93
	2,8	12192,50	11003,40	8158,07	4013,12	4034,43	2845,33	0,00	-4144,95
	4,0	11428,08	10430,09	6692,94	1710,65	3270,01	2272,02	-1465,13	-6447,42
	6,0	9230,38	9102,98	4781,89	1162,08	1072,31	944,91	-3376,18	-6995,99
3x3	2,5	8293,78	7571,83	5650,17	3452,47	2240,17	1518,22	-403,44	-2601,14
	2,8	8134,53	7688,62	6053,62	2316,46	2080,91	1635,00	0,00	-3737,15
	4,0	7444,43	7072,84	5193,65	1859,94	1390,82	1019,22	-859,97	-4193,68
	6,0	5586,47	5533,39	4110,72	1282,38	-467,14	-520,23	-1942,89	-4771,24

Em alguns casos, o padrão adotado pela empresa é mais vantajoso que determinadas situações simuladas. Para representar estes casos, os valores do prejuízo aparecem com sinal negativo na Tabela 1.13. Por exemplo, no espaçamento 3x3 m, cortar toras com 6 m de comprimento, considerando qualquer diâmetro mínimo aproveitável, será sempre menos lucrativo que se for adotado o padrão da empresa.

4 CONCLUSÕES

As principais conclusões deste estudo foram:

- Variações proporcionais no diâmetro mínimo aproveitável do fuste e/ou no comprimento das toras em que o fuste é seccionado implicaram em variações diretamente proporcionais na idade ótima de corte dos plantios;
- Aumentos em fatores como taxa de desconto e nível de produtividade causaram redução na idade ótima de corte dos plantios;
- No espaçamento 3x2 m, a idade ótima de corte ocorre mais cedo do que no espaçamento 3x3 m;
- A idade ótima de corte dos plantios em sítios de alta produtividade (sítio I) é muito precoce (3 anos), podendo levar à obtenção de madeira de baixa qualidade para a produção de celulose;
- A idade ótima de corte determinada pelo critério da maximização do lucro foi sempre superior ou igual à determinada pelo critério da maximização da produtividade volumétrica, independente de se considerar o volume equivalente ou o volume corrente;
- Os plantios de espaçamento 3x2 m foram mais lucrativos do que os de espaçamento 3x3 m, sugerindo que a empresa deve considerar a possibilidade de adotar apenas o espaçamento mais reduzido em seus futuros plantios;
- Há grandes prejuízos econômicos quando os plantios são cortados em idades diferentes da idade ótima, principalmente se eles estiverem em sítios mais produtivos;
- Os prejuízos por cortar os plantios em idades anteriores à idade ótima tendem a ser maiores que aqueles incorridos quando o corte é feito após a idade ótima;

➤ A empresa deve considerar a possibilidade de reduzir o diâmetro mínimo aproveitável do fuste, assim como o comprimento das toras em que este é seccionado, uma vez que isto permite aumentar significativamente a lucratividade dos plantios. Contudo, antes de qualquer tomada de decisão, é necessário realizar novos estudos para detectar possíveis restrições técnicas associadas a tais mudanças, bem como avaliar o impacto dessas mudanças sobre os custos de colheita e transporte de madeira, já que estes têm efeito direto sobre a lucratividade da atividade florestal;

ANEXO A

	Página
Tabela 1A VPL _∞ para diversas idades e sítios no espaçamento 3x2 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 3% a.a.	062
Tabela 2A VPL _∞ para diversas idades e sítios no espaçamento 3x3 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 3% a.a.	064
Tabela 3A VPL _∞ para diversas idades e sítios no espaçamento 3x2 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 9% a.a.	066
Tabela 4A VPL _∞ para diversas idades e sítios no espaçamento 3x3 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 9% a.a.	068
Tabela 5A VPL _∞ para diversas idades e sítios no espaçamento 3x2 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 12% a.a.	070
Tabela 6A VPL _∞ para diversas idades e sítios no espaçamento 3x3 m, combinando diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 12% a.a.	072

TABELA 1A VPL_{∞} (R\$/ha) para diversas idades e sítios no espaçamento 3x2 m combinando-se diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 3% a.a.*.

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV				
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	
2,5	3	31394,32	28660,48	22033,6	13635,3	13854,0	11076,4	5127,66	-2483,32	-11,94	-2220,88	-7776,02	-13899,8	-9788,12	-11712,7	-16983,57	-20898,41	
	4	25707,76	24156,57	19761,5	13605,2	15253,3	13702,1	9565,69	3651,77	5962,40	4346,58	985,67	-3748,69	-1421,91	-2779,20	-5994,69	-10648,26	
	5	20264,28	19411,18	16075,2	11415,0	13528,6	12981,1	9365,03	6003,58	7480,58	6092,71	4106,39	-69,95	2056,42	1037,80	-1177,71	-4768,35	
	6	15916,04	15414,41	13031,6	9248,44	11338,6	10983,2	8151,11	5580,21	7210,53	6019,14	4430,62	1420,80	3166,08	2288,21	668,34	-2038,42	
	7	12755,30	12234,79	10673,2	7532,54	9473,43	9208,76	6959,09	4903,51	6412,11	5529,89	4224,20	1948,07	3439,02	2733,25	1568,71	-628,02	
	8	10176,73	9773,82	8314,23	5980,40	7782,08	7554,02	5737,13	4041,87	5440,65	4771,67	3676,97	1867,69	3205,65	2635,49	1639,62	-86,04	
	9	8107,63	7768,27	6590,49	4647,48	6291,05	6084,78	4594,25	3163,61	4461,17	4115,15	3017,22	1686,40	2731,09	2278,61	1420,23	9,56	
	10	6409,53	6126,48	4799,70	3502,41	5011,99	4611,01	3579,07	2352,54	3543,69	3266,54	2334,85	1184,98	2211,02	1821,83	1072,94	-124,11	
	2,8	3	30913,16	28463,65	22602,3	13919,6	13351,0	11142,0	5127,66	-4932,84	600,44	-1849,08	-7972,86	-13374,9	-9503,80	-13024,9	-16480,54	-20723,45
		4	25384,59	23946,51	20197,8	14429,3	14914,0	13669,8	10325,1	2763,07	6253,25	4912,12	129,28	-4136,49	-1421,91	-3732,54	-6430,96	-10034,25
5		20060,55	19105,60	16584,5	12331,7	13706,9	12688,2	10409,1	3877,20	7518,78	6703,88	2743,99	-782,99	2005,49	846,80	-1954,40	-5073,93	
6		15769,73	15184,49	13334,7	10251,7	11464,0	10753,3	9196,18	3897,63	7032,87	6395,37	4148,45	553,38	3228,78	2674,89	-84,12	-2655,01	
7		12640,61	12261,25	10823,2	8458,87	9570,47	9032,32	7876,61	3553,71	6270,96	5750,45	4541,80	1083,39	3439,02	2989,09	810,00	-1333,80	
8		10100,71	9606,57	8694,33	6824,22	7842,90	7401,98	6231,26	2954,78	5319,02	5212,59	4155,90	1084,67	3160,03	2779,93	1039,06	-777,83	
9		8047,74	7635,19	6916,54	4434,55	6204,55	5965,00	4966,88	2271,96	4354,70	4294,81	3383,20	834,67	2677,86	2358,46	934,48	-629,24	
10		6362,35	6014,44	5424,76	3319,61	4941,23	4723,05	3856,22	1603,65	3455,24	3413,96	2617,89	465,57	2128,46	1857,21	913,72	-696,10	
4,0		3	29338,48	27282,63	19584,1	6942,93	12498,0	10201,6	2765,63	-10706,6	-1192,96	-4517,29	-10750,4	-17727,1	-10925,4	-14752,7	-20132,94	-22582,45
		4	24205,04	23090,12	18210,3	9614,16	13879,9	12086,3	7448,96	807,93	4928,27	3425,56	-630,16	-6576,38	-2391,40	-3894,12	-7804,41	-12603,40
	5	19118,33	18545,35	14891,0	8448,27	12280,8	11389,5	8320,94	2820,38	6894,87	5774,39	2807,65	-2336,39	1228,79	604,88	-2298,19	-6907,45	
	6	15069,53	14766,46	12185,1	7419,55	10178,5	9812,78	7607,66	3594,56	6374,47	5810,13	3740,87	-63,22	2330,01	2058,29	51,74	-3658,29	
	7	12084,81	11890,72	10055,7	6368,00	8441,23	8229,49	6615,03	3624,29	5653,40	5335,80	3836,02	942,33	2697,96	2556,80	1109,96	-1933,71	
	8	9629,38	9515,35	7599,63	5220,19	6877,44	6748,20	5539,48	3198,04	4779,27	4589,22	3418,50	1183,50	2536,67	2483,45	1365,95	-1203,54	
	9	7635,19	7561,99	5984,96	4121,81	5499,21	5412,71	4421,24	2591,36	3895,57	3769,14	2817,60	1047,60	2258,65	2125,57	1227,26	-981,91	
	10	5996,75	5949,58	4628,70	3119,12	4316,17	4257,20	3419,86	1933,87	3048,36	2971,70	2169,74	730,92	1756,96	1674,41	913,72	-1020,42	
	11	4639,95	4603,00	3484,06	2227,89	3294,05	3251,83	2528,74	1288,40	2270,11	2222,61	1531,19	338,35	1240,89	1182,84	528,36	-643,36	
	12	3490,32	3461,74	2504,33	1442,13	2390,01	2366,20	1732,69	699,06	1580,26	1542,16	941,99	-77,34	741,93	699,06	122,71	-877,57	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV				
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	
	3	24811,25	24548,80	15647,4	6330,55	9283,09	9129,99	-799,28	-8694,59	-4714,13	-5260,90	-10334,8	-16655,5	-13156,2	-14140,3	-19301,86	-22582,45	
	4	20973,39	20860,29	15091,8	8466,93	10438,2	9226,36	6172,46	323,18	3183,18	1793,58	-1373,44	-6398,64	-4443,50	-4718,19	-7885,20	-12086,34	
	5	16482,64	16482,64	12331,7	7162,26	9110,37	8677,46	6793,01	2043,68	4437,45	3851,74	1712,63	-2578,31	-617,46	-655,66	-2985,76	-6767,39	
	6,0	6	13115,23	13115,23	10021,8	6081,85	7492,71	7492,71	6238,61	2601,74	4127,55	3845,38	2633,09	-732,07	574,28	563,83	-815,67	-3919,56
	7	10585,03	10585,03	8255,96	5079,96	6218,03	6218,03	5503,43	2574,45	3694,87	3562,53	2839,11	130,69	1242,29	1065,84	245,38	-2268,96	
	8	8451,06	8451,06	6634,17	4026,67	5045,34	5045,34	4604,42	2179,37	3106,82	3030,80	2589,88	332,07	1183,50	1092,28	582,94	-1507,63	
	9	6670,34	6670,34	5246,35	3043,84	3962,11	3962,11	3689,29	1633,16	2478,24	2431,66	2145,53	215,83	941,13	887,90	568,50	-1228,11	
	10	5177,10	5177,10	4044,92	2163,84	3030,67	3030,67	2841,97	1067,04	1833,62	1810,03	1615,44	-53,35	618,88	589,40	377,12	-1197,32	
	11	3932,69	3932,69	3009,04	1378,12	2190,94	2190,94	2058,99	512,53	1219,78	1203,95	1077,28	-395,30	243,35	227,51	79,73	-1308,40	

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação

TABELA 2A VPL_{∞} (R\$/ha) para diversas idades e sítios no espaçamento 3x3 m combinando-se diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 3% a.a.*.

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV				
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	
2,5	3	22737,88	21250,68	17292,0	12764,8	8018,93	6531,73	3994,73	-1013,64	-2500,85	-3747,48	-6721,89	-11642,7	-10592,9	-12189,5	-15317,05	-18203,98	
	4	18038,97	17085,64	14564,9	11559,5	9329,69	8360,19	6679,74	3512,73	1460,63	781,99	-979,26	-4404,81	-4598,70	-5212,72	-6763,91	-10060,19	
	5	13626,13	12951,29	11143,2	8991,40	8151,04	7476,20	6177,46	4038,36	3185,26	2777,81	1593,66	-379,92	-1003,82	-1487,67	-2531,75	-5702,21	
	6	9948,50	9666,33	8359,98	6719,20	6416,13	5987,65	4973,92	3395,85	2841,96	2622,49	1744,63	291,97	-220,12	-565,00	-1286,10	-3386,71	
	7	7544,76	7350,67	6362,59	5065,72	5012,78	4739,29	3927,65	2701,36	2383,76	2260,25	1589,76	434,05	89,98	-51,18	-721,67	-1806,80	
	8	5629,62	5485,18	4724,97	3660,69	3774,72	3584,66	2915,68	1927,42	1836,19	1691,75	1159,61	216,96	11,70	-71,92	-649,68	-1554,32	
	9	4097,87	3971,44	3379,23	2487,57	2700,51	2567,42	1995,17	1196,67	1296,48	1076,90	644,38	-147,46	-233,97	-293,85	-699,75	-1438,36	
	10	2871,60	2777,26	2281,93	1521,24	1780,70	1680,45	1191,02	512,89	683,90	489,30	135,50	-560,32	-554,43	-595,70	-931,82	-1580,47	
	2,8	3	22409,82	21491,26	18123,1	10424,7	8193,90	7034,76	2485,66	-1779,12	-2522,72	-4666,04	-7268,65	-10877,3	-11096,0	-12561,3	-14835,90	-17941,53
		4	17554,23	17182,59	15049,7	9976,02	9378,16	8667,20	5710,25	2656,34	1315,21	248,76	-1609,43	-4227,06	-4695,65	-5616,67	-7216,34	-9462,33
5		13218,68	13142,29	11652,5	7667,19	8061,91	7578,07	5438,96	3045,20	2994,27	2586,82	957,03	-1169,35	-1131,15	-1793,25	-3091,99	-4989,18	
6		9823,09	9802,19	8631,70	5757,73	6332,52	5998,10	4472,28	2601,59	2685,20	2476,18	1263,89	-418,69	-345,53	-700,86	-1714,59	-3240,40	
7		7447,72	7438,90	6503,74	4342,29	4951,03	4712,83	3557,12	2057,34	2454,34	2127,91	1219,23	-139,40	-15,89	-218,80	-1030,44	-2274,38	
8		5561,20	5553,60	4785,79	3098,13	3721,50	3554,26	2649,61	1418,08	1805,78	1653,74	878,33	-254,37	-79,52	-178,35	-847,33	-1896,41	
9		4044,64	3924,87	3399,19	2041,75	2653,93	2527,50	1875,39	764,15	1150,09	1030,32	424,79	-526,75	-313,81	-373,70	-919,34	-1824,30	
10		2824,43	2735,98	2287,82	1149,74	1739,42	1645,07	1090,78	147,29	542,38	448,03	-47,30	-861,06	-625,19	-666,47	-1114,62	-1881,20	
4,0		3	20988,23	20222,76	16351,6	9484,27	6553,60	5613,16	2179,47	-3791,22	-3397,55	-4644,17	-8449,67	-13458,0	-11074,1	-13239,3	-17001,09	-20675,36
		4	16649,37	16067,67	13627,7	9765,96	8408,67	7956,24	5791,04	1476,79	668,88	200,29	-2288,08	-5390,46	-5406,62	-5988,31	-7846,51	-10706,51
	5	12454,72	12314,66	10875,8	8214,70	7285,21	7247,01	5897,34	2523,16	2472,23	2395,83	498,65	-1691,39	-1500,40	-2200,70	-3397,58	-5613,08	
	6	9258,74	9206,49	8119,61	6332,52	5778,63	5757,73	4764,90	2099,95	2162,66	2141,76	1566,96	-815,82	-732,21	-774,01	-2101,26	-3595,73	
	7	6997,79	6971,32	6142,03	4809,87	4527,56	4518,74	3751,21	1589,76	1757,38	1748,56	1430,96	-536,40	-412,89	-430,53	-1436,27	-2583,16	
	8	5188,70	5173,49	4519,72	3470,63	3371,81	3371,81	2763,64	977,16	1212,82	1212,82	1022,77	-649,68	-459,63	-467,23	-1265,44	-2215,70	
	9	3725,24	3718,59	3199,57	2341,18	2354,49	2354,49	1862,09	371,56	644,38	644,38	524,61	-919,34	-659,83	-666,48	-806,22	-2137,05	
	10	2535,49	2535,49	2116,82	1385,62	1479,96	1479,96	1073,09	-200,62	106,01	106,01	23,46	-1244,35	-937,72	-937,72	-1032,07	-2205,53	

“...continua...”

“TABELA 2A, Cont.”

Tora	IC	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
	3	17160,87	17051,51	14120,8	8172,03	3426,10	3294,87	692,27	-3922,44	-5387,78	-5562,74	-8668,37	-12933,1	-13436,1	-13633,0	-15929,43	-20566,01
	4	13967,10	13579,30	12496,7	8570,25	6146,52	6098,04	4870,02	1331,37	-1350,90	-1415,53	-2821,30	-5535,88	-6311,48	-6408,43	-8024,25	-10658,04
6,0	5	10175,55	10137,35	9819,03	6712,24	5400,76	5337,10	4891,45	2141,17	562,31	562,31	-87,06	-2111,57	-2888,27	-2888,27	-3754,10	-5905,94
	6	7597,07	7586,62	7450,76	5057,53	4336,42	4305,07	4096,05	1932,74	354,67	354,67	82,95	-1223,40	-2153,52	-2163,97	-2550,65	-3919,70
	7	5745,03	5745,03	5674,45	3821,78	3389,49	3380,67	3283,63	1554,47	178,20	178,20	37,05	-977,51	-1771,51	-1771,51	-1965,60	-2918,40
	8	4200,43	4200,43	4162,42	2695,22	2459,56	2459,56	2406,35	1022,77	-140,34	-140,34	-216,36	-1121,01	-1683,56	-1683,56	-1782,38	-2573,00
	9	2926,75	2926,75	2906,78	1722,35	1602,57	1602,57	1575,96	451,41	-533,40	-533,40	-573,33	-1398,44	-1737,80	-1737,80	-1791,03	-2522,99
	10	1863,25	1863,25	1851,46	896,18	843,11	843,11	825,42	-106,27	-902,34	-902,34	-925,92	-1716,09	-1887,10	-1887,10	-1922,48	-2606,51

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação

TABELA 3A VPL_{∞} para diversas idades e sítios no espaçamento 3x2 m combinando-se diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 9% a.a.*.

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	6120,77	5261,53	3178,74	539,16	607,90	-265,09	-2134,79	-4526,91	-3750,16	-4444,42	-6190,39	-8115,08	-6822,79	-7427,69	-9084,30	-10314,73
	4	3999,24	3526,22	2185,98	308,67	811,25	338,23	-923,17	-2726,57	-2021,96	-2514,70	-3539,58	-4983,29	-4273,75	-4687,65	-5668,19	-7087,26
	5	2068,61	1816,34	829,87	-548,17	76,84	-85,06	-1154,36	-2148,36	-1711,60	-2122,00	-2709,37	-3944,34	-3315,56	-3616,77	-4271,90	-5333,68
	6	549,38	405,62	-277,27	-1361,51	-762,48	-864,31	-1675,99	-2412,79	-1945,56	-2287,00	-2742,26	-3604,85	-3104,67	-3356,26	-3820,50	-4596,24
	7	-543,31	-687,81	-1121,31	-1993,21	-1454,40	-1527,87	-2152,41	-2723,06	-2304,26	-2549,17	-2911,65	-3543,53	-3129,62	-3325,56	-3648,84	-4258,69
	8	-1419,22	-1527,51	-1919,81	-2547,07	-2062,83	-2124,13	-2612,45	-3068,08	-2692,14	-2871,94	-3166,16	-3652,44	-3292,84	-3446,08	-3713,73	-4177,54
	9	-2114,08	-2202,34	-2508,64	-3013,96	-2586,51	-2640,16	-3027,80	-3399,87	-3062,41	-3152,40	-3437,94	-3784,04	-3512,35	-3630,03	-3853,27	-4220,14
	3	5969,54	5199,66	3357,46	628,52	449,80	-244,47	-2134,79	-5296,78	-3557,69	-4327,56	-6252,26	-7950,11	-6733,43	-7840,13	-8926,20	-10259,74
	4	3900,69	3462,16	2319,02	559,96	707,78	328,38	-691,58	-2997,57	-1933,27	-2342,24	-3800,73	-5101,55	-4273,75	-4978,36	-5801,23	-6900,02
5	2008,37	1725,98	980,48	-277,08	129,56	-171,66	-845,62	-2777,14	-1700,31	-1941,28	-3112,24	-4155,18	-3330,62	-3673,25	-4501,58	-5424,04	
6	507,45	339,73	-190,41	-1073,97	-726,54	-930,21	-1376,48	-2895,01	-1996,47	-2179,18	-2823,13	-3853,45	-3086,70	-3245,44	-4036,15	-4772,95	
7	-575,15	-680,46	-1079,68	-1736,05	-1427,46	-1576,86	-1897,70	-3097,78	-2343,44	-2487,94	-2823,48	-3783,55	-3129,62	-3254,53	-3859,47	-4454,62	
8	-1439,66	-1572,46	-1817,65	-2320,27	-2046,49	-2164,99	-2479,64	-3360,26	-2724,83	-2753,43	-3037,44	-3862,89	-3305,09	-3407,25	-3875,15	-4363,47	
9	-2129,65	-2236,95	-2423,84	-3069,33	-2609,01	-2671,31	-2930,89	-3631,76	-3090,10	-3105,67	-3342,76	-4005,55	-3526,19	-3609,26	-3979,59	-4386,27	
4,0	3	5474,62	4828,47	2408,86	-1564,25	181,72	-540,04	-2877,17	-7111,49	-4121,35	-5166,18	-7125,24	-9318,01	-7180,23	-8383,16	-10074,14	-10844,02
	4	3541,00	3201,01	1712,96	-908,38	392,43	-154,50	-1568,65	-3593,78	-2337,31	-2795,55	-4032,31	-5845,57	-4569,39	-5027,64	-6220,05	-7683,47
	5	1729,74	1560,31	479,72	-1425,45	-292,14	-555,70	-1463,10	-3089,65	-1884,80	-2216,13	-3093,41	-4614,53	-3560,29	-3744,78	-4603,24	-5966,22
	6	306,78	219,92	-519,88	-1885,65	-1094,94	-1199,77	-1831,74	-2981,87	-2185,17	-2346,90	-2939,94	-4030,16	-3344,28	-3422,15	-3997,22	-5060,49
	7	-729,45	-783,33	-1292,75	-2316,50	-1740,95	-1799,73	-2247,92	-3078,19	-2514,88	-2603,05	-3019,41	-3822,73	-3335,35	-3374,54	-3776,20	-4621,16
	8	-1566,33	-1596,98	-2111,87	-2751,39	-2305,97	-2340,71	-2665,57	-3294,88	-2869,89	-2920,97	-3235,63	-3836,33	-3472,64	-3486,94	-3787,29	-4477,89
	9	-2236,95	-2255,98	-2666,12	-3150,67	-2792,45	-2814,95	-3072,79	-3548,69	-3209,51	-3242,39	-3489,85	-3950,17	-3635,22	-3669,83	-3903,45	-4477,99

“...continua...”

“TABELA 3A, Cont.”

Tora	IC	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
	3	4051,72	3969,24	1171,56	-1756,72	-828,75	-876,86	-3997,62	-6479,09	-5228,04	-5399,89	-6994,64	-8981,19	-7881,37	-8190,69	-9812,94	-10844,02
	4	2555,53	2521,04	761,98	-1258,23	-657,09	-1026,64	-1957,91	-3741,60	-2869,46	-3293,21	-4258,97	-5791,37	-5195,17	-5278,93	-6244,69	-7525,79
	5	950,36	950,36	-277,08	-1805,73	-1229,66	-1357,68	-1914,92	-3319,32	-2611,47	-2784,67	-3417,22	-4686,07	-4106,24	-4117,53	-4806,56	-5924,81
6,0	6	-253,31	-253,31	-1139,87	-2269,03	-1864,69	-1864,69	-2224,10	-3266,41	-2829,12	-2909,99	-3257,42	-4221,85	-3847,46	-3850,46	-4245,81	-5135,36
	7	-1145,80	-1145,80	-1792,38	-2674,08	-2358,14	-2358,14	-2556,52	-3369,64	-3058,60	-3095,33	-3296,17	-4048,06	-3739,46	-3788,45	-4016,22	-4714,23
	8	-1883,03	-1883,03	-2371,35	-3072,17	-2798,38	-2798,38	-2916,89	-3568,67	-3319,40	-3339,83	-3458,33	-4065,16	-3836,33	-3860,84	-3997,74	-4559,62
	9	-2487,87	-2487,87	-2858,21	-3431,02	-3192,20	-3192,20	-3263,15	-3797,89	-3578,11	-3590,22	-3664,64	-4166,49	-3977,86	-3991,71	-4074,77	-4542,02
	10	-2987,03	-2987,03	-3271,79	-3744,92	-3526,89	-3526,89	-3574,35	-4020,78	-3827,97	-3833,91	-3882,85	-4302,58	-4133,50	-4140,92	-4194,31	-4590,31

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação

TABELA 4A VPL_{∞} (R\$/ha) para diversas idades e sítios no espaçamento 3x3 m combinando-se diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 9% a.a.*.

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	3493,22	3025,79	1781,62	358,72	-1132,92	-1600,34	-2397,71	-3971,84	-4439,26	-4831,07	-5765,92	-7312,55	-6982,60	-7484,40	-8467,37	-9374,72
	4	1755,12	1464,41	695,75	-220,74	-900,71	-1196,35	-1708,79	-2674,55	-3300,32	-3507,27	-4044,35	-5088,94	-5148,07	-5335,31	-5808,33	-6813,51
	5	201,35	1,80	-532,85	-1169,16	-1417,66	-1617,22	-2001,26	-2633,81	-2886,07	-3006,56	-3356,72	-3940,31	-4124,81	-4267,88	-4576,63	-5514,15
	6	-1063,96	-1144,83	-1519,22	-1989,45	-2076,31	-2199,11	-2489,64	-2941,90	-3100,64	-3163,54	-3415,13	-3831,45	-3978,21	-4077,05	-4283,72	-4885,74
	7	-1891,68	-1945,56	-2219,87	-2579,90	-2594,59	-2670,51	-2895,84	-3236,27	-3324,44	-3358,73	-3544,86	-3865,70	-3961,22	-4000,41	-4186,54	-4487,79
	8	-2542,01	-2580,83	-2785,15	-3071,20	-3040,55	-3091,63	-3271,43	-3537,05	-3561,56	-3600,39	-3743,41	-3996,77	-4051,93	-4074,41	-4229,69	-4472,83
	9	-3056,37	-3089,25	-3243,27	-3475,16	-3419,79	-3454,40	-3603,22	-3810,89	-3784,93	-3842,04	-3954,52	-4160,45	-4182,95	-4198,53	-4304,09	-4496,18
	3	3390,11	3101,41	2042,83	-376,79	-1077,92	-1442,24	-2872,01	-4212,42	-4446,14	-5119,78	-5937,77	-7071,97	-7140,70	-7601,26	-8316,14	-9292,24
	4	1607,30	1493,98	843,57	-703,62	-885,93	-1102,73	-2004,43	-2935,70	-3344,67	-3669,87	-4236,51	-5034,74	-5177,63	-5458,49	-5946,30	-6631,20
5	80,87	58,27	-382,25	-1560,74	-1444,02	-1587,10	-2219,64	-2927,49	-2942,55	-3063,03	-3544,97	-4173,75	-4162,46	-4358,25	-4742,29	-5303,30	
2,8	6	-1099,90	-1105,89	-1441,34	-2265,00	-2100,27	-2196,11	-2633,40	-3169,53	-3145,57	-3205,47	-3552,91	-4035,12	-4014,16	-4115,99	-4406,52	-4843,81
7	-1918,62	-1921,07	-2180,68	-2780,73	-2611,73	-2677,86	-2998,70	-3415,06	-3304,85	-3395,47	-3647,73	-4024,90	-3990,61	-4046,94	-4272,27	-4617,60	
8	-2560,40	-2562,44	-2768,80	-3222,39	-3054,85	-3099,80	-3342,94	-3673,94	-3569,74	-3610,60	-3819,01	-4123,44	-4076,45	-4103,01	-4282,81	-4564,77	
9	-3070,22	-3101,37	-3238,08	-3591,11	-3431,90	-3464,78	-3634,37	-3923,37	-3823,00	-3854,15	-4011,63	-4259,09	-4203,72	-4219,29	-4361,20	-4596,55	
4,0	3	2943,31	2702,72	1486,04	-672,36	-1593,47	-1889,04	-2968,25	-4844,82	-4721,09	-5112,90	-6308,96	-7883,09	-7133,83	-7814,35	-8996,66	-10151,47
	4	1331,37	1153,99	409,96	-767,67	-1181,57	-1319,53	-1979,79	-3295,39	-3541,76	-3684,65	-4443,46	-5389,51	-5394,44	-5571,82	-6138,46	-7010,60
	5	-145,04	-186,46	-611,92	-1398,84	-1673,69	-1684,99	-2084,10	-3081,86	-3096,92	-3119,51	-3680,52	-4328,13	-4271,65	-4478,73	-4832,66	-5487,79
	6	-1261,64	-1276,61	-1588,10	-2100,27	-2259,01	-2265,00	-2549,54	-3313,30	-3295,33	-3301,32	-3466,05	-4148,94	-4124,98	-4136,96	-4517,34	-4945,64
	7	-2043,53	-2050,88	-2281,10	-2650,92	-2729,29	-2731,74	-2944,82	-3544,86	-3498,33	-3500,78	-3588,95	-4135,11	-4100,82	-4105,72	-4384,93	-4703,32
	8	-2660,51	-2664,60	-2840,32	-3122,28	-3148,84	-3148,84	-3312,29	-3792,45	-3729,11	-3729,11	-3780,19	-4229,69	-4178,61	-4180,65	-4395,19	-4650,59
	9	-3153,28	-3155,01	-3290,00	-3513,23	-3509,77	-3509,77	-3637,83	-4025,47	-3954,52	-3954,52	-3985,67	-4361,20	-4293,70	-4295,44	-4331,78	-4677,88

“...continua...”

“TABELA 4A, Cont.”

Tora	IC	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
	3	1740,38	1706,01	784,90	-1084,80	-2576,43	-2617,68	-3435,67	-4886,06	-5346,62	-5401,61	-6377,70	-7718,11	-7876,21	-7938,08	-8659,84	-10117,10
	4	513,44	395,18	65,05	-1132,29	-1871,39	-1886,18	-2260,65	-3339,74	-4157,68	-4177,39	-4606,06	-5433,86	-5670,37	-5699,93	-6192,67	-6995,82
	5	-819,01	-830,30	-924,43	-1843,13	-2230,94	-2249,76	-2381,54	-3194,82	-3661,69	-3661,69	-3853,72	-4452,38	-4682,05	-4682,05	-4938,08	-5574,39
6,0	6	-1737,86	-1740,86	-1779,79	-2465,68	-2672,34	-2681,33	-2741,23	-3361,22	-3813,48	-3813,48	-3891,36	-4265,75	-4532,31	-4535,31	-4646,13	-5038,49
	7	-2391,31	-2391,31	-2410,90	-2925,23	-3045,24	-3047,69	-3074,63	-3554,66	-3936,73	-3936,73	-3975,92	-4257,57	-4477,99	-4477,99	-4531,88	-4796,39
	8	-2926,13	-2926,13	-2936,35	-3330,68	-3394,02	-3394,02	-3408,32	-3780,19	-4092,80	-4092,80	-4113,23	-4356,37	-4507,56	-4507,56	-4534,13	-4746,62
	9	-3360,95	-3360,95	-3366,14	-3674,17	-3705,32	-3705,32	-3712,25	-4004,71	-4260,82	-4260,82	-4271,21	-4485,79	-4574,05	-4574,05	-4587,90	-4778,25

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação

TABELA 5A VPL_{∞} (R\$/ha) para diversas idades e sítios no espaçamento 3x2 m combinando-se diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 12% a.a.*.

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	2980,65	2354,61	837,09	-1086,09	-1036,01	-1672,06	-3034,32	-4777,21	-4211,27	-4717,11	-5989,22	-7391,54	-6449,98	-6890,71	-8097,71	-8994,19
	4	1315,13	975,67	13,86	-1333,38	-972,70	-1312,16	-2217,39	-3511,59	-3005,93	-3359,54	-4095,04	-5131,11	-4621,91	-4918,94	-5622,62	-6641,01
	5	-166,96	-345,19	-1042,17	-2015,81	-1574,22	-1688,60	-2444,11	-3146,41	-2837,82	-3127,79	-3542,78	-4415,34	-3971,08	-4183,90	-4646,77	-5396,96
	6	-1323,15	-1423,11	-1897,92	-2651,79	-2235,29	-2306,10	-2870,46	-3382,76	-3057,88	-3295,29	-3611,83	-4211,60	-3863,82	-4038,75	-4361,54	-4900,91
	7	-2148,60	-2247,43	-2543,92	-3140,26	-2771,74	-2821,99	-3249,14	-3639,43	-3352,99	-3520,50	-3768,41	-4200,59	-3917,50	-4051,50	-4272,62	-4689,71
	8	-2803,54	-2876,36	-3140,17	-3562,00	-3236,36	-3277,58	-3605,97	-3912,37	-3659,55	-3780,47	-3978,32	-4305,34	-4063,51	-4166,57	-4346,56	-4658,46
	9	-3318,81	-3377,15	-3579,59	-3913,58	-3631,06	-3666,52	-3922,73	-4168,64	-3945,60	-4005,08	-4193,80	-4422,56	-4242,98	-4320,76	-4468,31	-4710,79
	3	2870,46	2309,53	967,31	-1020,98	-1151,20	-1657,04	-3034,32	-5338,14	-4071,04	-4631,97	-6034,29	-7271,34	-6384,87	-7191,21	-7982,52	-8954,13
	4	1244,41	929,70	109,34	-1153,04	-1046,96	-1319,23	-2051,20	-3706,07	-2942,29	-3235,78	-4282,45	-5215,97	-4621,91	-5127,57	-5718,09	-6506,64
5	-209,52	-409,04	-935,76	-1824,28	-1536,97	-1749,79	-2225,97	-3590,67	-2829,84	-3000,10	-3827,43	-4564,31	-3981,72	-4223,80	-4809,05	-5460,80	
6	-1352,30	-1468,92	-1837,53	-2451,87	-2210,30	-2351,91	-2662,21	-3718,04	-3093,29	-3220,32	-3668,06	-4384,45	-3851,32	-3961,69	-4511,48	-5023,78	
7	-2170,38	-2242,41	-2515,45	-2964,37	-2753,31	-2855,49	-3074,93	-3895,72	-3379,79	-3478,62	-3708,11	-4364,75	-3917,50	-4002,93	-4416,67	-4823,72	
8	-2817,28	-2906,59	-3071,47	-3409,48	-3225,36	-3305,06	-3516,65	-4108,86	-3681,54	-3700,77	-3891,76	-4446,86	-4071,76	-4140,46	-4455,11	-4783,50	
9	-3329,11	-3400,02	-3523,55	-3950,18	-3645,93	-3687,11	-3858,68	-4321,90	-3963,90	-3974,20	-4130,89	-4568,96	-4252,13	-4307,03	-4551,80	-4820,59	
4,0	3	2509,87	2039,09	276,17	-2618,63	-1346,52	-1872,39	-3575,22	-6660,33	-4481,72	-5242,98	-6670,34	-8267,99	-6710,41	-7586,86	-8818,90	-9379,83
	4	986,28	742,29	-325,60	-2206,78	-1273,26	-1665,77	-2680,62	-4133,94	-3232,24	-3561,10	-4448,65	-5749,92	-4834,08	-5162,93	-6018,66	-7068,87
	5	-406,38	-526,09	-1289,57	-2635,64	-1834,92	-2021,13	-2662,25	-3811,46	-2960,19	-3194,29	-3814,12	-4888,85	-4143,99	-4274,34	-4880,87	-5843,88
	6	-1491,83	-1552,23	-2066,61	-3016,23	-2466,45	-2539,34	-2978,75	-3778,43	-3224,48	-3336,94	-3749,28	-4507,31	-4030,42	-4084,56	-4484,41	-5223,70
	7	-2275,91	-2312,76	-2661,18	-3361,37	-2967,72	-3007,92	-3314,46	-3882,32	-3497,05	-3557,35	-3842,12	-4391,55	-4058,20	-4085,01	-4359,72	-4937,63
	8	-2902,47	-2923,08	-3269,33	-3699,40	-3399,86	-3423,22	-3641,69	-4064,89	-3779,09	-3813,44	-4025,04	-4429,00	-4184,43	-4194,05	-4396,03	-4860,44
	9	-3400,02	-3412,60	-3683,68	-4003,93	-3767,17	-3782,04	-3952,46	-4267,00	-4042,82	-4064,55	-4228,11	-4532,36	-4324,19	-4347,07	-4501,48	-4881,21

“...continua...”

“TABELA 5A, Cont.”

Tora	IC	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
	3	1473,15	1413,05	-625,33	-2758,86	-2082,74	-2117,80	-4391,57	-6199,56	-5288,05	-5413,26	-6575,19	-8022,58	-7221,26	-7446,63	-8628,59	-9379,83
	4	279,07	254,31	-1008,06	-2457,84	-2026,45	-2291,65	-2959,97	-4240,02	-3614,14	-3918,24	-4611,31	-5711,02	-5283,16	-5343,27	-6036,34	-6955,72
	5	-957,04	-957,04	-1824,28	-2904,33	-2497,31	-2587,76	-2981,47	-3973,74	-3473,62	-3595,99	-4042,90	-4939,40	-4529,72	-4537,71	-5024,53	-5814,61
6,0	6	-1881,26	-1881,26	-2497,69	-3282,79	-3001,66	-3001,66	-3251,56	-3976,27	-3672,23	-3728,45	-3970,02	-4640,59	-4380,28	-4382,36	-4657,25	-5275,76
	7	-2560,67	-2560,67	-3002,90	-3605,93	-3389,84	-3389,84	-3525,53	-4081,66	-3868,92	-3894,05	-4031,40	-4545,66	-4334,59	-4368,10	-4523,88	-5001,28
	8	-3115,44	-3115,44	-3443,83	-3915,12	-3731,00	-3731,00	-3810,69	-4249,01	-4081,38	-4095,12	-4174,81	-4582,89	-4429,00	-4445,49	-4537,55	-4915,41
	9	-3565,87	-3565,87	-3810,64	-4189,23	-4031,39	-4031,39	-4078,28	-4431,71	-4286,45	-4294,45	-4343,64	-4675,33	-4550,66	-4559,81	-4614,71	-4923,53

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação

TABELA 6A VPL_∞ (R\$/ha) para diversas idades e sítios no espaçamento 3x3 m combinando-se diferentes comprimentos de tora e diâmetros mínimos aproveitáveis, considerando uma taxa de desconto de 12% a.a.*.

Tora (m)	IC Anos	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
2,5	3	1103,10	762,53	-143,97	-1180,69	-2267,49	-2608,05	-3189,01	-4335,92	-4676,48	-4961,95	-5643,08	-6769,95	-6529,55	-6895,16	-7611,34	-8272,44
	4	-256,98	-465,61	-1017,23	-1674,94	-2162,92	-2375,08	-2742,83	-3435,90	-3884,98	-4033,49	-4418,92	-5168,57	-5211,00	-5345,37	-5684,83	-6406,19
	5	-1446,38	-1587,37	-1965,12	-2414,70	-2590,28	-2731,27	-3002,61	-3449,53	-3627,76	-3712,89	-3960,29	-4372,63	-4502,98	-4604,07	-4822,20	-5484,60
	6	-2403,51	-2459,74	-2720,06	-3047,01	-3107,40	-3192,79	-3394,79	-3709,25	-3819,62	-3863,36	-4038,29	-4327,76	-4429,80	-4498,52	-4642,22	-5060,80
	7	-3027,88	-3064,73	-3252,34	-3498,58	-3508,63	-3560,56	-3714,66	-3947,50	-4007,81	-4031,26	-4158,56	-4378,00	-4443,33	-4470,13	-4597,44	-4803,47
	8	-3514,10	-3540,21	-3677,61	-3869,97	-3849,36	-3883,71	-4004,63	-4183,25	-4199,74	-4225,84	-4322,02	-4492,40	-4529,50	-4544,62	-4649,04	-4812,55
	9	-3895,55	-3917,28	-4019,08	-4172,34	-4135,74	-4158,62	-4256,98	-4394,24	-4377,08	-4414,82	-4489,17	-4625,28	-4640,15	-4650,44	-4720,21	-4847,17
	3	1027,97	817,62	46,35	-1716,58	-2227,42	-2492,86	-3534,59	-4511,21	-4681,49	-5172,30	-5768,29	-6594,66	-6644,74	-6980,30	-7501,16	-8212,34
	4	-363,06	-444,39	-911,15	-2021,47	-2152,31	-2307,90	-2955,00	-3623,31	-3916,80	-4150,18	-4556,83	-5129,67	-5232,22	-5433,77	-5783,84	-6275,36
5	-1531,51	-1547,47	-1858,71	-2691,37	-2608,90	-2709,99	-3156,90	-3657,03	-3667,67	-3752,79	-4093,30	-4537,56	-4529,58	-4667,91	-4939,25	-5335,63	
2,8	6	-2428,50	-2432,67	-2665,91	-3238,60	-3124,06	-3190,70	-3494,75	-3867,52	-3850,86	-3892,51	-4134,08	-4469,37	-4454,79	-4525,60	-4727,60	-5031,65
	7	-3046,30	-3047,98	-3225,54	-3635,94	-3520,35	-3565,58	-3785,02	-4069,78	-3994,40	-4056,38	-4228,92	-4486,88	-4463,43	-4501,96	-4656,07	-4892,25
	8	-3526,47	-3527,84	-3666,62	-3971,65	-3858,98	-3889,21	-4052,72	-4275,31	-4205,23	-4232,71	-4372,86	-4577,59	-4545,99	-4563,85	-4684,77	-4874,38
	9	-3904,70	-3925,29	-4015,65	-4248,98	-4143,75	-4165,48	-4277,57	-4468,58	-4402,24	-4422,83	-4526,91	-4690,47	-4653,87	-4664,17	-4757,95	-4913,51
	3	702,43	527,14	-359,33	-1931,93	-2603,04	-2818,40	-3604,70	-4971,97	-4881,82	-5167,29	-6038,74	-7185,64	-6639,73	-7135,55	-7996,98	-8838,37
4,0	4	-561,08	-688,38	-1222,32	-2067,44	-2364,47	-2463,48	-2937,31	-3881,44	-4058,25	-4160,79	-4705,35	-5384,27	-5387,81	-5515,10	-5921,75	-6547,63
	5	-1691,12	-1720,38	-2020,99	-2576,98	-2771,17	-2779,15	-3061,14	-3766,10	-3776,74	-3792,70	-4189,07	-4646,63	-4606,73	-4753,04	-5003,10	-5465,98
	6	-2540,96	-2551,37	-2767,95	-3124,06	-3234,44	-3238,60	-3436,44	-3967,48	-3954,99	-3959,15	-4073,69	-4548,50	-4531,84	-4540,17	-4804,65	-5102,45
	7	-3131,73	-3136,76	-3294,22	-3547,16	-3600,76	-3602,43	-3748,17	-4158,56	-4126,74	-4128,41	-4188,72	-4562,26	-4538,81	-4542,16	-4733,12	-4950,88
	8	-3593,80	-3596,54	-3714,71	-3904,32	-3922,19	-3922,19	-4032,11	-4355,00	-4312,41	-4312,41	-4346,76	-4649,04	-4614,69	-4616,06	-4760,34	-4932,09
	9	-3959,60	-3960,75	-4049,96	-4197,51	-4195,22	-4195,22	-4279,86	-4536,06	-4489,17	-4489,17	-4509,76	-4757,95	-4713,35	-4714,49	-4738,51	-4967,27

“...continua...”

“TABELA 6A, Cont.”

Tora	IC	Sítio I				Sítio II				Sítio III				Sítio IV			
		4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
	3	-174,02	-199,06	-870,17	-2232,43	-3319,23	-3349,28	-3945,27	-5002,02	-5337,57	-5377,64	-6088,82	-7065,44	-7180,63	-7225,70	-7751,57	-8813,33
	4	-1148,07	-1232,93	-1469,85	-2329,11	-2859,52	-2870,13	-3138,87	-3913,27	-4500,25	-4514,40	-4822,04	-5416,09	-5585,83	-5607,04	-5960,65	-6537,03
	5	-2167,30	-2175,28	-2241,79	-2890,88	-3164,89	-3178,19	-3271,29	-3845,90	-4175,77	-4175,77	-4311,44	-4734,42	-4896,69	-4896,69	-5077,59	-5527,16
6,0	6	-2872,08	-2874,16	-2901,23	-3378,13	-3521,82	-3528,07	-3569,72	-4000,80	-4315,26	-4315,26	-4369,41	-4629,72	-4815,07	-4817,15	-4894,20	-5167,01
	7	-3369,60	-3369,60	-3383,00	-3734,77	-3816,85	-3818,52	-3836,95	-4165,26	-4426,58	-4426,58	-4453,38	-4646,01	-4796,77	-4796,77	-4833,62	-5014,53
	8	-3772,42	-3772,42	-3779,29	-4044,47	-4087,07	-4087,07	-4096,69	-4346,76	-4556,98	-4556,98	-4570,72	-4734,23	-4835,91	-4835,91	-4853,77	-4996,67
	9	-4096,85	-4096,85	-4100,29	-4303,88	-4324,46	-4324,46	-4329,04	-4522,34	-4691,62	-4691,62	-4698,48	-4840,31	-4898,64	-4898,64	-4907,79	-5033,60

* Os valores em negrito indicam a idade ótima de corte em cada situação.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PLANTIOS DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE

RESUMO

FERREIRA, T.C. **Avaliação econômica de plantios de eucalipto para a produção de celulose.** Lavras: UFLA, 2001. p.109. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

Os objetivos deste estudo foram analisar a viabilidade econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose, considerando diversas condições de sítio e dois espaçamentos, bem como as implicações econômicas relacionadas à lucratividade da atividade florestal decorrente da realização de plantios situados a diferentes distâncias da indústria consumidora e de mudanças nos parâmetros taxa de desconto, preço da terra, preço da madeira, custo de transporte, diâmetro mínimo aproveitável do fuste e comprimento das toras em que o fuste é seccionado. A base de dados foi obtida em projetos da Votorantim Celulose e Papel - VCP, situados na região de Tamoio. Para os estudos de prognose, foi utilizado o software "VCProg", que permite prognosticar o volume de cada sortimento previamente estipulado. Foram então realizadas prognoses para a idade mínima de 36 meses e máxima de 120 meses, em intervalos de 12 meses. Os índices de sítio utilizados foram 30 m, 28 m, 26 m, e 24 m, respectivamente na classe de sítio I, II, III e IV. Para a análise econômica e para determinar a idade econômica de corte, usou-se o critério do Valor Presente Líquido, considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}), levando-se em conta o preço da madeira colocada no pátio da indústria e os custos de reforma, manutenção, colheita e transporte e terra. As principais conclusões foram: considerando os plantios situados em sítios de mesma produtividade, os da região em que o preço da terra é menor são os mais lucrativos; reduzir o diâmetro mínimo aproveitável do fuste e o comprimento das toras em que o mesmo é seccionado é uma boa estratégia para aumentar o aproveitamento de madeira e o lucro, mas antes de qualquer tomada de decisão, é necessário realizar novos estudos para detectar possíveis restrições técnicas associadas a tais mudanças, bem como avaliar o impacto dessas mudanças sobre os custos de colheita e transporte de madeira, já que estes têm efeito direto sobre a lucratividade da atividade florestal; os plantios situados em terras pouco produtivas e caras são inviáveis economicamente, mas quando o preço da terra é baixo, é possível obter lucro em alguns sítios ruins; o custo de transporte tem efeito significativo na lucratividade da atividade florestal, devendo ser analisado com cuidado no momento de definir regiões com potencial para novos plantios da empresa; pequenas mudanças no preço de venda da madeira provocam grandes alterações na lucratividade da atividade florestal, sugerindo que a melhoria da qualidade da madeira, juntamente com outras medidas que visem aumentar o preço deste produto, são alternativas que podem viabilizar o plantio

em áreas pouco produtivas e aumentar o lucro dos plantios das áreas mais produtivas.

¹ Comitê Orientador: Antônio Donizette de Oliveira (Orientador), José Roberto Soares Scolforo (Co-orientador).

ABSTRACT

FERREIRA, T.C. **Economic evaluation of eucalyptus plantation for cellulose production.** Lavras: UFLA, 2001. Cap.2, p.109. (Dissertation - Master in Forest Engineering)¹.

This study objectived to analyze the economic feasibility of planting eucalyptus for the production of cellulose, considering various conditions of site and two types of spacing; to analyze the economic effects regarding the profitability of the forest activity due to execution of planting located in different distance from the consumer industry and changes of discount rate parameters, land price, wood price, transportation costs, minimum profitable diameter of the trunk and length of the log in which the trunk is sectioned. The prognosis of the volume was made by software developed for this purpose, using as data basis a rectangular part with an area equal to 400 m² and the age of measurements varying from 19 to 103 months referring to planting of eucalyptus located in four regions belonging to Empresa Celulose e Papel Votorantim - VCP, located at Luiz Antônio city in São Paulo state. For the economic analysis and to determine the economic age of cutting the net present value criterion was used, considering a horizon of infinitive planning (VPL_∞) observing the price of the wood placed at the industry site and costs of replanting, maintenance, harvest, transportation and land. The best age of cutting of maximum volumetric productivity was determined based on the annual medium increment (IMA) instantaneous or current and annual medium increment (IMA) equivalent. The economic loss due to cutting of the forest in others ages than the best was given through the difference between VPL_∞ in best age of cutting and VPL_∞ in effective age of cutting. The main conclusions were: considering the plantations located in site of the same productivity, the plantations from the region where the land price is less are more profitable; to reduce the minimum profitable diameter of the trunk and the length of the logs in which it is sectioned, and it is a good strategy to increase the utilization of wood and profit, but before any decision it is necessary to carry out new studies to detect possible technical restrictions associated to modifications as well as to evaluate the impact of these modifications over the costs of harvest and transportation of wood since it has direct effect on the profitability of the forest activity; the plantations located in lands less productive and expensive are economically impracticable, but when the land price is low it is possible to get profit in some bad site; the cost of transportation has significant effect on the profitability of the forest activity and it must be analyzed carefully to define regions with potential for new plantings of the company; small modifications of the sales price of the wood involve big alterations on the profitability of the forest activity suggesting that the improvement of the quality of the wood together with other decisions that are

foreseen to increase the price of this product are alternatives that can facilitate the plantations in areas few productive and increase the profit of the plantations of more productive areas.

¹ Guidance Committee: Antônio Donizette de Oliveira (Adviser), José Roberto Soares Scolforo (Co- adviser).

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro mantém cerca de 4,6 milhões de hectares de florestas plantadas de rápido crescimento, sendo 2,9 milhões de hectares reflorestados com eucalipto, dos quais 1,3 milhões de hectares estão associados à produção de celulose e papel e 1,6 milhões de hectares foram plantadas para produção de carvão, apoiada fortemente pela indústria siderúrgica e de ferro gusa. Os Estados que têm mais área reflorestada com eucalipto são Minas Gerais e São Paulo, com 1,5 milhões de hectares e 574 mil hectares, respectivamente (Madeira e Tecnologia, 1997).

No estado de São Paulo, o eucalipto foi introduzido no início do século vinte, por Navarro de Andrade, com o objetivo principal de produzir lenha para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro – FEPASA (Andrade, 1961; Kikuti e Fantini Júnior, 1997). Com o passar do tempo, a madeira de eucalipto foi sendo destinada para outras finalidades, mas principalmente para produção de pasta celulósica.

Em qualquer subsetor florestal que empregue a madeira como matéria-prima, é de fundamental importância que seja feito um planejamento florestal minucioso de todas as atividades envolvidas no processo de produção para que resultem em menor custo de risco, minimização dos custos operacionais, melhoria da produtividade de trabalho e racionalização do fluxo de produção (Hosokawa e Mendes, 1984). É necessário também escolher com cuidado o local em que os povoamentos florestais serão implantados (distância até a indústria) uma vez que o custo de transporte tem efeito considerável no custo final de produção de madeira. Segundo Arce (1997), este custo responde pela maior parte do preço da madeira posto-fábrica na maioria das empresas de papel e celulose do Brasil.

Outro fator que deve ser considerado na análise econômica da atividade florestal é a terra, uma vez que dependendo de seu preço, nível de produtividade e localização em relação à fonte de consumo, esta atividade pode ser mais ou menos lucrativa. Segundo Alfaro (1985), em alguns casos a aquisição de terras mais caras é compensada pela alta produtividade e pela proximidade dos centros consumidores.

A existência de classes de produtividade e a escolha da densidade de plantios são outros fatores que devem ser considerados na análise econômica dos empreendimentos florestais. Os objetivos deste estudo foram:

- Analisar a viabilidade econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* manejados para produção de celulose, considerando diversas condições de sítio e dois espaçamentos;
- Analisar as implicações econômicas relacionadas à lucratividade da atividade florestal decorrente da realização de plantios situados a diferentes distâncias da indústria consumidora e de mudanças nos parâmetros taxa de desconto, preço da terra, preço da madeira, custo de transporte, diâmetro mínimo aproveitável do fuste e comprimento das toras em que o fuste é seccionado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Características da Área de Estudo

As áreas em estudo são de propriedade da Empresa Votorantim Celulose e Papel – VCP, com sede industrial no município de Luiz Antônio, Estado de São Paulo. Os dados foram provenientes de projetos localizados nos distritos de Altinópolis, Guatapar, Luiz Antônio e Tamoio. Nestas regiões, a precipitação média anual é de 1.579 mm, 1.430 mm, 1.460 mm e 1.571 mm, respectivamente. A temperatura média anual é de 24 ° C em Altinópolis e Tamoio; 23 ° C em Guatapar Luiz Antônio. A altitude média  de 650 m acima do nível do mar. Os solos predominantes dos distritos de Altinópolis, Luiz Antônio e Tamoio são caracterizados como areia quartzosa lica, textura areia/areia franca (<15% argila), relevo suave ondulado sendo os solos predominantes de Guatapar e Tamoio latossolo vermelho escuro, textura média (15 - 35% argila), relevo suave ondulado e ondulado.

2.2 Base de dados para desenvolvimento do estudo

2.2.1 Modelo Biométrico

A modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica foi desenvolvida com dados de *Eucalyptus grandis*. Utilizou-se para tal o “software” VCProg, desenvolvido por Scolforo (2000). O desenvolvimento do modelo foi composto por cinco fases.

Na fase 1 foi feita a classificação de sítio utilizando o modelo da diferença algébrica, avaliando o desempenho dos modelos em sua forma anamórfica e polimórfica. A equação de sítio selecionada foi:

$$S = 32,2522562 * \left(\frac{Hd}{32,2522562} \right) \left(\frac{\left(\left(\text{Ln} \left(1 - \text{EXP} \left(-3,3044895 * \left(I_2^{0,1842405} \right) \right) \right) \right) \right)}{\left(\text{Ln} \left(1 - \text{EXP} \left(-3,3044895 * \left(I_{ref}^{0,1842405} \right) \right) \right) \right)} \right)$$

cujo coeficiente de determinação (R^2) foi de 88,32% e erro padrão dos resíduos (S_{yx} %) de 5,5%.

A fase dois constituiu o desenvolvimento e a seleção dos modelos dos atributos do povoamento, tais como: sobrevivência de árvores; área basal; diâmetro máximo; média aritmética dos diâmetros; diâmetro mínimo; variância dos diâmetros e, de forma complementar, foi também obtido o diâmetro médio quadrático através da seguinte expressão:

$$Dg_2 = \sqrt{\frac{G_2}{0,000785398 * N_2}}$$

em que:

Dg_2 = diâmetro médio quadrático na idade de prognose I_2 ;

G_2 = área basal na idade de prognose I_2 ;

N_2 = número de árvores sobreviventes na idade de prognose I_2 .

Na fase três, modelos hipsométricos e o polinômio de potências fracionárias e inteiras foram ajustados, construídos e selecionados para estimativa da altura e do volume, respectivamente.

Na fase quatro foi feito o ajuste e seleção das distribuições diamétricas, em que a distribuição de Weibull com ajuste pelo método dos momentos foi a mais precisa (Tabela 2.1).

TABELA 2.1 Distribuição de Weibull.

Fdp	$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{d-a}{b}\right)^c\right]$
Faixa	$a \leq d \leq \infty, a \geq 0, b > 0, c > 0$
Método de Estimativa – Momentos	
Estimativa de b ou de $\bar{\beta}$ (escala)	$\bar{d} = b \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$
Estimativa de c ou de γ (forma)	$cv = \frac{Sd}{\bar{d}} = \frac{[\Gamma(1+2c) - \Gamma(1+1/c)]^{1/2}}{\Gamma(1+1/c)}$
Parâmetros estimados da distribuição	$\hat{\beta}, \hat{\gamma}$, além do parâmetro “a” ser vinculado ao D_{\min}

A fase cinco constituiu a obtenção da prognose do crescimento e da produção do volume. Para a avaliação da sua precisão, utilizaram-se as informações de cada parcela em sua primeira medição, e a partir destas efetuou-se a prognose para as idades nas quais estas foram remedidas. Pôde-se, então, confrontá-las com os volumes de cada parcela obtida na ocasião do processamento do inventário. Observou-se que os resíduos obtidos destes confrontos não apresentaram tendenciosidade para os estratos.

2.2.2 Cenários para prognose do volume

Os dados do inventário florestal são provenientes de parcelas retangulares de 400 m² e idades de medição variando de 19 a 103 meses, sendo considerados os espaçamentos 3x2 e 3x3 metros nas respectivas classes de sítio de cada região analisada. Para cada situação foi prognosticado o volume considerando o seccionamento do fuste em toras com 2,5 e 2,8 m de

comprimento, conjugadas com diâmetros mínimos aproveitáveis de 4 a 10 cm, em intervalos de 2 cm.

2.2.3 Custos e receitas envolvidos no processo de produção de madeira

Os custos utilizados neste estudo referem-se aos gastos com reforma, manutenção, colheita e transporte de madeira para produção de celulose, para as quatro regiões já mencionadas (Tabela 2.2). Os custos de transporte, as distâncias e os preços da terra de cada região estão apresentados na Tabela 2.3. Considerou-se o custo anual da terra, calculado com base nos juros sobre o seu valor, o qual representa o custo de oportunidade do uso deste fator.

As receitas foram obtidas por meio da multiplicação do preço da madeira colocada no pátio da fábrica de celulose pela quantidade produzida, para cada situação analisada. O m³ de madeira para celulose posto fábrica utilizado neste estudo é de R\$ 31,50, fornecido pela empresa.

TABELA 2.2 Custos das operações florestais.

Atividades	Operações	Custos por espaçamento	
		3x3 m	3x2 m
Reforma (ano 0) (R\$/ha)	Rebaixamento	89,73	134,64
	Plantio	175,32	263,06
	Replântio	6,40	9,60
	Diversas	550,03	550,03
	Total	821,48	957,33
Manutenção (ano 1) (R\$/ha)	Adução	95,55	143,77
	Diversas	416,63	416,63
	Total	512,18	560,00
Manutenção (anos 2 a m*) (R\$/ha)	Diversas	59,21	59,21
Roçada (2 anos antes da colheita) (R\$/ha)	-	56,00	56,00
Roçada pré-corte (anos de corte) (R\$/ha)	-	56,00	56,00
Colheita ** (R\$/m ³)	Mecanizada	5,8	5,8

* m é a idade de corte

** A colheita é feita com Feller Buncher, Skidder e Traçadeira

TABELA 2.3 Distâncias médias, custos de transporte e preço da terra para as quatro regiões analisadas.

Região	Distância (Km)	Custo de Transporte (R\$/m ³)	Preço da Terra R\$/ha
Altinópolis	120	7,94	1.250,00
Guatapar	10	2,54	4.166,67
Luiz Antônio	75	5,94	4.000,00
Tamoio	70	5,42	4.166,67

2.4 Análise econômica

A análise econômica será feita usando o critério do Valor Presente Líquido, considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}). Este critério foi escolhido por permitir comparar alternativas que apresentam durações diferentes entre si, como  o caso deste estudo. Segundo Rezende e Oliveira (2000), o VPL_{∞} pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$VPL_{\infty} = \frac{VPL(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

em que:

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

n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo, que neste estudo indica a idade de corte do povoamento;

i = taxa anual de desconto ou taxa mínima de atratividade, expressa na forma unitária;

j = período de tempo considerado;

C_j = Custos no final do ano j ou do período de tempo considerado; e,

R_j = Receitas no final do ano j ou do período de tempo considerado.

Foi realizada análise de sensibilidade para testar o efeito de alguns parâmetros na lucratividade das diversas situações analisadas. Foram simuladas mudanças na taxa de desconto, preço da madeira, custo de transporte, preço da terra, comprimento das toras e diâmetro mínimo aproveitável do fuste.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 2.4 e 2.5 mostram os resultados das análises econômicas para diversas situações, considerando toras com 2,5 e 2,8 metros de comprimento conjugadas com diâmetros mínimos de 4, 6, 8 e 10 centímetros.

A região de Tamoio é a que gera o maior lucro para a empresa, pois possui plantios no sítio I, o qual apresenta elevada produtividade. No entanto, deve-se considerar que o percentual de área com alta produtividade é muito pequeno em relação ao total das áreas em que a empresa mantém seus plantios. Em contrapartida, Luiz Antônio é a região que apresenta os menores lucros, sendo os retornos econômicos negativos para a maior parte dos plantios realizados nesta região. Este fato se justifica devido à baixa capacidade produtiva dos solos da região e do elevado preço da terra (R\$ 4.000,00/ha).

Ao comparar plantios com o mesmo nível de produtividade, a região de Altinópolis é a que tem o melhor desempenho econômico, principalmente porque o custo da terra neste local é bem inferior ao das demais regiões, contribuindo para aumentar a rentabilidade do investimento. Por outro lado, a rentabilidade poderia ser ainda maior se esta região estivesse mais próxima do centro consumidor.

Os plantios realizados no espaçamento 3x2 m apresentaram maior rentabilidade do que os plantios no espaçamento 3x3 m. A explicação é que apesar de o espaçamento 3x3 m ter maior volume de madeira por indivíduo, o espaçamento 3x2 m tem maior número de árvores (em média 50% a mais), o que compensa esta diferença, resultando em maior volume por hectare e, conseqüentemente, em maior lucratividade.

TABELA 2.4 Valor Presente Líquido infinito (VPL_∞), Volume de madeira (V) e Número de toras (N), por hectare, na idade ótima de corte, para diversas regiões, sítios, diâmetros mínimos aproveitáveis do fuste e dois espaçamentos, considerando toras com 2,8 metros de comprimento e taxa de desconto de 6% a.a..

Região	Esp (m)	Sítio	4 cm			6 cm			8 cm			10 cm			
			N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	
Altinópolis	3 x 2	III	8416,2	206,1	1531,81	7370,2	198,2	1196,57	5810,0	198,2	461,92	3955,6	183,6	-987,16	
		IV	8279,7	218,5	381,18	7315,0	211,0	156,88	5776,0	206,7	-477,95	3992,7	190,0	-1535,30	
		V	8113,0	227,1	-422,76	7216,1	219,9	-584,45	5726,8	213,4	-1072,66	3893,4	184,2	-1871,81	
		VI	7893,9	219,3	-959,59	6937,9	211,8	-1107,87	5662,1	218,5	-1523,41	3925,5	190,4	-2132,15	
		VII	7701,7	225,3	-1416,81	6818,6	218,4	-1524,98	4954,1	218,4	-1933,08	3838,8	185,7	-2336,58	
	3 x 3	III	6104,9	199,1	819,67	5574,4	194,5	657,45	4656,3	196,5	87,84	3330,9	167,8	-770,48	
		IV	5664,1	186,9	-199,26	5118,2	182,1	-315,07	4141,4	181,3	-799,33	3355,8	173,5	-1318,82	
		V	5516,1	179,3	-850,85	5060,6	189,5	-959,51	4141,0	187,2	-1303,57	3354,2	178,2	-1693,06	
		VI	5378,9	186,5	-1320,99	4972,6	194,4	-1425,95	3954,6	179,4	-1689,14	3270,0	172,6	-1987,19	
		VII	5113,7	179,2	-1692,65	4834,8	187,7	-1750,48	3845,9	173,7	-1969,94	3184,7	167,5	-2211,11	
	Guatapará	3 x 2	II	8163,8	175,8	3485,07	6665,9	164,4	2479,18	5633,1	168,9	767,80	4114,0	166,6	-1862,36
			III	7452,5	161,3	247,39	6365,7	153,3	-300,41	5458,0	179,4	-1273,74	3957,7	161,4	-2775,51
			IV	6833,3	174,5	-1499,07	6107,1	168,8	-1761,19	5081,8	171,1	-2397,22	3855,8	158,2	-3404,88
		3 x 3	II	5765,9	164,0	3097,30	5095,4	158,6	2620,82	4714,7	171,8	1503,88	3734,3	167,8	-384,63
III			5198,0	149,3	-36,80	4887,0	167,5	-401,23	4377,6	188,0	-996,91	3521,0	171,1	-2032,60	
IV			4924,9	162,3	-1654,51	4512,2	158,7	-1820,06	3767,8	162,4	-2371,90	2919,1	153,7	-3223,16	
Luis Antônio	3 x 2	II	7337,8	181,3	1795,47	6528,3	175,1	1328,48	5658,7	178,3	-208,95	4061,0	158,1	-2495,79	
		III	6932,9	157,9	-1401,37	6660,4	176,0	-1650,23	5436,9	174,3	-2514,84	3825,9	153,1	-3806,52	
		IV	6230,9	143,4	-2923,09	4903,1	130,6	-3009,45	5244,0	172,4	-3608,88	3837,8	151,5	-4485,45	
		V	6780,4	180,6	-3757,99	6073,7	164,7	-3829,67	4994,2	161,5	-4235,47	3852,4	157,5	-4950,23	
	3 x 3	II	5113,0	155,2	483,02	5347,8	172,5	-10,46	4166,3	155,8	-986,61	2541,1	113,6	-2650,33	
		III	5104,5	154,2	-2219,57	5060,8	166,6	-2411,51	4460,4	168,3	-2935,88	2757,8	124,0	-3855,34	
		IV	4336,3	121,7	-3404,66	4801,9	162,8	-3551,26	4255,5	163,1	-3887,84	3288,7	152,6	-4603,17	
		V	4582,9	143,2	-4113,27	4201,7	139,3	-4225,10	4067,7	158,8	-4482,08	2618,3	122,3	-5046,88	

“...continua...”

“TABELA 2.4, Cont.”

Região	Esp (m)	Sítio	4 cm			6 cm			8 cm			10 cm		
			N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞
Tamoio	3 x 2	I	9462,9	244,7	12192,5	8053,6	233,5	11003,4	6006,6	206,7	8158,07	4673,7	207,6	4013,12
		II	7888,3	210,6	4244,91	6882,6	202,9	3649,98	5369,3	182,2	2050,61	3578,5	161,3	-1126,08
		III	7180,3	189,9	588,77	6255,2	183,5	205,03	5386,9	211,5	-1007,05	3570,5	172,3	-2585,54
		IV	6521,5	199,0	-1510,39	5924,5	210,3	-1715,76	4379,0	187,4	-2670,36	3531,8	178,4	-3471,54
	3 x 3	I	6203,6	198,5	8134,53	5667,2	194,3	7688,62	4496,5	178,9	6053,62	2875,6	143,7	2316,46
		II	5225,0	168,8	1668,70	4671,3	164,4	1328,73	3382,5	146,1	-85,20	2900,2	147,0	-1446,01
		III	4346,0	146,6	-1469,99	4011,7	143,4	-1661,86	3349,0	150,8	-2363,09	2789,4	150,2	-3069,86
		IV	3933,1	151,6	-3013,49	3810,5	162,9	-3106,10	3218,3	154,1	-3442,94	2700,1	151,7	-3914,22

TABELA 2.5 Valor Presente Líquido infinito (VPL_∞), Volume de madeira (V) e Número de toras (N), por hectare, na idade ótima de corte, para diversas regiões, sítios, diâmetros mínimos aproveitáveis e dois espaçamentos, considerando toras com 2,5 m de comprimento e taxa de desconto de 6% a.a..

Região	Esp (m)	Sítio	4 cm			6 cm			8 cm			10 cm			
			N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	
Altinópolis	3 x 2	III	9867,8	208,4	1629,41	8692,3	223,2	1263,94	6283,2	195,4	283,60	4915,4	184,6	-632,66	
		IV	9672,4	220,7	446,97	8539,5	230,6	137,68	6316,4	205,0	-521,74	5126,7	205,2	-1234,78	
		V	9451,7	229,2	-375,60	8371,8	236,1	-623,87	6137,2	197,7	-1082,99	4731,2	192,8	-1720,92	
		VI	8937,4	219,3	-959,59	7369,2	208,3	-1177,07	6128,4	205,6	-1499,50	4615,7	187,5	-2009,37	
		VII	8954,1	227,1	-1388,59	7309,8	215,5	-1570,44	5970,2	199,5	-1821,26	4597,3	192,4	-2251,38	
	3 x 3	III	7066,4	200,5	869,04	6007,4	192,5	586,92	5028,8	180,3	156,70	4340,4	191,7	-531,44	
		IV	6433,9	187,8	-172,34	5685,6	181,8	-351,78	4859,5	171,9	-647,86	3874,5	166,5	-1180,56	
		V	6266,3	180,2	-827,67	5531,4	174,6	-971,91	4847,7	179,8	-1177,34	3873,7	172,5	-1594,20	
		VI	6122,1	187,4	-1303,19	5449,9	182,2	-1406,00	4798,3	185,2	-1587,38	3858,4	176,8	-1921,35	
		VII	5958,8	192,0	-1683,07	5341,8	187,1	-1748,80	4610,0	178,3	-1897,83	3811,4	179,8	-2178,49	
	Guatapar	3 x 2	II	9561,0	177,9	3670,37	7768,0	166,8	2690,94	6030,8	164,6	473,36	4270,5	147,8	-1951,83
			III	8780,3	163,4	391,19	7747,3	180,3	-153,35	6273,1	194,5	-1484,62	4423,6	170,7	-2888,61
			IV	7991,5	176,5	-1407,10	7230,4	188,0	-1738,12	5196,1	163,6	-2689,71	4149,5	154,8	-3519,09
		3 x 3	II	6728,4	165,6	3238,48	5364,8	155,4	2338,47	4754,2	163,8	1164,93	3792,4	145,1	-324,40
III			5841,1	149,8	-2,57	5093,1	143,8	-413,42	4414,5	154,4	-1126,16	3715,1	155,2	-1981,01	
IV			5681,6	163,2	-1613,13	4911,6	157,5	-1875,25	4154,8	148,1	-2307,52	3531,9	149,6	-2871,10	
Luis Antnio	3 x 2	II	8140,8	181,0	1772,88	8285,5	199,6	1036,08	5318,0	152,8	-351,17	4285,6	142,5	-2301,53	
		III	7859,9	159,0	-1337,07	6546,0	149,2	-1909,90	5434,4	152,8	-2746,15	4160,5	140,6	-3837,73	
		IV	7578,0	165,5	-2860,28	7444,7	189,6	-3115,69	5285,4	154,2	-3769,90	4055,7	140,5	-4523,57	
		V	7255,1	168,0	-3735,04	6190,2	159,2	-3951,77	5118,3	154,7	-4405,45	3974,1	140,4	-4951,77	
	3 x 3	II	5207,1	122,0	633,66	4674,3	118,2	264,59	3287,0	101,3	-759,78	3070,8	118,6	-2208,26	
		III	5941,0	156,0	-2134,54	5086,1	132,4	-2354,39	4336,9	139,1	-2932,87	3683,9	145,0	-3711,57	
		IV	5647,6	140,4	-3362,01	5091,0	151,1	-3508,49	4251,4	140,5	-3861,38	3540,8	141,3	-4432,81	
		V	5380,3	145,0	-4061,66	4833,8	140,9	-4179,22	4113,7	140,2	-4460,31	3414,4	138,5	-4878,57	

“...continua...”

“TABELA 2.5, Cont.”

Região	Esp (m)	Sítio	4 cm			6 cm			8 cm			10 cm		
			N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞	N	V	VPL _∞
Tamoio	3 x 2	I	10988,1	246,9	12426,0	9124,1	234,4	11098,9	6567,0	204,1	7882,03	4475,6	165,7	3805,14
		II	9209,3	212,7	4407,16	7764,2	203,1	3665,43	5571,8	177,5	1687,47	4725,5	178,0	-124,75
		III	7962,9	189,6	570,78	6579,8	178,7	-82,78	5611,0	189,1	-967,65	4409,6	182,1	-2190,91
		IV	7248,3	199,0	-1510,39	6272,4	151,2	-1832,53	5215,0	177,8	-2364,07	5215,3	172,6	-3175,78
	3 x 3	I	7183,7	200,0	8293,78	6255,7	193,2	7571,83	4768,9	175,1	5650,17	3673,5	154,4	3452,47
		II	5763,7	168,5	1645,52	5016,8	162,5	1181,93	4167,0	154,8	378,39	3585,6	154,8	-978,32
		III	4766,7	119,8	-1380,05	4623,1	144,9	-1571,92	3846,3	135,6	-2129,55	3413,8	156,7	-2808,12
		IV	4557,5	152,8	-2965,16	4337,6	151,2	-3029,59	3772,2	156,7	-3335,63	3281,5	157,5	-3753,40

Quanto menor o diâmetro mínimo aproveitável do fuste, maior a lucratividade dos plantios. Isto era esperado, já que reduções no diâmetro mínimo proporcionam um aumento do aproveitamento do fuste, uma vez que elevam o número de toras a serem extraídas e, conseqüentemente, o volume de madeira produzida, como mostram as Tabelas 2.4 e 2.5. Por exemplo, na Tabela 2.4, na região de Altinópolis, no sítio III, adotando-se o diâmetro mínimo de 4 cm, obtêm-se 2.606,2 toras e 7,9 m³ a mais, por hectare, em relação à adoção do diâmetro mínimo de 8 cm. Assim, a lucratividade obtida para o diâmetro de 4 cm é R\$1.069,89/ha superior à do diâmetro de 8 cm.

Em alguns casos, reduzir o diâmetro mínimo de 8 cm para 6 cm é suficiente para que o VPL_{∞} passe da condição de negativo para positivo, como ocorre na região de Altinópolis, espaçamento 3 x 2m e sítio IV. Na região de Tamoio, considerando toras com 2,8 m de comprimento, no espaçamento 3x2 m e sítio I, o VPL_{∞} aumenta de R\$4.013,12 /ha para R\$12.192,50/ha quando diâmetro mínimo passa de 10 cm para 4 cm.

Contudo, deve-se ressaltar que a lucratividade das situações em que o diâmetro mínimo aproveitável do fuste é pequeno pode estar sendo superestimada, uma vez que nesta análise adotou-se o valor de R\$5,80/m³ para o custo de colheita de toras de 2,8 metros de comprimento até um diâmetro mínimo de 8 cm (padrão da empresa), não sendo considerada, por exemplo, a possibilidade de aumento deste valor devido à diminuição do diâmetro mínimo. Segundo Silva, Machado e Ladeira (1995), o custo de corte decresce com o aumento do diâmetro médio, do volume por hectare e com a idade do povoamento, sendo o diâmetro médio a principal variável a influenciar este custo.

Para um mesmo diâmetro mínimo aproveitável, a tendência predominante foi de queda na lucratividade à medida que comprimento das toras passou de 2,5 para 2,8. Isto ocorre porque o volume do fuste de uma árvore está

associado ao número de toras que se pode obter dela. Assim, ao seccionar o fuste em toras de menor comprimento, obtém-se um melhor aproveitamento em termos volumétricos, contribuindo para aumentar o retorno financeiro. No caso da região de Guatapará, no espaçamento 3 x 2 m, sítio II e diâmetro mínimo de 4 cm, cortar o fuste em toras com 2,5 m significa um retorno econômico 5,31% superior àquele que se obteria caso o fuste fosse cortado em toras de 2,8 m de comprimento. Já o ganho volumétrico proporcionado por esta redução no comprimento das toras é de 2,10m³/ha.

Combinando reduções no diâmetro mínimo aproveitável do fuste com reduções no comprimento das toras em que o fuste é seccionado, consegue-se aumentar bastante a lucratividade dos plantios. Por exemplo, na região de Tamoio, no espaçamento 3x2 m e sítio I, para toras com 2,8 m de comprimento e diâmetro mínimo de 10 cm, obtém-se um VPL_∞ de R\$ 4.013,12. Reduzindo-se o comprimento das toras e o diâmetro mínimo para 2,5 m e 4 cm, respectivamente, o VPL_∞ passa para R\$12.426,07.

Vale ressaltar que nas análises econômicas não está sendo considerada qualquer alteração nos custos de traçamento, carregamento e empilhamento das toras de diferentes dimensões pela inexistência dessa informação no momento em que este estudo foi realizado.

As análises a seguir se referem apenas a toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável do fuste igual a 4 cm.

A Tabela 2.6 mostra os efeitos da taxa de desconto para as diversas situações analisadas. A correta determinação da taxa de desconto a ser utilizada nos empreendimentos florestais é de extrema importância para a garantia da viabilidade econômica destes projetos. Nota-se que se a taxa de desconto vigente for 12% ao ano, apenas os plantios em locais com elevada produtividade garantiria a viabilidade econômica do empreendimento. No entanto, como comentado anteriormente, o percentual destas áreas é muito pequeno em relação

TABELA 2.6 Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) para diversas regiões, condições de sítio e taxas de desconto em dois espaçamentos.

Região	Esp (m)	Sítio (m)	VPL_{∞} (R\$/ha)			
			3%	6%	9%	12%
Altinópolis	3x2	III	6716,00	1629,41	-23,14	-832,52
		IV	4402,41	446,97	-838,42	-1457,71
		V	2817,30	-375,60	-1366,75	-1835,94
		VI	1629,41	-959,59	-1755,97	-2111,57
		VII	759,37	-1388,59	-2031,21	-2305,41
	3x3	III	5016,87	869,04	-486,49	-1117,06
		IV	2973,12	-172,34	-1154,39	-1612,93
		V	1596,29	-827,67	-1574,17	-1926,97
		VI	594,16	-1303,19	-1899,30	-2159,16
		VII	-145,31	-1683,07	-2134,16	-2321,83
Guatapar	3x2	II	13712,52	3670,37	341,38	-1309,90
		III	7153,58	391,19	-1824,38	-2917,50
		IV	3739,36	-1407,10	-3066,80	-3839,79
	3x3	II	12661,06	3238,48	115,17	-1433,88
		III	6139,59	-2,57	-2021,09	-3016,62
		IV	3052,16	-1613,13	-3138,88	-3880,90
Luiz Antnio	3x2	II	9562,41	1772,88	-808,32	-2087,91
		III	3254,71	-1337,07	-2847,62	-3591,55
		IV	358,35	-2860,28	-3885,35	-4381,70
		V	-1398,42	-3735,04	-4462,06	-4795,22
		II	7031,70	633,66	-1485,62	-2535,61
	3x3	III	1564,01	-2134,54	-3333,12	-3894,71
		IV	-871,51	-3362,01	-4167,44	-4543,51
		V	-2346,10	-4061,66	-4608,93	-4865,18
Tamoio	3x2	I	31394,32	12426,07	6120,77	2980,65
		II	15253,38	4407,16	811,25	-972,70
		III	7480,58	570,78	-1711,60	-2837,82
		IV	3439,02	-1510,39	-3104,67	-3863,82
	3x3	I	22737,88	8293,78	3493,22	1103,10
		II	9329,69	1645,52	-900,71	-2162,92
		III	3185,26	-1380,05	-2886,07	-3627,76
		IV	89,98	-2965,16	-3961,22	-4429,80

ao total de área plantada. Assim, poucos projetos apresentaram viabilidade econômica.

Por características do setor florestal, já bem conhecidas, os projetos são muito sensíveis às variações na taxa de desconto, como pode ser observado na Tabela 2.6. Na região de Guatapar, espaçamento 3x2 m e classe de sítio II, o VPL_{∞} passa de R\$ 3.670,37/ha para R\$ -1.309,90/ha às taxas de 6% e 12% ao ano, respectivamente.

Mesmo que a taxa vigente fosse de 3% ao ano, plantios nos sítios de menor produtividade da região de Luiz Antônio ainda apresentariam retornos negativos, como  o caso da classe de sítio V, no espaçamento 3x3 m, em que o prejuo  de R\$ 2.346,10/ha. Todavia, a taxa de desconto não é um fator que pode ser modificado ou escolhido, de forma a alcançar o máximo retorno do capital investido, e sim trabalha-se com taxas vigentes no mercado. Portanto, é extremamente conveniente que alguns plantios sejam revistos, mesmo que locais mais produtivos compensem os de menor produtividade.

A Tabela 2.7 mostra a rentabilidade dos plantios para oscilaes no preço da terra em relao ao preço usado como base (Tabela 2.3).

Os efeitos das mudanças no preço da terra são mais significativos nas regiões em que o custo deste fator é mais alto, o que era esperado. Para comprovar isto, basta tomar como exemplo as regiões de Altinópolis e Guatapar, onde os preços da terra são iguais a R\$ 1.250,00/ha e R\$ 4.166,67/ha, respectivamente. Assim, no espaçamento 3x2 m e sítio III de ambas as regiões, uma queda de 10% no preço da terra aumenta o VPL_{∞} em R\$ 125,00 em Altinópolis e em R\$ 416,66 em Guatapar. Este fato  lógico na medida em que se tem um montante maior em Guatapar. O plantio de eucalipto, em algumas regiões e condies de sítio, são é interessante economicamente se o preço da terra cair mais de 10% em relao ao preço usado como base.

TABELA 2.7 Valor Presente Líquido infinito (VPL_∞) para diversas regiões e condições de sítio em dois espaçamentos, considerando alterações no preço da terra em relação ao preço adotado como base.

Região	Esp	Sítio	VPL _∞ (R\$/ha) ¹						
			-10%	0% ²	10%	20%	PZ ³		
Altinópolis	3x2	III	1754,41	1629,41	1504,41	1379,41	2879,41		
		IV	571,97	446,97	321,97	196,97	1696,97		
		V	-250,60	-375,60	-500,60	-625,60	874,40		
		VI	-834,59	-959,59	-1084,59	-1209,59	290,41		
		VII	-1263,59	-1388,59	-1513,59	-1638,59	-138,59		
		3x3	III	994,04	869,04	744,04	619,04	2119,04	
			IV	-47,34	-172,34	-297,34	-422,34	1077,66	
	V		-702,67	-827,67	-952,67	-1077,67	422,33		
	VI		-1178,19	-1303,19	-1428,19	-1553,19	-53,19		
	VII		-1558,07	-1683,07	-1808,07	-1933,07	-433,07		
	Guatapará		3x2	II	4087,03	3670,37	3253,70	2837,03	7837,04
				III	807,85	391,19	-25,48	-442,15	4557,86
		IV		-990,43	-1407,10	-1823,77	-2240,44	2759,57	
		3x3	II	3655,15	3238,48	2821,81	2405,14	7405,15	
III			414,10	-2,57	-419,23	-835,90	4164,10		
IV			-1196,46	-1613,13	-2029,79	-2446,46	2553,54		
Luiz Antônio			3x2	II	2172,88	1772,88	1372,88	972,88	5772,88
	III	-937,07		-1337,07	-1737,07	-2137,07	2662,93		
	IV	-2460,28		-2860,28	-3260,28	-3660,28	1139,72		
	V	-3335,04		-3735,04	-4135,04	-4535,04	264,96		
Tamoio	3x2	II	1033,66	633,66	233,66	-166,34	4633,66		
		III	-1734,54	-2134,54	-2534,54	-2934,54	1865,46		
		IV	-2962,01	-3362,01	-3762,01	-4162,01	637,99		
		V	-3661,66	-4061,66	-4461,66	-4861,66	-61,66		
	3x3	I	12842,74	12426,07	12009,40	11592,73	16592,74		
		II	4823,83	4407,16	3990,50	3573,83	8573,83		
		III	987,45	570,78	154,12	-262,55	4737,45		
		IV	-1093,72	-1510,39	-1927,06	-2343,73	2656,28		
		I	8710,45	8293,78	7877,12	7460,45	12460,45		
		II	2062,18	1645,52	1228,85	812,18	5812,19		
3x3	III	-963,38	-1380,05	-1796,72	-2213,38	2786,62			
	IV	-2548,50	-2965,16	-3381,83	-3798,50	1201,51			

¹ Considerou-se taxa de desconto de 6% a.a., toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável igual a 4 centímetros.

² Indica que os VPL's_∞ foram calculados com base nos preços da terra em cada região.

³ Indica o valor esperado da terra (VET) ou valor máximo que pode ser atribuído ao hectare de terra de forma que não haja prejuízo.

A Tabela 2.7 mostra também o valor máximo que a terra pode alcançar em cada região, de forma que não haja prejuízo com o plantio de eucalipto para celulose. Por exemplo, na região de Altinópolis, espaçamento 3x2 m e sítio III, o valor da terra poderá atingir R\$ 2.879,41, fazendo com que a atividade florestal continue atrativa. Qualquer valor da terra superior a este resulta em VPL_{∞} negativo, tornando, portanto, a atividade florestal inviável economicamente.

Observa-se que à medida que o nível de produtividade cai, o valor máximo a ser atribuído à terra também cai. Assim, na região de Altinópolis, espaçamento 3x2 m, no sítio V, a atividade florestal só seria viável economicamente se a terra custasse R\$ 874,40/ha. Como seu valor para a região é de R\$ 1.250,00/ha, o prejuízo é de R\$ 375,60/ha.

A região de Tamoio é a que sustenta os maiores preços da terra. Considerando os plantios no espaçamento 3x2 m e sítio I, o preço da terra pode atingir até R\$ 16.592,74/ha, fazendo com que a atividade florestal se mantenha atrativa economicamente. Contudo, no sítio IV, o preço da terra tem que ser menor que o usado como base neste estudo para que haja lucro.

A Tabela 2.8 mostra as possibilidades de ganhos financeiros caso a empresa reduza o custo de transporte, assim como mostra as possíveis perdas caso este fator aumente. Na caso de aumento do custo de transporte, as regiões mais afetadas são aquelas mais distantes da fábrica e com menor produtividade, como alguns plantios da região de Altinópolis. Por exemplo, a perda econômica caso este custo aumente 15% em relação ao utilizado como base será de R\$ 593,06/ha para o sítio III no espaçamento 3x2 m, enquanto para esta mesma condição, na região de Guatapar, a perda será de apenas R\$ 184,07/ha.

TABELA 2.8 Valor Presente Líquido infinito (VPL_∞) para diversas regiões e condições de sítio em dois espaçamentos, considerando alterações no custo de transporte em relação ao adotado como base.

Região	Esp (m)	Sítio (m)	VPL _∞ (R\$/ha)						
			-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
Altinópolis	3x2	III	2222,46	2024,78	1827,09	1629,41	1431,72	1234,04	1036,35
		IV	889,60	742,06	594,51	446,97	299,43	151,89	4,34
		V	-16,45	-137,65	-258,86	-375,60	-490,65	-605,71	-720,77
		VI	-668,83	-765,75	-862,67	-959,59	-1056,51	-1153,43	-1250,34
		VII	-1149,85	-1229,43	-1309,01	-1388,59	-1468,17	-1547,76	-1627,34
	3x3	III	1343,18	1185,13	1027,09	869,04	710,99	552,94	394,89
		IV	204,30	78,75	-46,80	-172,34	-294,30	-412,63	-530,95
		V	-516,39	-620,15	-723,91	-827,67	-931,42	-1035,18	-1138,94
		VI	-1054,73	-1137,55	-1220,37	-1303,19	-1386,01	-1468,83	-1551,66
		VII	-1478,05	-1548,42	-1615,79	-1683,07	-1750,35	-1817,63	-1884,91
Guatapar	3x2	II	3928,60	3842,52	3756,44	3670,37	3584,29	3498,21	3412,13
		III	575,25	513,90	452,54	391,19	329,83	268,48	207,12
	3x3	IV	-1273,58	-1318,09	-1362,59	-1407,10	-1451,61	-1496,12	-1540,62
		II	3478,86	3398,73	3318,60	3238,48	3158,35	3078,23	2998,10
		III	166,18	109,93	53,68	-2,57	-58,82	-115,06	-171,31
		IV	-1489,66	-1530,82	-1571,97	-1613,13	-1654,28	-1695,43	-1736,59
Luiz Antnio	3x2	II	2386,26	2181,80	1977,34	1772,88	1568,42	1363,95	1159,49
		III	-918,92	-1058,30	-1197,69	-1337,07	-1476,46	-1615,84	-1755,23
		IV	-2567,98	-2665,41	-2762,85	-2860,28	-2957,71	-3055,15	-3152,58
	3x3	V	-3518,30	-3590,55	-3662,80	-3735,04	-3807,29	-3879,53	-3951,78
		II	1166,39	988,81	811,24	633,66	456,08	278,51	100,93
Tamoio	3x2	III	-1802,99	-1913,51	-2024,03	-2134,54	-2245,06	-2355,58	-2466,10
		IV	-3129,09	-3206,73	-3284,37	-3362,01	-3439,65	-3517,29	-3594,92
		V	-3874,59	-3936,9	-3999,3	-4061,7	-4124	-4186,4	-4248,7
		I	13476,92	13126,64	12776,35	12426,07	12075,78	11725,50	11375,22
3x3	II	5065,98	4846,38	4626,77	4407,16	4187,56	3967,95	3748,34	
	III	1026,53	874,61	722,70	570,78	418,87	266,95	115,04	
	IV	-1189,15	-1296,23	-1403,31	-1510,39	-1617,47	-1724,55	-1831,63	
	I	9145,02	8861,28	8577,53	8293,78	8010,04	7726,29	7442,55	
3x3	II	2167,43	1993,46	1819,49	1645,52	1471,54	1297,57	1123,60	
	III	-1024,06	-1142,72	-1261,39	-1380,05	-1498,71	-1617,38	-1736,04	
	IV	-2718,50	-2800,72	-2882,94	-2965,16	-3047,39	-3129,61	-3211,83	

¹ Considerou-se taxa de desconto de 6% a.a., toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável igual a 4 centímetros.

² Indica que os VPL's _∞ foram calculados com base no custo de transporte considerado pela empresa em cada região.

Nota-se que na região de Luiz Antônio, os sítios III, IV e V não se tornam viáveis economicamente mesmo se o custo de transporte cair 15%. Estes fatos refletem a importância que o custo de transporte possui na rentabilidade dos projetos florestais, assim como os demais custos discutidos anteriormente.

Na Tabela 2.9 são apresentadas simulações de mudanças no preço de venda da madeira para celulose em relação ao preço adotado pela empresa. Pequenas alterações, como a redução de 10% em relação ao preço base, alteraram a lucratividade de muitos plantios, principalmente, em sítios mais produtivos. Por exemplo, na região de Tamoio, para o espaçamento 3x2 m, no sítio I, a rentabilidade passa de R\$ 12.426,07/ha para R\$ 8.354,50/ha. Já uma redução de 20% no preço da madeira inviabilizaria economicamente a atividade em quase todas as situações analisadas. Apenas no sítio I da região de Tamoio consegue-se obter viabilidade econômica dos plantios realizados nestas condições.

Para a região de Luiz Antônio, aumentar o preço da madeira em 40% não foi suficiente para que os projetos no sítio V fossem viabilizados economicamente. Por exemplo, no espaçamento 3x2 m, o retorno que era de R\$-3.735,04/ha passa para R\$ - 487,25/ha.

TABELA 2.9 Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) para diversas regiões e condições de sítio em dois espaçamentos, considerando alterações no preço da madeira em relação ao adotado pela empresa.

Região	Esp (m)	Sítio (m)	VPL_{∞} (R\$/ha)								
			-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%		
Altinópolis	3x2	III	-1269,13	120,29	1629,41	3197,94	4766,47	6335,00	7903,53		
		IV	-1817,43	-723,71	446,97	1617,65	2788,33	3959,01	5172,18		
		V	-2185,29	-1288,52	-375,60	581,64	1543,35	2505,05	3483,49		
		VI	-2446,31	-1714,98	-959,59	-190,58	610,57	1413,55	2216,54		
		VII	-2645,39	-2020,02	-1388,59	-746,91	-61,72	623,48	1308,67		
		III	-1618,54	-385,01	869,04	2124,55	3462,02	4844,61	6255,58		
		IV	-2053,70	-1114,83	-172,34	823,82	1853,16	2907,69	3962,21		
	3x3	V	-2339,62	-1607,08	-827,67	-4,39	818,88	1642,16	2477,97		
		VI	-2561,59	-1960,34	-1303,19	-646,05	23,76	709,64	1395,52		
		VII	-2728,64	-2216,91	-1683,07	-1130,84	-548,69	35,16	619,01		
		Guatapará	3x2	II	-599,61	1535,38	3670,37	5805,35	7940,34	10075,33	12210,32
				III	-2541,11	-1123,11	391,19	1912,98	3434,78	4956,57	6478,37
			3x3	IV	-3528,15	-2492,73	-1407,10	-303,17	850,22	2024,36	3198,50
				II	-736,27	1251,10	3238,48	5225,85	7213,23	9200,60	11187,98
Luiz Antônio	3x2	III	-2705,08	-1397,70	-2,57	1392,57	2787,70	4182,83	5577,97		
		IV	-3654,62	-2633,87	-1613,13	-592,38	428,37	1449,12	2479,81		
		II	-2395,05	-399,31	1772,88	3945,07	6117,26	8289,45	10511,01		
	3x3	III	-4080,03	-2784,29	-1337,07	143,74	1624,56	3105,38	4586,19		
		IV	-4777,79	-3843,38	-2860,28	-1825,15	-790,01	245,12	1280,26		
		V	-5200,08	-4481,54	-3735,04	-2944,24	-2125,25	-1306,25	-487,25		
		II	-3123,99	-1252,91	633,66	2520,23	4406,79	6293,36	8179,92		
	Tamoio	3x2	III	-4426,46	-3308,68	-2134,54	-931,57	327,59	1586,75	2845,91	
			IV	-4982,73	-4186,84	-3362,01	-2537,18	-1683,70	-805,56	110,21	
			V	-5327,25	-4724,11	-4061,66	-3399,20	-2736,74	-2074,29	-1409,05	
Tamoio	3x2	I	4282,93	8354,50	12426,07	16497,64	20569,21	24640,78	28712,35		
		II	-698,09	1854,54	4407,16	6959,79	9512,41	12158,34	14907,35		
		III	-2925,65	-1195,02	570,78	2336,59	4102,39	5868,20	7634,00		
		IV	-3987,51	-2755,05	-1510,39	-221,78	1110,42	2442,62	3774,81		
	3x3	I	1697,48	4995,63	8293,78	11591,94	14890,09	18188,24	21486,40		
		II	-2398,84	-376,66	1645,52	3667,69	5689,87	7713,58	9901,90		
		III	-4128,70	-2759,35	-1380,05	-0,75	1378,55	2757,85	4137,15		
		IV	-4811,74	-3920,87	-2965,16	-2009,46	-994,92	33,20	1061,33		

¹ Considerou-se taxa de desconto de 6% a.a., toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável igual a 4 centímetros.

² Indica que os VPL_{∞} 's foram calculados usando o preço da madeira adotado pela empresa.

4 CONCLUSÕES

As principais conclusões deste estudo foram:

- A região de Tamoio é a única que tem plantios na classe de sítio I, e são eles que geram o maior lucro para a empresa;
- Considerando os plantios situados em sítios de mesma produtividade, os da região de Altinópolis são os mais lucrativos, principalmente em função do preço da terra naquela região;
- Reduzir o diâmetro mínimo aproveitável do fuste e o comprimento das toras em que o mesmo é seccionado é uma boa estratégia para aumentar o aproveitamento de madeira e o lucro. Mas antes de qualquer tomada de decisão, é necessário realizar novos estudos para detectar possíveis restrições técnicas associadas a tais mudanças, bem como avaliar o impacto dessas mudanças sobre os custos de colheita e transporte de madeira, já que estes têm efeito direto sobre a lucratividade da atividade florestal;
- A atividade florestal só gera lucro se as taxas de juros forem baixas, sendo que apenas os plantios da região de Tamoio, situados na classe de sítio I, são lucrativos para taxas de juros iguais ou pouco superiores a 12% ao ano;
- Os plantios situados em terras pouco produtivas e caras são inviáveis economicamente, mas quando o preço da terra é baixo, como ocorre em Altinópolis, é possível obter lucro em alguns sítios ruins;
- O custo de transporte tem efeito significativo na lucratividade da atividade florestal, devendo ser analisado com cuidado no momento de definir regiões com potencial para novos plantios da empresa;
- Pequenas mudanças no preço de venda da madeira provocam grandes alterações na lucratividade da atividade florestal, sugerindo que a melhoria da qualidade da madeira, juntamente com outras medidas que visem aumentar o

preço deste produto, são alternativas que podem viabilizar o plantio em áreas pouco produtivas e aumentar o lucro dos plantios das áreas mais produtivas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFARO, L.G.G. **Localização econômica dos reflorestamentos com eucaliptos, para a produção de carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1985. 147p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal).
- ALVARENGA, S.C. Estudo econômico do tempo ótimo de corte de eucalipto nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.23, n.125, p.30-43, jan./fev. 1976.
- ALVES, A.A.M. **Planejamento da empresa florestal:** teoria da explorabilidade. 2.ed. Lisboa: Sociedade Astória, 1966. 179p.
- ASSIS, R.L. de; FERREIRA, M.M.; MORAIS, E.J. de; FERNANDES, L.A. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.23, n.2, p.151-156, abr./jun.1999.
- BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais.** Piracicaba: IPEF, 1980. 16p. (Série Técnica, 3).
- BENTLEY, W.; TEENGUARDEN, D. Financial maturity: a theory review. **Forest Science**, Washington, v.11, n.3, p.76-87, Mar. 1965.
- BERGER, R. **Aplicação de critérios econômicos para determinação da maturidade financeira de povoamentos de eucaliptos.** Curitiba, 1985. 85p. (Tese – Doutorado)
- 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, p.11-20, abr. 1983.
- BERNARDO, A.L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1995. 102p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- CHICHORRO, J.F. **Avaliação econômica de experimentos de adubação de *Eucalyptus grandis*, no cerrado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1987. 111p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal).

- CLUTTER, J.L.; FORTSON, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. **Timber Management: a quantitative approach**. New York: J. Wiley, 1983. 333p.
- COELHO, A.S.R.; MELLO, H.A.; SIMÕES, J.W. Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento. IPEF, Piracicaba, v.1, p.29-55, 1970.
- CONTADOR, C.R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Atlas, 1981. 301p.
- COUTO, L. BRANDI, R.M., CONDÊ, A.R.; PAULA NETO, F. Influência do espaçamento de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p.57-71, 1977.
- DAVIS, K.P. **Forest management: regulation and valuation**. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1966. 519p.
- DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest Management**. New York: MacGraw-Hill, 1987. 790p.
- DUER, W.A. **Fundamentos da economia florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 754p.
- FARO, C. **Critérios quantitativos para avaliação e seleção de projetos de investimentos**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1971. 147p.
- FARO, C. **Elementos da engenharia econômica**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1979. 328p.
- FILGUEIRAS, J.F. **Análise sócio-econômica dos reflorestamentos com eucalipto, no distrito florestal do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 72p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Florestais).
- FRASER, T. et al. **Valuing forests and forest land in New Zealand: practice and principles**. Rotorua: Forest Research Institute. New Zealand forest services, 1985. (Bulletin, 99).
- GAFFNEY, M.M. **Concepts of financial maturity of timber and other assets**. Raleigh: North Carolina State College, 1960. 105p. (A.E. Information Series, 62)

- GARLLIP, R.C.D. **Aspectos econômicos da produtividade e da idade de corte em florestas de eucalipto.** Piracicaba: IPEF, 1979. 21p. (IPEF. Circular Técnica, 84).
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento.** Rio de Janeiro: IBDF, 1975. 65p. (IBDF. Serie Técnica, 3).
- GOMES, F.S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R. Análise Financeira de regimes de manejo em povoamentos de *Pinus taeda* L., visando a produção de madeira para a indústria de papel e celulose. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.2, p.227-243, abr./jun. 1998.
- GREGORY, G.R. **Resource economics for foresters.** New York: Ed. John Wiley & Sons, 1987. 475p.
- GUNTER, J.E.; HANEY Jr., H.L. **Essentials of forestry investment analysis.** Corvalis: O.S.U. Book Stores, 1984. 337p.
- HESS, G.; MARQUES, J.L.M.; PAES, L.C.M.R.; PUCCINI, A.L. **Engenharia econômica.** São Paulo: DIFEL, , 1985. 265p.
- HIRSCHLEIFER, J. **Investment, interest, and capital.** New Jersey: Prentice Hall, 1970. 400p.
- HOFFMAN, R.; BERGER, R. Determinação da idade ótima de corte de povoamentos de eucaliptos. IPEF, Piracicaba, v.7, p.49-69, jul./dez. 1973.
- HOLLANDA, N. **Planejamento e projetos.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1983. 402p.
- JOHNSTON, D.R.; GRAYSON, A.J.; BRADLEY, R.J. **Planejamento florestal.** Lisboa: Fundação Calouste Goubenkian, 1977. 798p.
- KILPATRICK, D.J.; SANDERSON, J.M.; SAVILL, P.S. The influence of five early respacing treatments on the growth of sitka spruce. **Forestry**, Oxford, v.54, n.1, p.17-28, 1981.
- KLEIN, J.E.M.; SCHENEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Viabilidade econômica das alternativas de compra, arrendamento ou parceria em reflorestamentos com *Eucalyptus sp*, na região de Guaíba, RS. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1992. 2v, p.423-437.

- LEITE, F.P.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SANS, L.M.A.; FABRES, A.S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.3, p.313-321, jul./set. 1997.
- LELES, P.S.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MORAIS, E.J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.1, p.41-50, jan./mar. 1998.
- LEUSCHNER, W.A. **Introduction to forest resource management**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 297p.
- LIMA, A.B.N.P.M. **Plano ótimo econômico de manejo de corte para florestas de eucaliptos**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 88p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- LIMA JÚNIOR, V.B. **Determinação da taxa de desconto para o uso na avaliação de projetos de investimentos florestais**. Viçosa: UFV, 1995. 90p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- LIMA JÚNIOR, V.B.; REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. de. Determinação da taxa de desconto a ser usada na análise econômica de projetos florestais. **Cerne**, Lavras, v.3, n.1, p.045-066, 1997.
- LIMA JÚNIOR, V.B.; REZENDE, J.L.P.; SILVA, M.L. Os estágios de produção e a idade ótima de corte: diferença entre a teoria da produção instantânea e a preferência temporal na produção florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.4, p.393-401, out./dez. 1999.
- LOPES, H.V.S. **Análise econômica dos fatores que afetam a Rotação de Povoamentos de Eucaliptos**. Viçosa: UFV, 1990. 188p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal).
- MCKILLOP, W. Land Value, logging costs, and financial maturity. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v.4, n.47, p.210-214, 1971.
- MISHAN, E.J. **Análise de custo-benefício: uma introdução informal**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976. 488p.

- MITCHELL, DENNETH, J. Impact of planting density and juvenile spacing on the yield of Douglas-Fir. In: IUFRO SUBJ. GROUP 1, MENSURATION, GROWTH AND YIELD, Blacksburg, 1977. **Proceedings...** Blacksburg: School of Forestry and Wildlife, 1978. p.1-16.
- NAUTIYAL, J.C. **Forest economics: principles and applications.** Toronto: Canadian Scholars' Press, 1988. 581p.
- NEVES, A.R.; REZENDE, J.L.P. Comparação entre projetos pelo critério da taxa interna de retorno: problemas e soluções alternativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.2, p.217-227, abr./jun. 1996.
- NEWMAN, D.H. **The optimal forest rotation: a discussion and annotated bibliography.** Asheville, NC: USDA – Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1988. 47p. (General Technical Report SE – 48).
- OLIVEIRA, E.B. **Um sistema computadorizado de prognose do crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.** Curitiba: UFPR, 1995.134p. (Tese – Doutorado em Engenharia Florestal).
- OSMATON, F.C. **The management of forest.** London: George Allen and WnWin, 1968. 384p.
- OWENS, E.G.; JORGENSEN, J.R.; BALMER, W.E. **Effects os various spacings on Lobolly Pine growth 15 years after planting.** Washington, USDA, 1975. (Forest Service Research, SE- 211).
- PACHECO, A.R. **Determinação da idade ótima de corte de eucaliptais para carvão vegetal nas condições da região Santa Bárbara, Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1981. 62p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- PALDA, K.S. **Determinação de preços e política mercadológica.** São Paulo: Atlas, 1976. 135p.
- PEARSE, P.H. The optimum forest rotation. **The Forestry chronicle**, Ottawa, v.43, n.2, p.178-195, Mar./Apr. 1967.
- PEREIRA, A.R.; MORAIS, E.J.; NASCIMENTO FILHO, M.B. Implantação de florestas de ciclos curtos sob novos modelos de espaçamento. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.28, p.429-432, jan./fev. 1983.

- REZENDE, R.R. **Emprego de um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto.** Viçosa: UFV, 1991. 81p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- REZENDE, J.L.P. **Application of benefit-cost analysis to forestry investment problems.** Toronto: University of Toronto, 1982.190p. (Tese Ph.D.).
- REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, A.R.; OLIVEIRA, A.D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v.7, n.1, p.30-43, 1983.
- REZENDE, J.L.P. Aspectos técnicos e econômicos da produção de madeira de eucalipto para fins energéticos, com ênfase em espaçamento e rotação. In: ABRACAVE: Reunião Técnica de Silvicultura. Belo Horizonte, 1984. 33p.
- REZENDE, J.L.P.; MINETTE, L.J.; TORQUATO, M.C. Determinação da idade ótima de corte para *Eucalyptus spp.*, para as regiões litorâneas, metalúrgicas e do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, n.1, p78-89, jan./jun. 1987.
- REZENDE, J.L.P.; NEVES, A.R.; OLIVEIRA, A.D. **Localização de projetos florestais.** Viçosa: UFV. Imprensa universitária, 1993. 24p.
- REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Avaliação de projetos florestais.** Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1993. 82p.
- REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Avaliação econômica de projetos florestais.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 120p.
- REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. Problemas com o horizonte de planejamento na avaliação de projetos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.2, p.127-134, abr./jun. 2000.
- REZENDE, J.L.P. de; OLIVEIRA, A.D. Relações entre a idade de corte e o horizonte de planejamento, em povoamentos de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.95-107, 1994.
- REZENDE, J.L.P.; PAULA JUNIOR, G.G. Técnicas de análise econômica usadas na tomada de decisão referentes à reforma de eucaliptais. In: SEMINÁRIO SOBRE ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA REFORMA DE EUCALIPTAIS, 1987, Belo Horizonte. **Trabalhos...** Viçosa: UFV/SIF, 1987. 28p.

- REZENDE, J.L.P.; PAULA JUNIOR, G.G.; ASSUNÇÃO, G. Técnicas de análise econômica usadas na tomada de decisão referentes à reforma de eucaliptais. In: SEMINÁRIO SOBRE ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA REFORMA DE POVOAMENTOS DE EUCALIPTO. Belo Horizonte, 1987b. 19p.
- REZENDE, J.L.P.; SILVA, M.L.; LIMA JUNIOR, V.B. Determinação do valor das terras de reflorestamentos nos trópicos – Uma crítica ao conceito de Faustmann. **Forest** **96**. p.59-60, 1996.
- RIBEIRO, C.A.A.S.; GRAÇA, L.R. Manejo por talhadias: estabelecimento das idades ótimas de corte. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.1, p. 29-36, jan./mar. 1996.
- RICHARDSON, H.W. **Elementos de economia regional**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1973. 150p.
- RODRIGUEZ, L.C.E.; BUENO, A.R.S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.51, p.15-28, jun. 1997.
- SCOLFORO, J.R.S. **O sistema PISAPRO**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 99p.
- SCOLFORO, J.R.S.; HOSOKAWA, R.T. Avaliação da rotação econômica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sujeito a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.1, p.33-44, jan./abr. 1992.
- SILVA, M.L.; MACHADO, C.C.; LADEIRA, H.P. Influência do custo de corte, do diâmetro da árvore e do volume por hectare na rotação econômica de povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.4, p.501-516, out./dez. 1995.
- SMITH, E.B.S. **Determinação da rotação econômica para *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex. Maiden), destinada a produção de carvão vegetal**. Viçosa: UFV, 1989. 69p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal).
- TANAKA, O.K. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.141, p.24-30, set. 1986.
- VALE, A.B.; PAIVA, H.N.; FELFILI, J.M.; NASCIMENTO, A.G. **Influência do espaçamento e do sítio na produção florestal**. Viçosa: SIF, 1982. 20p. (Boletim Técnico, 4).

VALLE, C.E. **Implantação de indústrias**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 354p.

VITAL, B.R.; DELLA LUCIA, R.M. Efeito do espaçamento na produção em peso e na quantidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, n.2, p.132-145, jul./dez. 1987.