



CAROLINA SOUZA JAROCHINSKI E SILVA

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE
MADEIRA DE CANDEIA (*Eremanthus
erythropappus*) EM PLANTIOS**

LAVRAS – MG

2011

CAROLINA SOUZA JAROCHINSKI E SILVA

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA DE CANDEIA
(*Eremanthus erythropappus*) EM PLANTIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Antônio Donizette de Oliveira

LAVRAS – MG

2011

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

Silva, Carolina Souza Jarochinski e.

Análise econômica da produção de madeira de Candeia
(*Eremanthus erythropappus*) em plantios / Carolina Souza
Jarochinski e Silva. – Lavras : UFLA, 2011.

135 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Antônio Donizette de Oliveira.

Bibliografia.

1. Viabilidade econômica. 2. Análise de risco. 3. Simulação de
Monte Carlo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97355

CAROLINA SOUZA JAROCHINSKI E SILVA

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA DE CANDEIA
(*Eremanthus erythropappus*) EM PLANTIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2011.

Dr. Álvaro Nogueira de Souza UNB

Dr. José Luiz Pereira Rezende UFLA

Dr. Antônio Donizette de Oliveira
Orientador

LAVRAS – MG

2011

*Aos meus pais,
Tadeu e Maria Aparecida e
a minha irmã, Mayara*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades e pela conquista.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciências Florestais.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, professor Antonio Donizette de Oliveira, pela grande disponibilidade, ensinamentos, paciência e por acreditar em mim.

Ao professor José Roberto Soares Scolforo, por ser um exemplo de trabalho e dedicação, e pelo grande apoio que oferece à pesquisa.

Aos membros da banca de defesa de dissertação, professores Álvaro Nogueira de Souza e José Luiz Pereira Rezende, e a Luiz Moreira Coelho Junior, pela grande contribuição ao meu trabalho.

A todo o pessoal do Laboratório de Estudos em Manejo Florestal, pela ótima convivência dentro e fora do ambiente de trabalho.

Aos amigos que me acompanham desde a graduação, Suzana, Patrícia, Andressa, Marília, Gabriel Biagiotti, Mirian e Débora, com quem compartilhei momentos verdadeiros de companheirismo.

Aos meus grandes amigos Luiza, Érica, Elisa, Luizinho, Taiza, Juana e toda a galera de Lavras, pelos ótimos momentos de descontração e amizade sincera.

A minha família, pela grande torcida e força.

A minha mãe e à Vó Eva, pela preocupação, cuidado, pelas incansáveis orações e velas acessas.

Ao meu pai e a minha irmã, Mayara, por me apoiarem incondicionalmente.

RESUMO

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é uma espécie florestal de múltiplos usos e cuja madeira é empregada na produção de moirões de cerca com alta durabilidade e extração de óleos essenciais, utilizados na indústria de fármacos e cosméticos. Estudos demonstram que o manejo da candeia nativa é viável economicamente. Entretanto, com a crescente demanda por sua matéria prima no mercado, o plantio de candeia surge como uma alternativa de renda para os produtores rurais. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo geral de analisar a viabilidade econômica e determinar a rotação econômica de plantios de candeia em diversos espaçamentos, sob condições determinísticas e de risco. A área de estudo consiste em um experimento de plantio de candeia em quatro espaçamentos (1,5 x 1,5 m; 1,5 x 2,0 m; 1,5 x 2,5 m e 1,5 x 3,0 m), para os quais obtiveram-se os fluxos de caixa relacionados às diversas idades de corte. Na análise da viabilidade econômica e na determinação da rotação econômica utilizou-se o método do valor anual equivalente (VAE). Realizou-se também a análise de sensibilidade para detectar o efeito individual e conjunto de seis variáveis presentes no fluxo de caixa. Para a análise de risco utilizou-se a simulação de Monte Carlo, tendo como variável de saída (output) o VAE e como variáveis de entrada (fontes de incertezas) as distribuições de probabilidade referentes ao preço da muda, da terra e da madeira, o custo de colheita, a taxa de juros, e a produção de madeira. Concluiu-se que os custos com a participação mais significativa no custo total foram os relativos a mudas, colheita e terra. O plantio de candeia em espaçamentos maiores é mais lucrativo e está sujeito a menos risco que o plantio em espaçamentos menores. Para os espaçamentos 1,5 x 3,0 m, 1,5 x 2,5 m, 1,5 x 2,0 m e 1,5 x 1,5 m, a idade ótima de corte foi de 12, 13, 13, e 15 anos, respectivamente. A variável que causa o maior impacto positivo na lucratividade dos tratamentos e idades de corte é o preço da madeira, enquanto o maior impacto negativo é causado pela taxa de juros.

Palavras-chave: Análise de risco. Rotação econômica. Simulação de Monte Carlo. Candeia. *Eremanthus erythropappus*.

ABSTRACT

The candeia (*Eremanthus erythropappus*) is a multipurpose tree species the wood of which is used for the production of fence posts with high durability and extraction of essential oils used in pharmaceuticals and cosmetics industry. Studies show that the management of the native candeia (Friar's cowl) is economically feasible. However, with the growing demand for its raw material on market, candeia planting appears as an alternative income to farmers. Thus, the general objective of this study is both to investigate and determine the economic viability of economic rotation of candeia plantings in various spacings, under deterministic and risky conditions. The study area consists of a candeia planting experiment in four spacings (1.5 x 1.5 m; 1.5 x 2.0 m; 1.5 x 2.5 and 1.5 x 3.0 m) for which the cash flows related to the different cutting ages were obtained. In the analysis of economic feasibility and determination of the economic rotation, the Equivalent Annual Value (EAV) method was used. The sensitivity analysis was also performed to detect the individual and joint effects of six variables present in the cash flow. For the risk analysis, the Monte Carlo simulation was utilized, having the VAE as the output variable and the LAV as input variables (sources of uncertainty) the probability distributions concerning the price of seedlings, land and wood, the harvest cost, interest rates, and timber production. It follows that the costs with the most significant participation in the total cost were the seedlings, harvest and land. Candeia planting at larger spacings is more profitable and is subject to fewer risks than the planting at smaller spacings. There is an inverse relationship between spacing size and economic rotation, that is, the larger the spacing the shorter the rotation and vice versa. For the 1.5 x 3.0 m, 1.5 x 2.5 m, 1.5 x 1.5 and 1.5 x 2.0 m, the rotation age was 12, 13, 13, and 15 years, respectively. The variable that causes the greatest positive impact on profitability of treatments and cutting ages is wood price, while the largest negative impact is caused by interest rates.

Keywords: Economic analysis. Risk analysis. Economic rotation. Monte Carlo simulation. Candeia. *Eremanthus erythropappus*.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	10
1	INTRODUÇÃO GERAL	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Considerações gerais sobre a candeia	13
2.2	Óleo essencial de candeia e alfa-bisabolol	14
2.3	Espaçamento	17
2.4	Rotação florestal	21
2.5	Métodos de avaliação econômica de projetos	25
2.6	Riscos e incertezas na análise de projetos florestais	29
	REFERÊNCIAS	38
	CAPÍTULO 2 Análise da viabilidade econômica e da rotação florestal de plantios de candeia (<i>Eremanthus erythropappus</i>)	45
1	INTRODUÇÃO	47
2	MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1	Área de estudo	49
2.2	Estimativa do volume de madeira para as diversas idades do plantio de candeia	50
2.3	Custos e receitas relacionados ao plantio da candeia	50
2.4	Análise econômica	52
2.5	Análise de sensibilidade	53
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
3.1	Descrição dos custos e receitas	56
3.2	Determinação da rotação econômica	59
3.3	Análises de sensibilidade	60
3.3.1	Efeito do preço da madeira	61
3.3.2	Efeito da taxa de juros	64
3.3.3	Efeito da produtividade volumétrica	68
3.3.4	Efeito do custo de colheita	71
3.3.5	Efeito do preço das mudas	73
3.3.6	Efeito do custo da terra	75
3.3.7	Combinação dos três cenários	78
4	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICE	87
	CAPÍTULO 3 Avaliação econômica de plantios de candeia (<i>Eremanthus erythropappus</i>) em condições de risco	94
1	INTRODUÇÃO	96
2	MATERIAL E MÉTODOS	99
2.1	Área de estudo	99

2.2	Estimativa do volume de madeira para as diversas idades do plantio de candeia.....	100
2.3	Custos e receitas relacionados ao plantio da candeia.....	100
2.4	Variável de saída (output) do modelo.....	103
2.5	Variáveis de entrada (input) do modelo.....	104
2.6	Simulação e análise dos dados.....	107
2.7	Análise de cenários.....	108
2.8	Mitigação dos riscos.....	110
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	112
3.1	Análise de risco.....	112
3.2	Análise de sensibilidade.....	121
3.3	Análise de cenários.....	125
3.4	Mitigação de riscos.....	126
4	CONCLUSÕES	131
	REFERÊNCIAS	133

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é uma espécie florestal de múltiplos usos e cuja madeira tem sido tradicionalmente utilizada para a produção de moirões para cerca, devido à sua alta durabilidade. Mais recentemente, o consumo de madeira dessa espécie aumentou de maneira significativa, em virtude de seu uso para a produção de óleo. O principal princípio ativo desse óleo, o alfa-bisabolol, tem sido muito consumido pelas indústrias de cosméticos e de medicamentos devido às suas propriedades antiflogísticas, antibacterianas, dermatológicas e espasmódicas.

Segundo Andrade (2009), no Brasil existem sete indústrias que produzem óleo de candeia e três delas produzem também o alfa-bisabolol, que é vendido para distribuidores e para indústrias de cosméticos e medicamentos do Brasil e do exterior por um preço que varia de US\$80.00 a US\$90.00 o quilo. Já o preço do alfa-bisabolol ofertado por distribuidores situa-se na faixa de US\$140.00 a US\$160.00/kg.

Andrade (2009) também demonstrou que o manejo da candeia nativa visando obter madeira para a produção de óleo é viável economicamente, mesmo em situações em que a taxa de juros é alta, ou o preço da madeira cai a níveis bem abaixo dos vigentes no mercado. Ciclos de corte mais curtos possibilitam a obtenção de lucratividades maiores no manejo da candeia. Contudo, mesmo em situações em que o ciclo de corte é relativamente longo (30 anos), pode-se obter bom retorno econômico.

O aumento da procura por madeira de candeia pressiona os candeais nativos, que atualmente são a única fonte desse produto para as indústrias que produzem óleo. Apesar de já existir estudo indicando a forma adequada de

manejar os fragmentos nativos de candeia de maneira sustentável (ANDRADE, 2009), é preciso considerar a hipótese de que eles não conseguirão suprir a demanda por madeira para a extração de óleo. Assim, o plantio de candeia surge como uma alternativa para atender a essa demanda que é crescente.

Contudo, no Brasil ainda existem poucos plantios de candeia e faltam informações referentes ao processo de produção de mudas, plantio, adubação, manutenções anuais, tratamentos culturais, espaçamento, desbastes e colheita. Além disso, é necessário obter dados sobre os custos de produção de madeira, a viabilidade econômica, a rotação econômica e os riscos relacionados a essa atividade. Essas informações serão imprescindíveis, por exemplo, para subsidiar um processo de fomento para reflorestamento com a candeia.

Incluir o risco na análise econômica permite encontrar intervalos de confiança a respeito da rentabilidade, garantindo maior segurança para a tomada de decisão do empreendedor. Na área florestal podem-se citar alguns autores que abordaram o risco de diversas formas na análise econômica, com destaque para Bentes-Gama et al. (2005), Castro et al. (2007), Coelho Júnior et al. (2008), Kallio (2010), Knoke, Moog e Plusczyk (2001), Noce et al. (2005), Prottil (1999) e Varela e Santana (2009).

Visando atender a algumas das questões citadas, este estudo foi realizado com o objetivo geral de analisar a viabilidade econômica da produção de madeira de candeia em plantios puros, em diferentes espaçamentos e idades de corte, sob condições determinísticas e de risco.

Assim, no primeiro capítulo, é apresentado um referencial teórico abrangendo os diversos temas tratados no estudo. No capítulo 2 são determinados os custos das atividades relacionadas ao plantio de candeia e à participação percentual do custo de cada atividade no custo total; são feitas análises em relação à rotação e à viabilidade econômica da produção de madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em plantios para diferentes

espaçamentos, em condições determinísticas e analisa-se a sensibilidade da viabilidade econômica do plantio de candeia e da rotação econômica a variações em parâmetros relacionados ao fluxo de caixa. No capítulo 3, faz-s uma análise de viabilidade econômica e determinada a rotação econômica de plantio de candeia em diversos espaçamentos em condições de risco; analisa-se o comportamento das variáveis de entrada em diferentes cenários e verificam-se os efeitos da mitigação dos riscos na viabilidade econômica do plantio de candeia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção faz-se uma revisão de literatura sobre os diversos temas abordados no presente estudo.

2.1 Considerações gerais sobre a candeia

A candeia é classificada como da família Asteraceae, sendo considerada precursora de campo, típica de encraves entre a mata e os campos abertos (cerrado e campos de altitude). Desenvolve-se rapidamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros. Isso também acontece dentro da floresta quando há alguma perturbação, pois é uma espécie heliófila e a entrada de luz a beneficia. A árvore dessa espécie tem altura que varia de 2 a 10 m e o seu diâmetro pode atingir 35 cm. Em sítios especiais pode chegar, eventualmente, a 16 m de altura e a 65 cm de diâmetro (CORRÊA, 1931).

A espécie *Eremanthus erythropappus* tem múltiplos usos, sendo utilizada predominantemente como moirão de cerca pela sua alta durabilidade e, também, na extração de óleos essenciais, cujo principal princípio ativo é o alfa-bisabolol, que exhibe propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas. Por causa destas propriedades, é empregado na fabricação de medicamentos e cosméticos (TEIXEIRA et al., 1996).

A unidade de dispersão da candeia é um aquênio cilíndrico, de cor escura, com aproximadamente 2 mm de comprimento (DAVIDE et al., 2008). Sua taxa de germinação é considerada baixa, devido à presença de grandes quantidades de sementes vazias e mal formadas (TONETTI; DAVIDE; SILVA, 2006).

O tronco da candeia (*Eremanthus erythropappus*) possui casca grossa e cheia de fendas; nos galhos mais novos, a casca torna-se menos rústica. A

madeira é branca ou acinzentada, apresentando a grã mais escura. A densidade básica média é de 675 kg por metro cúbico sólido de madeira (SCOLFORO et al., 2008).

As folhas são simples, opostas, com pilosidade cinérea (CHAVES; RAMALHO, 1996) e possuem uma característica marcante, que é a dupla coloração, ou seja, são verdes e glabras na parte superior e, na parte inferior, possuem um tom branco, tomentoso e aveludado (CORRÊA, 1931).

Chagas, Tomazello Filho e Lisi (2007) fizeram a caracterização macro e microscópica da madeira e dos anéis de crescimento como suporte para o manejo sustentado das árvores de candeia nas populações naturais. Os autores concluíram que as árvores de candeia apresentam anéis de crescimento caracterizados pela alternância de lenhos inicial e tardio, demarcados por zonas fibrosas e fina linha de parênquima marginal, significativa variação das dimensões e frequência dos vasos no sentido radial, e potencialidade para a aplicação em dendrocronologia, como, por exemplo, determinação da idade e da taxa de crescimento das árvores.

A candeia ocorre na América do Sul, sendo encontrada no Brasil, no nordeste da Argentina e no norte e leste do Paraguai. No Brasil, esta espécie está distribuída pelos estados de Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, além do Distrito Federal (CARVALHO, 1994). Pedralli, Nunes e Teixeira (1996) acrescentam outras áreas de ocorrência da candeia no Brasil, ou seja, Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

2.2 Óleo essencial de candeia e alfa-bisabolol

Os óleos essenciais são substâncias voláteis extraídas de plantas aromáticas, constituindo matéria prima de grande importância para as indústrias cosmética, farmacêutica e alimentícia. Essas substâncias orgânicas, puras e

extremamente potentes são consideradas a alma da planta e são os principais componentes bioquímicos de ação terapêutica das plantas medicinais e aromáticas. Eles podem ser encontrados em várias partes das plantas (folhas, flores, madeiras, ramos, galhos, frutos, rizomas) e são compostos formados por várias substâncias químicas - como álcoois, aldeídos, ésteres, fenóis, terpenos e hidrocarbonetos - havendo sempre a prevalência de uma ou duas delas, que assim irão caracterizar os aromas. Nem todos os óleos essenciais têm aroma agradável, apesar das suas propriedades terapêuticas (CRAVEIRO et al., 1981).

No processo de extração de óleo essencial, podem ser aplicados diversos métodos, como hidrodestilação, maceração, extração por solvente, enfleuragem, gases supercríticos e micro-ondas. Dentre estes, o método de maior aplicação é o de hidrodestilação, que se divide em duas técnicas: arraste a vapor e coação (CRAVEIRO et al., 1981). O óleo essencial de candeia é obtido por meio de destilação da madeira de mesmo nome por arraste a vapor. Para a extração do óleo essencial de candeia pode-se utilizar madeira do fuste, dos galhos, das folhas e das raízes da árvore, contudo, geralmente, as indústrias extratoras utilizam apenas o fuste e os galhos com até 5 cm de diâmetro.

O alfa-bisabolol é o componente presente em maior proporção no óleo da candeia, ou seja, 66,1%, além de outros componentes presentes em menor proporção, tais como o bisabolol oxidado (6,2%), o beta-bisabolol (3,6%), o alfa-eudesma (4,3%), a etanona (4,2%) e o azuleno (3,1%), entre outros (SIQUEIRA, 2002).

Mori (2008) estudou qualitativamente o óleo extraído da candeia e verificou que quanto maior a idade maior o rendimento em óleo essencial, enquanto que quanto menor a idade da árvore maior é o teor de alfa-bisabolol.

Segundo Galdino et al. (2006), ainda não se conhecem em detalhes o rendimento e a qualidade do óleo de candeia em populações que nascem em diferentes ambientes (solo, clima, altitude, etc.).

O alfa-bisabolol é um álcool sesquiterpênico monocíclico insaturado, obtido da destilação direta (arraste a vapor) do óleo da candeia, considerado um veículo para diversos medicamentos da indústria farmacêutica. Quando aplicado na pele, impede a penetração de cercarias do equistossomo. Também pode ser empregado como substituto do azuleno (uma das substâncias ativas da camomila) em cosméticos para profilaxia e cuidados da pele, bem como pela estabilidade proporcionada, principalmente em produtos de higiene específicos para peles sensíveis de bebês e crianças (CITRÓLEO, 2009).

O alfa-bisabolol é inócuo dermatologicamente, ou seja, não causa alergia em nenhum tipo de pele e não é tóxico. Além disso, é compatível com inúmeras bases cosméticas, por apresentar boa estabilidade, ou seja, sob condições normais de fabricação e armazenamento, não apresenta mudanças de coloração nem reage com os ingredientes usualmente utilizados em cosméticos e suas embalagens (PURITA, 2009).

O alfa-bisabolol possui as seguintes propriedades físico-químicas: estabilidade química, não apresentando decomposição e degradação, quando incorporado em formulações cosméticas; odor característico levemente amadeirado floral; líquido transparente e levemente amarelado; não tem sabor e possui boa solubilidade. O alfa-bisabolol não apresenta riscos toxicológicos, considerando-se as concentrações e as aplicações recomendadas pelas formulações de empresas distribuidoras, cosméticas ou farmacêuticas (CITRÓLEO, 2009).

A relação de produtos que têm alfa-bisabolol em sua formulação é grande e inclui produtos de higiene e cuidado do bebê e de crianças, cremes para peles delicadas, bronzeadores, protetores solares, loções pós-sol, pós-barba e pós-depilação, creme dental, enxaguatório bucal e protetores labiais, entre outros.

Estima-se que mais da metade do óleo essencial de candeia produzido no Brasil seja exportado por empresas que o compram para o posterior processamento. O óleo que não é exportado é utilizado pelas próprias indústrias que o produzem para a destilação do alfa-bisabolol, sendo o restante vendido no mercado doméstico para indústrias que produzem alfa-bisabolol. O preço de venda do quilograma do óleo essencial de candeia pelas indústrias produtoras situa-se na faixa de US\$ 35.00 a US\$40.00. Já o alfa-bisabolol produzido pelas indústrias brasileiras é vendido para distribuidores e para indústrias de cosméticos e medicamentos do Brasil e do exterior por um preço que varia de US\$ 80.00 a US\$90.00 o quilo. Já o preço do alfa-bisabolol ofertado por distribuidores situa-se na faixa de US\$ 140.00 a US\$ 160.00/kg (ANDRADE, 2009).

Oliveira et al. (2009) caracterizaram a cadeia de comercialização da madeira de candeia para a produção de óleo e estimaram a margem de comercialização de cada participante. Os autores concluíram que os distribuidores de alfa-bisabolol beneficiam-se da maior margem de comercialização e que, para conseguir uma margem de comercialização maior, o produtor rural deve vender a madeira de candeia diretamente para a fábrica de óleo, ou seja, sem a intermediação do atacadista.

2.3 Espaçamento

Em povoamentos florestais, a escolha do espaçamento inicial é uma decisão silvicultural crítica, pois determina a época e a intensidade da competição por recursos entre as árvores (HARRINGTON; HARRINGTON; DEBELL, 2009).

Em geral, busca-se um espaçamento que resulte em maior produção não só em volume, mas também em qualidade, de acordo com o produto que se

deseja obter, sempre levando em consideração o custo e o retorno do investimento aplicado.

Conhecer as implicações ecológicas e silviculturais do espaçamento de plantio é de importância fundamental no sentido de se evitar exageros na adoção dos espaçamentos (BALLONI; SIMÕES, 1980). Segundo Scolforo (1998), para a escolha do espaçamento ótimo devem-se levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os métodos de colheita da madeira, os objetivos de manejo e as condições de mercado.

De maneira geral, em sítios muito produtivos devem-se adotar espaçamentos maiores, devido à grande disponibilidade de recursos disponíveis e rápido crescimento das plantas. Isso evita que elas entrem em competição muito cedo. Já em sítios pouco produtivos, espaçamentos menores devem ser adotados devido ao crescimento mais lento das árvores, mas é importante respeitar a capacidade de suporte do sítio para não comprometer ecologicamente o local (SCOLFORO, 2007).

Acerbi Júnior et al. (2002), ao analisarem a lucratividade de regimes de manejo em plantios de *Pinus taeda* L., confirmaram a hipótese de diminuição do espaçamento em sítios pouco produtivos para que haja sua melhor ocupação. Os autores alegam que, mesmo ocorrendo aumento nos custos devido à redução do espaçamento (mudas, adubos, etc.), proporcionalmente o volume aumenta em maior intensidade, compensando o investimento.

O espaçamento de plantio influencia, para a mesma espécie e mesmo sítio, o número de tratos culturais a serem efetuados, a taxa de crescimento, o volume de madeira produzido, o sortimento de madeira, a taxa de mortalidade e a dominância, a idade de estagnação do crescimento, as práticas de implantação, manejo e exploração, a qualidade da madeira, o volume da copa, a frutificação e os custos de produção, entre outros aspectos (SCOLFORO, 1998).

Leite, Nogueira e Moreira (2006) verificaram que o espaçamento teve pouca influência na altura total média de povoamentos de *Pinus taeda* e as maiores diferenças foram observadas após 11 anos de idade. Mehari e Habte (2006) não encontraram relação significativa entre espaçamento e altura das árvores em plantios de *Cordia africana*. Para os autores, isso pode ter ocorrido porque o plantio estudado era novo (7,5 anos) e a competição entre as árvores se intensifica com a idade, podendo aparecer efeitos do espaçamento mais tarde.

Maior produção de madeira por árvore é obtida em espaçamentos mais abertos devido à influência deste no aumento em diâmetro. Estudos como os de Akhtar et al. (2008), em *Eucalyptus camaldulensis*, no Paquistão; o de Mehari e Habte (2006), em *Cordia africana* e o de Leite, Nogueira e Moreira (2006), em *Pinus taeda*, confirmam essa hipótese. Por outro lado, maior produção de madeira por hectare é observada em menores espaçamentos. Oliveira Neto, Reis e Reis (2003) analisaram a produção de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* em resposta ao espaçamento e concluíram que o espaçamento a ser adotado no plantio deve ser selecionado em função do produto florestal desejado, uma vez que em espaçamentos mais reduzidos ocorre maior produção de biomassa por unidade de área, em razão de se ter um maior número de indivíduos.

A forma do fuste também é afetada pelo espaçamento de plantio dentro de certos limites e quanto menor o espaçamento mais cilíndrica é a forma do fuste e quanto maior o espaçamento mais cônica ela é. Isso acontece em eucalipto porque em espaçamentos menores há desrama natural e, como o crescimento do fuste se dá a partir da base da copa e esta é transferida para cima, o crescimento também será transferido e o diâmetro ficará mais uniforme ao longo do fuste (SCOLFORO, 2007).

Nogueira et al. (2008) verificaram essa influência em povoamentos de *Pinus taeda* L. Estes autores observaram diminuição no volume total dos

menores para os maiores espaçamentos devido à forma mais cônica encontrada nos maiores espaçamentos, considerando mesmo DAP e altura total.

Segundo Balloni e Simões (1980), o espaçamento e a idade de corte estão diretamente relacionados, ou seja, os plantios sob espaçamentos menores normalmente necessitam de desbastes ou ciclos mais curtos de cortes, pois a competição entre plantas ocorre mais cedo, antecipando a estagnação do crescimento do povoamento. Os autores comentam que uma maior porcentagem de falhas ocorre mais cedo em menores espaçamentos devido a um maior número de árvores dominadas e mortas. Isso reflete no volume de madeira, contribuindo para a estabilização ou redução do incremento médio anual. Os mesmos autores alegam que a manutenção da floresta com o crescimento estagnado não é desejável, devendo-se efetuar o corte ou desbaste em idades mais jovens. Porém, deve-se ter cuidado para não exportar quantidades excessivas de nutrientes do solo em plantios jovens demais para não comprometer as rotações futuras. Então, dependendo da espécie e da finalidade do plantio, não é indicada a adoção de espaçamentos muito apertados para se antecipar a rotação.

A influência do espaçamento na qualidade da madeira pode ser relacionada com o diâmetro dos galhos. Mehari e Habte (2006) observaram que o aumento do espaçamento diminui a qualidade da madeira em povoamentos de *Cordia africana*, pois aumenta o diâmetro dos ramos. Isso ocorre porque o tamanho dos ramos é largamente controlado pelo espaço que eles têm para o desenvolvimento. Por outro lado, o número de ramos não foi significativamente afetado pelo aumento do espaçamento.

Além da definição do espaçamento ótimo é preciso determinar qual o arranjo de plantio mais adequado na implantação de um povoamento florestal, pois a disposição das árvores no campo pode facilitar a colheita e diminuir os custos de preparo do solo. Debell e Harrington (2002) observaram que, em

plantios com arranjos retangulares, ocorre maior diferenciação no desenvolvimento das árvores devido à concorrência, pois há aumento de sobreposição das copas na linha de plantio e aumento da área inexplorada nas entrelinhas. Isso leva a uma maior taxa de mortalidade de espécies intolerantes à sombra, na comparação com arranjos quadrados. No entanto, os autores verificaram que as árvores sobreviventes dos arranjos retangulares apresentaram maior crescimento em diâmetro e altura média do que nos arranjos quadrados.

Para a candeia, em suas regiões de ocorrência, Araújo (1944) recomendou um espaçamento entre mudas de 1,5 x 1,5 m ou 2,0 x 2,0 m e Cândido (1991), de 2,0 x 2,0 m. Já Cabacinha et al. (2000) recomendaram de 3,0 x 2,5 m.

2.4 Rotação florestal

Rotação florestal, ou idade ótima de corte, é o período compreendido entre a efetivação do plantio e o corte do povoamento e é comumente empregado nos planos de manejo florestal, uma vez que interfere diretamente na tomada de decisão do investidor (LOPES, 1990).

Segundo Hoffman e Berger (1973), realizar o corte da floresta fora da idade ideal resultará na elevação dos custos de produção, impedindo que se alcance o máximo retorno sobre o investimento.

Existem diferentes formas de se determinar a idade ótima de corte da floresta. Segundo Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005), as mais conhecidas são a rotação ecológica ou física, a rotação silvicultural, a rotação técnica, a rotação de máxima produtividade volumétrica e a rotação econômica.

A rotação de máxima produtividade volumétrica é muito utilizada. Ela é obtida quando o incremento médio anual (IMA) é máximo e igual ao incremento corrente anual (ICA), ou seja, quando sua produção volumétrica é máxima por

unidade de tempo. Já na rotação econômica, o objetivo é maximizar o lucro. Para Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005), esse método destaca-se dos demais por considerar o ponto de vista econômico-financeiro. Scolforo e Hosokawa (1992) alegam que esse método é mais conveniente por considerar a taxa de juros, os custos e as dimensões das plantas.

Orois, Chang e Gadow (2004) simularam 20 opções de manejo, combinando-se 5 ciclos de corte (3, 4, 5, 6 e 7 anos) e 4 diferentes níveis de estoque residual (73, 103, 119 e 133 m³/ha) em povoamentos mistos e inequianos de *Pinus pinaster* Ait. Os autores verificaram que a combinação com o maior VET, a uma taxa de juros de 4% a.a., foi o ciclo de corte de 5 anos e estoque residual de 133 m³/ha. Com a aplicação de uma taxa de desconto de 1% a.a., a combinação ótima de ciclo de corte e nível de estoque residual permaneceu inalterada. Ao utilizar uma taxa de desconto de 7% a.a., o melhor estoque residual foi de 73 m³/ha e o ciclo de corte ótimo foi de 4 anos. Quando a taxa de desconto foi maior que 7,6 % a.a., o ciclo de corte diminuiu para 3 anos. Ou seja, conforme aumenta a taxa de juros, os custos associados à manutenção do povoamento residual também aumentam e, por isso, o estoque residual ótimo diminui. Da mesma forma, com o aumento da taxa de juros, os ciclos de corte menores são preferidos, devido à obtenção de receitas antecipadas.

A rotação econômica pode ser determinada quando o valor presente líquido (VPL) do projeto é máximo, considerando um horizonte de planejamento infinito. Ferreira et al. (2004) utilizaram o método do VPL em um horizonte infinito de planejamento para determinar a idade ótima de corte em plantios de eucalipto. Foi analisado o prejuízo gerado ao cortar a floresta fora da idade ótima, utilizando-se taxas de desconto de 3%, 6%, 9% 12%. Concluiu-se que o prejuízo é maior nas taxas de desconto mais baixas e que os prejuízos tendem a ser maiores quando o corte no povoamento é feito em idades anteriores à rotação

econômica do que quando eles são realizados após esta idade, principalmente em sítios mais produtivos.

Muitos estudos foram feitos comparando-se métodos econômicos e volumétricos na determinação da idade ótima de corte, podendo-se citar Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997), em povoamentos de eucaliptos, que usou o valor esperado da terra (VET), como método econômico e o máximo incremento médio anual (IMA), como método volumétrico. Concluíram que a idade economicamente ótima para o corte pode ser superior à idade que maximiza o IMA. Isso ocorre sempre que forem utilizadas taxas de juros inferiores ao inverso da idade para a qual o povoamento apresenta máximo IMA.

Resende et al. (2004), após comparar o método econômico VPL com a maximização do IMA, para determinar a rotação florestal, concluíram que as idades diferem entre si e que ambas variam em função do sítio. Portanto, adotar uma idade média para um projeto pode gerar perdas significativas de receita, quando o componente econômico não for contemplado.

Muitos são os fatores que influenciam a rotação de uma floresta, podendo ser de origem técnica ou econômica. No aspecto técnico, os principais são: a espécie, o espaçamento, a produtividade do local, a finalidade da madeira e a quantidade de fertilizante utilizado. No aspecto econômico se destacam o horizonte de planejamento, os custos envolvidos na produção, o preço da madeira e a taxa de desconto utilizada (REZENDE; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2005). Outros fatores que ocorrem frequentemente em povoamentos florestais devem ser levados em consideração, pois afetam os custos do empreendimento, alterando a idade ótima de corte. São eles: ocorrência de pragas, doenças e incêndios e variações climáticas.

A influência do espaçamento na rotação econômica foi analisada por Figueiredo, Oliveira e Scolforo (2005), que utilizaram os métodos do VPL e do benefício (custo) periódico equivalente (B(C)PE), para determinar a rotação

econômica ótima em dois povoamentos de teca com diferentes densidades. Os povoamentos foram identificados como Área 1 e Área 2, e seus espaçamentos foram de 2,0 x 2,4 m e 3 x 3 m, respectivamente. Observaram que a idade de máximo IMA foi de 19 anos, para a Área 1 e de 24 anos, para a Área 2. Já as rotações econômicas foram de 25 e 27 anos para as Áreas 1 e 2, respectivamente.

Rezende e Oliveira (1994) analisaram os efeitos dos horizontes de planejamento (um corte e três cortes) sobre as idades de corte e suas interações, observando que as idades de corte variam de acordo com o horizonte de planejamento, ou seja, quanto mais curto o horizonte de planejamento, mais longa tende a ser a rotação. Concluíram também que, para um mesmo horizonte de planejamento, a rotação pode variar entre o alto-fuste e entre as brotações.

Os danos causados por insetos também podem afetar a rotação econômica de uma floresta de produção, dependendo de sua intensidade. Segundo Rapley et al. (2009), esses danos têm o potencial de reduzir os retornos financeiros, retardando o crescimento das árvores e provocando mortalidade. No entanto, a quantificação dessas perdas a longo prazo é rara.

Tributos cobrados desde a implantação até a colheita de um povoamento florestal influenciam a rotação econômica e devem ser computados como custos. Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005) analisaram essa influência em plantios de eucalipto e observaram que, quando os tributos não foram considerados na determinação da rotação florestal, a idade ótima de corte foi de 7 anos e, quando estes foram considerados, a idade ideal para o corte foi aos 8 anos. Os autores concluíram que a influência dos tributos é no sentido de efetuar o corte do povoamento mais tardiamente e que a não consideração destes custos pode levar as empresas a efetuarem o corte do povoamento em idades aquém da ótima e, assim, gerar prejuízos.

Penttinen (2006) utilizou a análise de sensibilidade para avaliar o impacto de algumas variáveis, como volatilidade do preço da madeira, volatilidade do crescimento da floresta e taxa de desconto sobre a rotação econômica de um povoamento de *Scots pine*. O autor observou que a volatilidade dos preços da madeira prolongou a idade de corte em cerca de 5 a 9 anos e a volatilidade do crescimento a prolongou por cerca de 1 a 2 anos. Porém, flutuações negativas de preços com taxas de juros de 5% a 2% diminuíram em cerca de 6 a 10 anos a idade de corte.

Balteiro e Rodriguez (2006) determinaram a idade ótima de corte em plantios de *Eucalyptus urophylla* no Brasil e em *Eucalyptus globulus* na Espanha, estabelecidos em dois sítios (um pouco e um muito produtivo). A análise dos plantios foi feita considerando três diferentes situações: o não pagamento pelo sequestro de carbono; o pagamento pelo sequestro de carbono considerando a hipótese de que todo carbono sequestrado é reemitido na hora da colheita e o pagamento por sequestro de carbono com a hipótese de que 50% do carbono é reemitido na época de colheita e o resto da reemissão ocorre de forma linear ao longo de um horizonte de tempo de cinco anos depois da colheita. Para a determinação da idade ótima de corte foi considerado o máximo Valor Esperado da Terra (VET). Concluiu-se que os dois plantios mostram diferentes resultados em relação ao tamanho do ciclo ótimo de talhadia e VET. O número de rotações e suas durações são sensíveis a mudanças nos parâmetros, como a taxa de desconto. A possibilidade de incluir os pagamentos por carbono afeta os fluxos de caixa e muda a rotação ótima de talhadia, em plantios brasileiros.

2.5 Métodos de avaliação econômica de projetos

Um problema que comumente ocorre na vida empresarial é a necessidade de decidir, entre várias alternativas possíveis de investimento,

aquela ou aquelas que deverão ser adotadas em detrimento das demais (POMERANZ, 1985). Essa escolha é baseada no lucro que será obtido pelo empreendimento, mas, para aceitar um projeto, não é suficiente que seu lucro seja positivo. O projeto deve ser aceito somente se o preço a ser pago por ele for menor do que o valor de seus retornos, cuja determinação depende de suas estimativas futuras das receitas, de todos os custos e do custo de oportunidade correspondente ao risco (LAPPONI, 2007). Assim, para se avaliar economicamente um projeto, deve-se considerar o seu fluxo de caixa, que representa os custos e as receitas distribuídos ao longo da vida útil do empreendimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

Existem vários métodos usuais de seleção e avaliação de opções de investimentos, cada um partindo de certas premissas, não havendo o mais indicado.

Faro (1971 citado por POMERANZ, 1985), agrupa os métodos de avaliação econômica de projetos em duas categorias: uma em que se considera a variação do capital no tempo e outra em que isso não é feito. Segundo o autor, não fazê-lo distorce as comparações entre diferentes projetos por atribuir o mesmo peso para fluxos de caixa temporalmente distintos. Por isso os métodos mais utilizados são os que levam em conta a variação do capital no tempo, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Razão Benefício-Custo ($R_{(i)}$), o Benefício (Custo) Periódico Equivalente (B(C)PE) e o Custo Médio de Produção (CMP_r).

Para Rezende e Oliveira (1992), esses métodos atribuem diferentes ponderações às receitas líquidas em função de sua distribuição ao longo do tempo, sendo os mais indicados para a análise de projetos no setor florestal.

Autores como Pomeranz (1985), Rezende e Oliveira (2008) e Silva e Fontes (2005), entre outros, apresentaram definições e aplicações desses métodos, as quais são apresentadas a seguir.

O VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associados. Ou seja, é a diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos custos. O projeto em análise será considerado viável economicamente se o VPL for maior que zero e quanto maior o VPL mais atrativo será o projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

O VPL não deve ser utilizado para comparar projetos de duração diferente, sendo recomendada a equiparação dos horizontes por meio do mínimo múltiplo comum ou pela transformação dos horizontes em infinitos (VPL_{∞}) (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

A TIR de um projeto é a taxa anual que representa o retorno obtido pelo projeto em relação ao capital que foi investido. Igualar o VPL a zero é uma propriedade que permite determinar a TIR. Para que o projeto seja considerado viável economicamente, a TIR deve ser maior do que a taxa mínima de atratividade (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

A $R_{(i)}$ é a relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos, para dada taxa de desconto. Nesse caso, o projeto será viável economicamente se $R_{(i)} > 1$ e quanto maior esse valor mais viável é o projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

O B(C)PE, ou Valor Anual Equivalente (VAE), 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. Ou seja, ele transforma o valor atual do projeto em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalentes ao valor atual, durante a vida útil do projeto. Nesse caso, o projeto será viável economicamente se o BPE > 0 . Isso indica que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos. Este método é indicado também para a comparação de projetos de horizontes diferentes (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

O CMP_r é a razão entre o Custo Total Atualizado (CT_j) e a Produção Total Equivalente (QT_j). O método é utilizado quando se deseja operar com o custo médio mínimo, independentemente da quantia produzida e do tempo de duração do investimento. Deve-se comparar o CMP_r com o valor de mercado do produto para saber se o projeto é economicamente viável (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

O Valor Esperado da Terra (VET) pode ser definido como o valor mínimo que pode ser pago pela terra nua. Em outras palavras, ele representa 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 (SILVA; FONTES, 2005). Quando o VET for maior que o valor da terra, o projeto será considerado viável economicamente. Por considerar horizonte infinito, o VET pode ser utilizado para comparar projetos de diferentes durações. Segundo Rezende e Oliveira (2008), esse método só é utilizado na área florestal, não havendo referência a ele nos livros ou compêndios de economia.

Silva e Fontes (2005) analisaram VPL, VET, VAE e VPL_∞ , visando esclarecer as dúvidas mais frequentes e apontar a relação entre esses critérios na avaliação de projetos florestais. Os autores observaram que os valores obtidos diferem muito entre os métodos, podendo levar a erros de interpretação, caso o administrador não esteja ciente das diferenças existentes entre eles. Concluíram que tanto o VAE quanto o VPL_∞ conduzem ao mesmo resultado, sendo mais adequados para comparar projetos com diferentes durações. O VET pode ser utilizado para comparar alternativas de investimento, mas, para que o projeto seja viável, não basta que o VET seja maior que zero; ele precisa ser maior que o valor da terra. A diferença existente entre o VET e o VPL_∞ é igual ao valor da terra. Assim, quando se considera o custo da terra no fluxo de caixa do projeto, o que se obtém é o VPL_∞ e não o VET. Segundo os autores, esse tipo de erro é frequente em muitos artigos científicos.

Siregar et al. (2007) avaliaram se, na Indonésia, os plantios mistos de Segon (*Paraserianthes falcataria*) dão maior retorno econômico do que os plantios puros desta espécie. As opções de plantios mistos foram avaliadas por meio de dois critérios, VPL e R/C. Os resultados mostraram que os plantios mistos são rentáveis porque necessitam de pouco investimento e que o plantio de sistemas agroflorestais é uma boa alternativa porque fornece retornos econômicos imediatos para as comunidades da região.

Oliveira et al. (2008) avaliaram economicamente plantios de eucalipto, considerando diversas condições de sítio e dois espaçamentos (3x2 m e 3x3 m). O método utilizado foi o VPL, considerando um horizonte de planejamento infinito. Eles concluíram que a região com o sítio mais produtivo gerou maior lucratividade e o inverso aconteceu para a região de sítio menos produtivo. Já para regiões de mesma produtividade, a que apresentou o maior lucro foi aquela cujo custo da terra era inferior ao das demais regiões. Os plantios realizados em espaçamento 3x2 m apresentaram maior lucratividade do que os plantios de espaçamento 3x3 m. Isso ocorreu porque o espaçamento 3x2 m tem maior número de árvores, resultando em maior volume por ha. Concluiu-se que essa atividade florestal só gera lucro se as taxas de juros forem baixas, sendo apenas os plantios na região com o sítio mais produtivo lucrativos para taxas de juros iguais ou pouco superiores a 12% ao ano. Os plantios situados em terras pouco produtivas foram considerados inviáveis economicamente.

2.6 Riscos e incertezas na análise de projetos florestais

A análise determinística de um projeto é feita sem considerar a incerteza de seus resultados. Porém, os retornos obtidos em um projeto podem ser diferentes dos retornos esperados utilizados na avaliação. Entre as causas mais prováveis dos desvios desfavoráveis do projeto está o erro de estimativa

provocado pela falta de experiência, pela incorreta pesquisa de mercado, pelos custos e receitas menores ou maiores que os estimados, pela escolha inadequada de tecnologia, pela habilidade gerencial, pelo ambiente, econômico, etc. Por conseguinte, a incerteza está relacionada com o desvio do fluxo de caixa esperado do projeto, seja favorável ou desfavorável (LAPPONI, 2007).

Risco é o grau de incerteza a respeito de um evento (SOLOMON; PRINGLE, 1981). Segundo Securato (2007), nessa definição pode-se entender a ideia de probabilidade pelo uso do termo “grau de incerteza”. Um evento que com certeza ocorrerá tem uma probabilidade de 100% e, diante de eventos que apresentem certo grau de incerteza, é possível estabelecer a probabilidade de ocorrência deste evento. É por meio das probabilidades que se pretende captar a influência da experiência, do julgamento e do ambiente, em diferentes condições de projeções dos resultados relativos a uma questão que será objeto de decisão (SECURATO, 2007).

Em outras palavras, mensurar a incerteza por meio de probabilidades fornece ao gestor da empresa não um único valor, o qual na maioria das vezes não é preciso, mas um conjunto de valores, cada um associado a uma probabilidade de ocorrência (CARDOSO; AMARAL, 2000).

A técnica de simulação é uma poderosa ferramenta que possibilita trabalhar com as mais diversas formas de distribuição de probabilidades e de dependência entre as variáveis. Em modelos probabilísticos, a simulação utiliza os dados amostrais das distribuições de probabilidades das variáveis de entrada, processa essas informações dentro do modelo específico e obtém as distribuições de probabilidades da variável de saída (CORRAR, 1993).

Segundo Lobato (2000), a simulação é o processo de projetar um modelo lógico ou matemático de um sistema real e conduzir experimentos em computador com o modelo para descrever, explicar e prever o comportamento do sistema real.

Segundo Saliby (1989), as simulações apresentam muitas vantagens, como, por exemplo:

- a) modelos mais realistas: a simulação não obriga a enquadrar um problema em determinado molde para que se possa obter uma solução. Então, obtêm-se soluções aproximadas para “problemas mais reais” em vez de soluções exatas para “problemas aproximados”;
- b) processo de modelagem evolutivo: começando com um modelo relativamente simples, é possível identificar aos poucos e de maneira mais clara as peculiaridades do problema;
- c) perguntas do tipo “what if” (“e se?”): permitem avaliar, por meio do modelo, a influência de possíveis mudanças de cenário ou de diferentes decisões;
- d) facilidade de comunicação: um modelo de simulação, em geral, apresenta melhor compreensão do que um conjunto de complicadas equações matemáticas.

Saliby (1989) também enumera algumas desvantagens de simulação, tais como:

- a) dificuldade de programação: programar um modelo de simulação pode ser uma tarefa complexa se os recursos do software não forem apropriados;
- b) baixa precisão dos resultados: a imprecisão ocorre devido ao uso da amostragem. Trabalhar com amostras maiores é uma alternativa para diminuir esse problema, porém, ela pode gerar aumento no esforço computacional e no tempo de processamento.

Coates e Kuhl (2003) fornecem três exemplos que demonstram como softwares de simulação podem ser utilizados em problemas de engenharia econômica, sendo que dois deles relacionados à análise de risco e são

apresentados a seguir. O primeiro exemplo demonstra a distribuição do valor futuro de uma série anual de pagamentos, quando há a incerteza sobre o futuro poder de ganho (taxa de juros), de um ano para outro. Esse exemplo supõe um resgate de \$10,000 por ano, nos próximos 10 anos e deseja-se saber quanto pode ser acumulado até o fim do investimento. Se a taxa de juros fosse fixa e conhecida, o cálculo do valor futuro seria simples. Porém, foram consideradas diferentes possibilidades, pois as taxas de juros podem variar de ano a ano. O rendimento de médio e longo prazo foi de 12% a.a., mas os retornos anuais individuais são normalmente distribuídos com desvio padrão de 6% (ou seja, poderia haver retornos negativos em determinados anos). Com a ajuda de um software de simulação, a distribuição do VPL foi estimada. Os autores observaram que o valor futuro variou de \$109,000 a \$243,000. Por meio dos histogramas de frequência acumulada e absoluta concluíram que 90% das observações situaram-se entre \$135,000 e \$195,000.

O segundo exemplo simula a aleatoriedade da vida do projeto e das taxas de juros. Os dados utilizados foram obtidos do trabalho de Hillier (1963), que usou uma taxa de juros de 10% e mostrou que o VPL resultante é normalmente distribuído. Coates e Kuhl (2003) consideraram que a taxa de juros varia de ano a ano e que a vida do projeto é incerta. Então, utilizaram a simulação para estimar a distribuição do VPL. Os autores notaram que a probabilidade do VPL ser negativo passou de 2,3%, no estudo original de Hillier (1963), para 20,9%, quando a variabilidade da taxa de juros e da vida do projeto foi incluída. Os resultados mostraram também que o VPL médio para ambos os problemas foram inalterados, mas o desvio padrão da distribuição do VPL dobrou. Assim, os autores concluíram que usar somente os resultados esperados, ignorando a variabilidade dos dados de entrada tem seus perigos.

Em situações de incertezas, uma das simulações possíveis de se utilizar é a Simulação de Monte Carlo (CORRAR, 1993). Segundo Abreu e Stephan

(1982), Monte Carlo é um método de simulação baseado na utilização de números aleatórios que são sorteados para gerar resultados e as distribuições de probabilidade correspondentes. Esse método foi proposto por Von Neumann e Ulam para a solução de problemas matemáticos cujo tratamento analítico não se mostrava viável. Isto ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial, ao longo das pesquisas no Laboratório de Los Alamos, que resultaram na construção da primeira bomba atômica (SALIBY, 1989). A intenção foi chegar a soluções aproximadas de problemas referentes à difusão randômica de nêutrons no material nuclear, por meio de simulações (ABREU; STEPAHN, 1982). Ao que tudo indica, por razões de sigilo e também pelo tipo de abordagem utilizada, o código “Monte Carlo” foi adotado (SALIBY, 1989).

A simulação de Monte Carlo como ferramenta para análise quantitativa do risco vem sendo cada vez mais incorporada ao setor florestal, pois a produção florestal tem características de investimentos de médio a longo prazo que envolvem um alto capital imobilizado na implantação do projeto. Além disso, os produtos florestais, como fenômenos biológicos, não são eventos determinísticos, mas sim probabilísticos, pois sua produtividade envolve sempre um grau de risco ou incerteza (COELHO JÚNIOR et al., 2008).

Protil (1999) utilizou o risco na análise do fluxo de caixa em investimentos florestais por meio do método de simulação de Monte Carlo. Para a validação da técnica foram comparadas as opções de reforma e condução em um povoamento de eucalipto. A probabilidade de ocorrência do fluxo de caixa determinístico foi de 23% para a reforma e de 42% para a condução do povoamento. Observou-se que essa probabilidade aumenta proporcionalmente com o avanço temporal do projeto florestal. O autor ressalta que quanto maior a variabilidade das variáveis de custo e de rendimento operacional maior é o risco do resultado final. O risco financeiro da condução do povoamento foi de 0% enquanto o risco da reforma do povoamento foi de 37,9%. Conclui-se que a

análise probabilística, na avaliação de projetos florestais, é mais confiável e segura do que a análise determinística, pois ela possibilita determinar com precisão um intervalo de confiança, no qual venham a ocorrer os valores desejados ou procurados. E a simulação é uma poderosa ferramenta para a análise, possibilitando maior segurança na escolha do investimento a partir dos dados gerados.

Knoke, Moog e Plusczyk (2001) avaliaram a atratividade econômica de estratégias silviculturais, focando no risco como resultado da volatilidade do preço da madeira. O estudo foi feito em um povoamento de *Picea abies* (L.) Karst com 58 anos de idade, na Alemanha e um modelo de crescimento foi utilizado para projetar o desenvolvimento do povoamento. Simulações de crescimento foram realizadas para duas diferentes estratégias, uma chamada de transformação que teve como objetivo alcançar uma estrutura inequiana do povoamento e a outra estratégia objetivando alcançar uma estrutura equiana. Ambas as estratégias foram modeladas para o período de 198 anos. Baseado nos dados de crescimento, o método de Monte Carlo foi utilizado para estimar os resultados financeiros das estratégias. O preço da madeira em pé foi assumido como uma variável aleatória com uma densidade de probabilidade que segue uma distribuição normal. A partir dos resultados de 1.000 simulações para cada estratégia, a distribuição do VPL foi calculada. Segundo os autores, a análise da variação do VPL provou que a volatilidade dos preços é uma importante fonte de risco. As receitas produzidas pela estratégia de transformação foram mais uniformemente distribuídas ao longo do tempo do que da estratégia equiana. A estratégia equiana foi fortemente influenciada por preços muito baixos ou muito altos no momento do corte raso. Esse fato causou uma variação muito menor no VPL da transformação. O VPL variou entre 28.000 DM a 76.000 DM/ha e entre 10.399 DM a 111.890 DM/ha para estratégia de transformação e estratégia equiana, respectivamente. O VPL médio foi de 52.000 DM/ha e 58.452 DM/ha

com desvios de ± 6.592 DM/ha e ± 16.479 DM/ha, para transformação e estratégia equiana, respectivamente. A probabilidade de alcançar o VPL negativo foi menor para a transformação.

Knoke e Wurm (2006) utilizaram duas hipóteses para avaliar plantios florestais mistos com a simulação de Monte Carlo. As espécies estudadas foram a conífera Norway Spruce [*Picea abies* (L.) Karst] e a folhosa European Beech (*Fagus sylvatica* L.). A primeira hipótese supõe que empregar uma estratégia de colheita flexível (a colheita é simulada dependendo da variação do preço da madeira) não afeta a composição de espécies ótimas, de acordo com a teoria de seleção de portfólio. A teoria do portfólio foi utilizada para avaliar as florestas mistas, o risco e a correlação do risco entre as espécies, assim como a atitude do tomador de decisão frente ao risco (assumindo aversão ao risco). Diferentes proporções das espécies foram analisadas. Os riscos de perigos naturais foram incorporados no estudo por meio de dados históricos de danos causados por insetos, neve e ventos. Curvas de sobrevivência foram ajustadas para estimar a proporção real de madeira danificada. Com isso foi possível descrever quanto de madeira danificada por danos naturais é esperado por povoamento e em diferentes classes de idade. Em seguida, o preço da madeira foi estimado por meio de uma modelagem. Então, foi feita a simulação de Monte Carlo. Os autores concluíram que a política de colheita flexível aumenta a proporção de *European beech* em florestas mistas sob a suposição de que o VPL foi normalmente distribuído. O VPL de ambas as espécies aumentou significativamente, considerando esta política de colheita. Assim, a hipótese 1 foi rejeitada. Os riscos de danos em *European beech* foram baixos, comparados com *Norway spruce* (relação de susceptibilidade de 1:4).

Na segunda hipótese do estudo de Knoke e Wurm (2006), considerou-se que a suposição de que os fluxos financeiros são normalmente distribuídos é adequada para quantificar o risco em manejos florestais puros e em florestas

mistas. Assim, na segunda parte do artigo analisa-se se as distribuições do VPL de diferentes espécies e misturas entre espécies seguem uma distribuição normal. Utilizando técnicas de simulação (método de Monte Carlo), verificou-se se o risco é adequadamente descrito pelo desvio padrão. Os resultados mostraram que a hipótese 2 não é adequada para nenhuma das espécies e nem para a mistura de espécies. No caso da *European beech*, o formato da distribuição de frequência simulada foi similar à distribuição normal. Porém, a densidade do VPL próxima à média foi muito maior do que o esperado sob a suposição de distribuição normal. Conseqüentemente, a frequência do VPL negativo foi superestimada, quando aplicada a distribuição normal. Os autores relatam que, embora o formato da distribuição de frequência tenha sido um pouco diferente de uma distribuição normal para *Norway spruce*, a parte simulada do VPL negativo se aproximou bastante da distribuição normal. Somente uma leve subestimação foi vista em relação à distribuição normal para esta espécie. Com isso, os autores concluíram que as simulações de frequência de VPL negativo parecem ser melhores opções de medidas para o risco do que computar probabilidades de VPL negativo, se for assumir uma distribuição normal.

Bentes-Gama et al. (2005) utilizaram a simulação de Monte Carlo para analisar um sistema agroflorestal na Amazônia Ocidental, em Machadinho D'Oeste, RO. Os autores verificaram que as simulações das variáveis de risco que afetaram o VPL no horizonte de planejamento infinito, de acordo com a ordem de importância, foram: taxa de desconto, preço do fruto de cupuaçu, custo de tratamentos culturais, preço da madeira de castanha-do-brasil e custo de colheita.

Castro et al. (2007) utilizaram o método de Monte Carlo para avaliar a viabilidade econômica de produção de carvão vegetal em florestas plantadas de eucalipto, em condições determinísticas e de risco. O estudo demonstrou que a inclusão da análise de risco, em análise de rentabilidade econômica de projetos,

resulta em maior segurança para inferir sobre os indicadores econômicos.

Coelho Júnior et al. (2008) utilizaram a simulação de Monte Carlo para avaliar as situações de risco em um sistema agrosilvopastoril no noroeste de Minas Gerais. Os resultados indicaram que há 78,65% de chance de o VPL ser US\$ 1.410,00; 77,56% de chance de a TIR ser 36,36% e 75,39% de chance de o BPE ser US\$309,70. Concluiu-se que o investimento é de baixo risco e que esse tipo de análise proporciona maior grau de certeza na tomada de decisão, minimizando a possibilidade de decisões equivocadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. F. S.; STEPHAN, C. **Análise de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 1982. 217 p.
- ACERBI JÚNIOR, F. W. et al. Modelo para a prognose do crescimento e da produção e análise econômica de regimes de manejo para *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 699-713, nov./dez. 2002.
- AKHTAR, J. et al. The effect of spacing on the growth of *Eucalyptus camaldulensis* on salt-affected soils of the Punjab, Pakistan. **Canadian Journal Forest Resource**, Ottawa, v. 38, n. 1, p. 2434-2444, Sept. 2008.
- ANDRADE, I. S. **Avaliação técnica e econômica de sistemas de manejo de candeais nativos**. 2009. 127 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- ARAÚJO, L. C. **Vanillosmopsis erythropappa (DC.) Sch. Bip: sua exploração florestal**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 58 p.
- BALLONI, A. B.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento de plantio e suas aplicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. 14 p.
- BALTEIRO, L. D.; RODRIGUEZ, L. C. E. Optimal rotations on *Eucalyptus* plantations including carbon sequestration: a comparison of results in Brazil and Spain. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 229, n. 1, p. 247-258, July 2006.
- BENTES-GAMA, M. M. et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'Oeste, RO. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 401-411, maio/jun. 2005.
- CABACINHA, C. D. et al. **Manejo da floresta nativa em propriedades rurais: o caso da candeia**. Lavras: UFLA, 2000. 32 p.
- CÂNDIDO, J. F. **Cultura de candeia (Vanillosmopsis erythropappa Sch. Bip)**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 7 p.

CARDOSO, D.; AMARAL, H. F. O uso da simulação de Monte Carlo na elaboração do fluxo de caixa empresarial: uma proposta para quantificação das incertezas ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENEGEP, 2000. 1 CD-ROM.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Brasília: EMBRAPA, 1994. 640 p.

CASTRO, R. R. de et al. Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 353-359, out./dez. 2007.

CHAGAS, M. P.; TOMAZELLO FILHO, M. T.; LISI, C. S. Caracterização macro e microscópica da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*, Asteraceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 156-158, jul. 2007.

CHAVES, M. M. F.; RAMALHO, R. S. Estudos morfológicos em sementes, plântulas e mudas de duas espécies arbóreas pioneiras da família *Asteraceae* (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip. e *Vernonia discolor* Spreng-Kess.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 1-7, jan./fev. 1996.

CITRÓLEO. **Óleos essenciais.** Disponível em: <<http://www.citroleo.com>>. Acesso em: 10 fev. 2009.

COATES, R. E.; KUHL, M. E. Using simulation software to solve engineering economy problems. **Computers & Industrial Engineering**, Kidlington, v. 45, n. 2, p. 285-294, Aug. 2003.

COELHO JÚNIOR, L. M. et al. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob condição de risco. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, out./dez. 2008.

CORRAR, J. L. **O modelo econômico da empresa em condições de incerteza: aplicação do método de simulação de Monte Carlo.** São Paulo: FIPECAFI, 1993. 11 p. (Caderno de Estudos, 8).

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v. 1, 433 p.

CRAVEIRO, A. A. et al. **Óleos essenciais de plantas do nordeste**. Fortaleza: UFC, 1981. 210 p.

DAVIDE, A. C. et al. Estudos morfo-anatômicos, bioquímicos e fisiológicos durante a germinação de sementes de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeish. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 2, p. 171-176, mar./abr. 2008.

DEBELL, D. S.; HARRINGTON, C. A. Density and rectangularity of planting influence 20-year growth and development of red alder. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 32, n. 1, p. 1244-1253, Aug. 2002.

FERREIRA, T. C. et al. Rotação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 222-241, jul./dez. 2004.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-335, out./dez. 2005.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudos sobre o rendimento e a qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus ssp.*) e a influencia das diferentes origens comerciais de sua madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 1, p. 18-25, July 2009.

HILLIER, F. S. The derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments. **Management Science**, Linthicum, v. 9, n. 3, p. 443-457, Apr. 1963.

HOFFMANN, R.; BERGER, R. Determinação da idade ótima de corte de povoamentos de Eucalyptus. **Boletim do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 7, p. 49-69, 1973.

KALLIO, A. M. I. Accounting for uncertainty in a forest sector model using Monte Carlo simulation. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 9-16, Jan. 2010.

KNOKE, T.; MOOG, M.; PLUSCZYK, N. On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 2, n. 3/4, p. 229-240, July 2001.

KNOKE, T.; WURM, J. Mixed forests and a flexible harvest policy: a problem for conventional risk analysis? **European Journal of Forest Research**, New York, v. 125, n. 3, p. 603-612, June 2006.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimentos na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 332 p.

LEITE, G. H.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus Taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 603-612, jul./ago. 2006.

LOBATO, D. C. **Proposta de um ambiente de simulação e aprendizado inteligente para RAID**. 2000. 149 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

LOPES, H. V. S. **Análise econômica dos fatores que afetam a rotação de povoamentos de eucaliptos**. 1990. 188 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

MEHARI, A.; HABTE, B. Influence of initial spacing on growth and branching characteristics of *Cordia africana* trees established on Eritrean highland. **New Forests**, Dordrecht, v. 31, n. 2, p. 185-193, June 2006.

MORI, C. L. S. O. **Análise das características e do óleo essencial de candeia *Eremanthus erythropappus* (D.C.) MacLeisch, da região de Aiuruoca, MG**. 2008. 104 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

OLIVEIRA NETO, S. N. de O.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 15-23, jan./fev. 2003.

NOCE, R. et al. Análise de risco e retorno dos setor florestal: produtos da madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 77-84, jan./fev. 2005.

NOGUEIRA, G. S. et al. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus Taeda* l. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 855-860, set./out. 2008.

OLIVEIRA, A. D. de et al. Avaliação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. **Revista Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 82-91, jan./mar. 2008.

_____. Market chain analysis of candeia timber (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 257-264, July/Sept. 2009.

OROIS, S. S.; CHANG, S. J.; GADOW, K. Optimal residual growing stock and cutting cycle in mixed uneven-aged maritime pine stands in Northwestern Spain. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 6, n. 2, p. 145-152, May 2004.

PEDRALLI, G.; NUNES, Y. R.; TEIXEIRA, M. C. B. Estudos sinecológicos sobre a candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip) na estação ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG, Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Biosfera, 1996. p. 117-118.

PENTTINEN, M. J. Impact of stochastic price and growth processes on optimal rotation age. **European Journal of Forest Research**, New York, v. 125, n. 4, p. 335-343, Oct. 2006.

POMERANZ, L. **Elaboração e análise de projetos**. São Paulo: Hucitec, 1985. 246 p.

PROTIL, R. M. Análise de risco em povoamentos florestais. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 1999. 1 CD-ROM.

PURITA. **Óleos essenciais: indústria e comércio**. Disponível em: <<http://www.puritta.com.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2009.

RAPLEY, P. L. et al. Long-term realised and projected growth impacts caused by autumn gum moth defoliation of 2-year-old *Eucalyptus nitens* plantation trees in Tasmania, Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 9, p. 1896-1903, Oct. 2009.

RESENDE, R. R. et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 219-225, mar./abr. 2004.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 386 p.

_____. **Avaliação de projetos florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1992. 47 p.

_____. Relações entre a idade de corte e o horizonte de planejamento, em povoamentos de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 95-107, jan./mar. 1994.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de; RODRIGUES, C. Efeito dos tributos no custo de produção, na rotação e na reforma de *Eucalyptus* spp. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 70-83, jan./mar. 2005.

RODRIGUEZ, L. C. E. R.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 51, p. 15-28, jun. 1997.

SALIBY, E. **Repensando a simulação: a amostragem descritiva**. São Paulo: Atlas, 1989. 182 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1998. 438 p.

_____. **Manejo florestal: florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2007. 690 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **O manejo de candeia nativa**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2008. 44 p.

SCOLFORO, J. R. S.; HOSOKAWA, R. T. Avaliação da rotação econômica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sujeito a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 33-44, jan./mar. 1992.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Saint Paul, 2007. 264 p.

SILVA, M. L. da; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 931-936, nov./dez. 2005.

SIQUEIRA, D. **Caracterização química da casca e madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2002. 21 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SIREGAR, U. J. et al. Economic analysis of sengon (*Paraserianthes falcataria*) community forest plantation, a fast growing species in East Java, Indonesia. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 9, n. 7, p. 822-829, Apr. 2007.

SOLOMON, E.; PRINGLE, J. J. **Introdução à administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1981. 515 p.

TEIXEIRA, M. C. B. et al. Influência da luz na germinação de sementes de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bit). In: ENCONTROS REGIONAIS DE BOTÂNICOS, 18., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: PUC-MG, 1996. p. 23-24.

TONETTI, O. A.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. Qualidade física e fisiológica de sementes de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac. Leish). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 114-121, abr. 2006.

VARELA, L. B.; SANTANA, A. C. de. Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu, Pará, 2001 a 2003. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 151-160, jan./fev. 2009.

CAPÍTULO 2

Análise da viabilidade econômica e da rotação florestal de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*)

RESUMO

Neste capítulo, os objetivos foram: determinar os custos das atividades relacionadas ao plantio de candeia e à participação percentual do custo de cada atividade no custo total; analisar a viabilidade econômica e determinar a rotação econômica de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em diversos espaçamentos e analisar a sensibilidade da viabilidade econômica do plantio de candeia e da rotação econômica a variações em parâmetros relacionados ao fluxo de caixa. O estudo foi realizado a partir de um experimento de plantio de candeia constituído de quatro espaçamentos (1,5 x 1,5 m; 1,5 x 2,0 m; 1,5 x 2,5 m e 1,5 x 3,0 m), para os quais se obtiveram os fluxos de caixa relacionados às diversas idades de corte. Para as análises econômicas utilizou-se o método do Valor Anual Equivalente (VAE). Realizou-se uma simulação para detectar a sensibilidade do VAE a alterações nas variáveis preço da muda, da madeira e da terra, da taxa de juros e do custo de colheita e de transporte. Concluiu-se que os custos com a participação mais significativa no custo total foram mudas, colheita e terra. O espaçamento mais viável economicamente foi o 1,5 x 3,0 m. Variações proporcionais no preço da madeira, produtividade volumétrica, e taxa de juros implicaram em variações inversamente proporcionais na rotação econômica dos espaçamentos estudados. Por outro lado, variações proporcionais no custo de colheita implicaram em variações diretamente proporcionais na rotação econômica dos espaçamentos 1,5 x 3,0 m e 1,5 x 2,0 m, mas não alteraram a idade de corte dos espaçamentos 1,5 x 1,5 m e 1,5 x 2,5 m. Já as mudanças no custo da terra não alteraram a rotação econômica de nenhum espaçamento. A combinação de mudanças simultâneas nas seis variáveis analisadas indicou o espaçamento 1,5 x 3,0 m como sendo o mais lucrativo e o de menor risco.

Palavras-chave: Análise econômica. Rotação econômica. Análise de sensibilidade.

ABSTRACT

The aims of this chapter were to determine the costs of activities related to candeia planting and percent share of the cost of each activity in the total cost, investigate and determine the economic viability of economic rotation of candeia plantings (*Eremanthus erythropappus*) at various spacings, study the sensitivity of the economic feasibility of candeia planting and the economic rotation to variations in economic parameters related to cash flow. The study was conducted from a candeia planting experiment consisting of four spacings (1.5 x 1.5 m; 1.5 x 2.0 m; 1.5 x 2.5 and 1.5 x 3.0 m) for which the cash flows related to the different cutting ages were obtained. For the economic analyses, the Equivalent Annual Value (EAV) method was used. A simulation to detect the sensitivity of the LAV to the variables price of the seedling, wood and land, interest rate, cost of harvest and transportation was conducted. It was concluded that the cost with the most significant participation in the total cost were seedlings, harvest and land. The most economically viable spacing was the 1.5 x 3.0 m one. There is an inverse relationship between spacing size and economic rotation, that is, the greater the spacing the shorter the rotation, and vice versa. Proportional variations in the price of wood, volumetric timber production and interest rate implied in directly proportional variations in the economic rotation of the investigated spacings. On the other hand, the proportional variations in harvest cost implied in directly proportional variations in the economic rotation of the 1.5 x 3.0 and 1.5 x 2.0 m spacings, but they did not alter the cutting age of the 1.5 x 1.5 m and 1.5 x 2.5 m spacings. But, the changes in land cost did not alter the economic rotation of any spacing. The combination of simultaneous changes in six studied variables indicated the 1.5 x 3.0 m spacing as the most profitable and least risky.

Keywords: Economic analysis. Economic rotation. Sensitivity analysis.

1 INTRODUÇÃO

O plantio da candeia (*Eremanthus erythropappus*) é considerado uma fonte alternativa de matéria prima, pois o manejo de candeais nativos, apesar de viável economicamente, mostra-se insuficiente para suprir a demanda por seus múltiplos produtos (óleos essenciais e moirão de cerca) no mercado.

Para a obtenção de um plantio bem sucedido é necessário um planejamento criterioso, visando otimizar as atividades e viabilizar economicamente o projeto.

O planejamento financeiro de um empreendimento faz parte de seu processo de planejamento em longo prazo. Planejar significa decidir antecipadamente, ou seja, ter opções de escolha e assim controlar os possíveis resultados (YUH-CHING, 2003).

A escolha é baseada no lucro, mas, para aceitar um projeto, não é suficiente que seu lucro seja positivo. O projeto deve ser aceito somente se o preço a ser pago por ele for menor do que o valor de seus retornos, cuja determinação depende de suas estimativas futuras das receitas, de todos os custos e do custo de oportunidade (LAPPONI, 2007). Assim, para se avaliar economicamente um projeto, deve-se considerar o seu fluxo de caixa, que representa os custos e as receitas distribuídos ao longo da vida útil do empreendimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

Métodos de fluxo de caixa descontados são amplamente utilizados em análises econômicas do setor florestal (FIGUEIREDO; OLIVEIRA; SCOLFORO, 2005; GARDINGEN; MCLEISHA; PHILLIPS, 2003; RODRIGUES et al., 2007; SIREGAR et al., 2007; SOARES et al., 2003a; WHITTOCK; GREAVES; APIOLAZA, 2004). Esses métodos são aplicados também na determinação da rotação econômica do plantio, outro ponto relevante no planejamento financeiro de projetos florestais.

A rotação florestal, ou idade ótima de corte, pode ser definida como o período compreendido entre a efetivação do plantio e o corte do povoamento, e é comumente empregado nos planos de manejo florestal, uma vez que interfere diretamente na tomada de decisão do investidor (LOPES, 1990).

Segundo Hoffman e Berger (1973), realizar o corte da floresta fora da idade ideal resultará na elevação dos custos de produção, impedindo que se alcance o máximo retorno sobre o investimento.

Existem diferentes formas de se determinar a idade ótima de corte da floresta. Segundo Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005), as mais conhecidas são a rotação ecológica ou física, a rotação silvicultural, a rotação técnica, a rotação de máxima produtividade volumétrica e a rotação econômica.

Na rotação econômica objetiva-se maximizar o lucro. Para Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005), esse método se destaca dos demais por considerar o ponto de vista econômico-financeiro. Scolforo e Hosokawa (1992) alegam que esse método é mais conveniente por considerar a taxa de juros, os custos e as dimensões das plantas.

A idade ótima de corte pode ter a influência de fatores de origem técnica, como, por exemplo, o espaçamento de plantio, e/ou econômica, como os custos envolvidos na produção, o preço da madeira e a taxa de desconto utilizada.

Com base nessas considerações, neste capítulo objetivou-se determinar os custos das atividades relacionadas ao plantio de candeia e à participação percentual do custo de cada atividade no custo total; analisar a viabilidade econômica e determinar a rotação econômica de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em diversos espaçamentos e analisar a sensibilidade da viabilidade econômica do plantio de candeia e da rotação econômica a variações em parâmetros relacionados ao fluxo de caixa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção será elucidada a maneira como o experimento foi conduzido e serão feitas as análises econômicas.

2.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se no município de Carrancas, que está localizado no sul de Minas Gerais, nas coordenadas -21,48°S e -44,64°O (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). O município apresenta área de 728,5 Km² e altitude variando de 896 m a 1.590 m (ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS - ALMG, 2011).

O clima do município de Carrancas, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperaturas moderadas e verão quente e chuvoso. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.470 mm e 19,2°C, respectivamente (ALMG, 2011).

O experimento em estudo trata-se de um plantio de candeia instalado em março de 2002, com área de 2,87 ha, no delineamento experimental em blocos casualizados.

Foram definidos quatro blocos, divididos em quatro parcelas casualizadas e, em cada uma delas, plantaram-se 532 covas em 14 linhas, nos seguintes espaçamentos:

- a) tratamento 1 (T1) – espaçamento 1,5 x 1,5 m;
- b) tratamento 2 (T2) – espaçamento 1,5 x 2,0 m;
- c) tratamento 3 (T3) – espaçamento 1,5 x 2,5 m;
- d) tratamento 4 (T4) – espaçamento 1,5 x 3,0 m.

A adubação de plantio foi feita com 100g/cova do adubo formulado NPK na composição 4-14-8 + Zn-0,4%. Já na adubação de cobertura, utilizaram-se 30g/cova de bórax. Para o combate às formigas, utilizou-se isca granulada.

2.2 Estimativa do volume de madeira para as diversas idades do plantio de candeia

Os volumes de madeira para as diferentes idades do plantio de candeia foram obtidos do estudo de Silva (2009), que ajustou modelos de crescimento para os diversos tratamentos desse experimento. Nesse estudo, o volume de madeira foi estimado em metro cúbico. Para se obter os valores da Tabela 1, que estão expressos em metro estéreo (mst), utilizou-se um fator de empilhamento igual a 2,67, o qual foi determinado por Pérez (2001).

Tabela 1 Volume de madeira (mst/ha) para as diversas idades e tratamentos

Idade	T1 (1,5 x 1,5 m)	T2 (1,5 x 2,0 m)	T3 (1,5 x 2,5 m)	T4 (1,5 x 3,0 m)
7	52,39	54,55	47,39	49,82
8	59,83	62,34	54,15	56,92
9	67,28	70,09	60,90	64,03
10	74,73	77,86	67,66	71,13
11	82,18	85,63	74,39	78,20
12	89,63	93,37	81,11	85,31
13	97,08	101,11	87,84	92,38
14	104,50	108,86	94,57	99,46
15	111,93	116,60	101,30	106,53

2.3 Custos e receitas relacionados ao plantio da candeia

Os custos relacionados às atividades de implantação (preparo do solo, plantio, mudas, adubação, combate a formigas, etc.) e de manutenção (combate a formigas, capina, etc.) do plantio da candeia estão sendo registrados desde 2002, quando o experimento foi implantado. Entretanto, estes valores serviram apenas

como referência para elaborar a planilha de custos a ser utilizada na análise econômica, uma vez que, por se tratar de um experimento, alguns deles podem estar superestimados em função do maior tempo requerido para a execução de determinadas atividades inerentes à implantação e à manutenção do experimento.

A planilha de custos utilizada na análise econômica foi elaborada da seguinte maneira:

- a) os custos das atividades e dos insumos necessários à implantação de candeia (até 6 meses de idade) foram obtidos por meio de levantamentos de dados em propriedades rurais situadas nos municípios de Baependi, Caxambu e Carrancas, etc. que participam do programa de fomento para o plantio de candeia financiado pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG). Esse programa fornece gratuitamente ao produtor rural mudas, adubo e formicida;
- b) os custos de manutenção anual até a idade de corte foram estimados usando como referência os custos de manutenção de plantios de eucalipto, uma vez que os plantios de candeia existentes ainda são jovens e, portanto, não se dispõe de informações relacionadas às manutenções anuais dessa espécie. Assume-se, nesse caso, que a manutenção do candeal plantado é semelhante à de um povoamento de eucalipto manejado para a produção de madeira para energia ou celulose;
- c) o custo de colheita, que envolve a derrubada, o traçamento e a extração da madeira até a beira da estrada, foi considerado como sendo igual a R\$25,18/mst, baseando-se no estudo de Oliveira et al. (2010) que o determinaram para a exploração de candeia nativa. Para obter o custo de colheita por hectare para cada tratamento nas

diversas idades, multiplicou-se esse valor pelos volumes de madeira apresentados na Tabela 2.1. Machado e Lopes (2000) observaram que o custo de colheita pode variar com a dimensão das toras. Nas atividades de extração e transporte de toras, o aumento do comprimento aumentou a produtividade e reduziu os custos;

- d) o custo anual da terra foi considerado como sendo os juros sobre o valor desse fator de produção. O valor da terra considerado foi de R\$2.500,00/ha, que é o valor praticado na região.

As receitas foram obtidas multiplicando-se o volume de madeira estimado para cada espaçamento nas diversas idades (Tabela 1) pelo seu preço de venda colocada na beira da estrada, que foi considerado como sendo de R\$ 130,00/mst. Esse valor foi obtido por meio de entrevistas realizadas com agricultores de municípios que vendem madeira de candeia nativa para as fábricas de óleo e entrevistas com os gerentes das empresas produtoras de óleo de candeia que compram madeira oriunda de candeais situados em Minas Gerais.

2.4 Análise econômica

Para analisar a viabilidade econômica da produção de madeira de candeia em plantios e determinar a rotação econômica, utilizou-se o critério do Valor Anual Equivalente (VAE) ou Benefício (Custo) Periódico Equivalente (B(C)PE). Segundo Rezende e Oliveira (2008), o VAE é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao Valor Presente Líquido (VPL) da opção de investimento em análise, ao longo de sua vida útil. A relevância da aplicação desse critério encontra-se na seleção de projetos que apresentam horizontes de planejamento diferentes, visto que os valores

equivalentes obtidos por período corrigem, implicitamente, as diferenças de horizonte.

A fórmula para cálculo do VAE é dada pela equação 1:

$$VAE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1)$$

em que

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^j - C_j (1+i)^j \sum_{j=0}^n \quad (2)$$

C_j = custo ao final do ano j ;

R_j = receita ao final do ano j ;

i = taxa de juros ou de desconto;

n = idade do plantio, em anos.

Determinou-se o VAE para os quatro tratamentos, nas idades de 7 a 15 anos. A rotação econômica foi definida como sendo a idade em que se obteve o maior VAE, para a taxa de juros de 6% a.a.

2.5 Análise de sensibilidade

As estimativas dos custos e das receitas do projeto geraram o VAE para as diversas idades de corte da candeia. Esse VAE é considerado o valor mais provável de ocorrer para esse indicador econômico, ou seja, o VAE esperado. Contudo, embora as estimativas dos custos e das receitas tenham sido determinadas com cuidado, é importante questionar os resultados obtidos para o

VAE. Neste estudo, isso foi feito por meio da análise de sensibilidade em que se quantifica o impacto no VAE esperado provocado pela variabilidade de uma variável por vez, mantendo inalteradas as demais. Para isso, foram considerados três cenários (pessimista, mais provável e otimista) para as variáveis apresentadas na Tabela 2. Por meio da comparação dos efeitos sobre o VAE esperado das diversas variáveis, identificaram-se os impactos favoráveis e desfavoráveis sobre esse indicador econômico, para as diversas idades de corte da candeia.

Segundo Souza e Clemente (1995), a ideia básica, ao se utilizar a análise de sensibilidade, é a de verificar quão sensível é a variação do VPL à variação de um dos componentes do fluxo de caixa. Os parâmetros que, proporcionalmente, provocarem maior variação no VPL serão classificados como sensíveis ou críticos. Esses parâmetros deveriam merecer investigações adicionais para melhorar sua estimativa e, por consequência, melhorar também as informações relevantes para a tomada de decisão.

Tabela 2 Variáveis utilizadas na análise de sensibilidade e os respectivos intervalos de variação para os três cenários considerados

Variável	Cenários		
	Pessimista	Mais provável	Otimista
- Taxa de juros (%)	8%	6%	4%
- Custo de colheita (R\$/mst)	30,18	25,18	20,18
- Preço da muda (R\$/unidade)	0,60	0,50	0,40
- Preço da terra (R\$/ha)	3.000,00	2.500,00	2.000,00
- Preço de venda da madeira (R\$/mst)	115,00	130,00	145,00
- Variação do volume de madeira em relação ao obtido por Silva (2009) (%)	-10%	0%	+10%

Além de se analisar o efeito individual de cada uma das variáveis mostradas na Tabela 2 sobre o VAE obtido para as diversas idades de corte da candeia, estudou-se também o efeito conjunto dessas variáveis sobre o VAE obtido para cada um dos tratamentos, porém, apenas para a idade ótima de corte

ou rotação econômica. Assim, para cada tratamento, obtiveram-se 729 VAEs, que é o número de combinações possíveis, resultante da elevação do número três, que corresponde aos três cenários considerados, ao número de variáveis utilizadas que, nesse caso, foram seis. Além disso, foi realizada a análise estatística da série dos 729 valores de VAE obtidos para cada tratamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão mostrados os resultados encontrados neste trabalho e as discussões acerca do assunto.

3.1 Descrição dos custos e receitas

Os custos de implantação e manutenção de candeia para os quatro tratamentos estão na Tabela 3.

Tabela 3 Custos das atividades de implantação e manutenção de candeia para os quatro tratamentos estudados

Itens de custo	Ano de ocorrência	Valor do custo (R\$/ha)			
		T1	T2	T3	T4
1. Implantação					
Preparo do solo (sulcagem)	0	200,00	200,00	200,00	200,00
Mão-de-obra de plantio	0	559,92	420,00	336,00	279,96
Adubação de plantio		319,57	239,72	191,77	159,79
Adubação de cobertura	0	260,36	195,30	156,24	130,18
Mudas	0	2.333,00	1.750,00	1.400,00	1.166,50
Combate às formigas	0	17,00	17,00	17,00	17,00
2. Manutenção					
Capina e roçada (manual)	1	210,00	210,00	210,00	210,00
Capina e roçada (manual)	2 a 4	90,00	90,00	90,00	90,00
Combate às formigas	1 a 4	13,50	13,50	13,50	13,50
Custo da terra	1 a n	150,00	150,00	150,00	150,00

O custo de colheita por hectare varia de acordo com o volume de madeira obtido em cada idade e espaçamento, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 Custos de colheita para os tratamentos nas diversas idades

Idade	Valor do custo (R\$/ha)			
	T1	T2	T3	T4
7	1.309,64	1.363,70	1.184,81	1.245,56
8	1.495,87	1.558,61	1.353,69	1.423,11
9	1.682,10	1.752,19	1.522,57	1.600,67
10	1.868,33	1.946,43	1.691,45	1.778,22
11	2.054,57	2.140,67	1.859,66	1.955,11
12	2.240,80	2.334,25	2.027,87	2.132,66
13	2.427,03	2.527,82	2.196,08	2.309,55
14	2.612,60	2.721,40	2.364,29	2.486,44
15	2.798,16	2.914,97	2.532,50	2.663,33

Os dados da Tabela 5 demonstram que, no tratamento 1, em que o plantio foi feito no espaçamento 1,5 x 1,5 m, o custo com mudas teve a maior participação percentual em relação ao custo total, com 39,7% e 31,2%, quando o corte é realizado aos 7 e aos 15 anos, respectivamente. À medida que o espaçamento aumenta, cai a participação desse custo, em decorrência da diminuição do número de mudas utilizadas no plantio.

A idade em que se realiza o corte da candeia também altera a participação percentual dos diversos itens de custo em decorrência de haver um volume maior de madeira a ser colhido em povoamentos mais velhos. Assim, por exemplo, no tratamento 4, o custo de colheita representa 20,2% do total dos custos, quando o corte é aos 7 anos e 31,3%, quando é aos 15 anos.

O custo da terra também teve participação significativa no custo total. Em alguns casos, como no tratamento 4, quando o corte da candeia é realizado aos 15 anos, ele representa 25,8% do custo total e situa-se em segundo lugar entre os diversos itens de custo.

Tabela 5 Participação percentual de cada item de custo em relação ao custo total, nas idades de corte de 7 e 15 anos, para os quatro tratamentos

Itens de custo	Ano	Participação percentual (%)							
		T1		T2		T3		T4	
		7 anos	15 anos	7 anos	15 anos	7 anos	15 anos	7 anos	15 anos
1. Implantação									
Preparo do solo	0	3,4	2,7	4,0	3,0	4,5	3,4	4,9	3,5
Mão de obra de plantio	0	9,5	7,5	8,3	6,3	7,6	5,7	6,8	5,0
Adubação de plantio	0	5,4	4,3	4,8	3,6	4,4	3,2	3,9	2,8
Adubação de cobertura	0	4,4	3,5	3,9	2,9	3,6	2,6	3,2	2,3
Mudas	0	39,7	31,2	34,7	26,2	31,8	23,7	28,5	20,6
Combate às formigas	0	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
2. Manutenção									
Capina e roçada (manual)	1	3,4	2,6	3,9	3,0	4,5	3,3	4,8	3,5
Capina e roçada (manual)	2 a 4	3,9	3,0	4,5	3,4	5,2	3,8	5,5	4,0
Combate às formigas	1 a 4	0,8	0,6	0,9	0,7	1,1	0,8	1,1	0,8
Custo da terra	1 a n	14,3	19,5	16,6	21,8	19,0	24,6	20,5	25,8
3. Colheita									
	Ano de corte	14,8	24,9	18,0	29,0	17,9	28,5	20,2	31,3

3.2 Determinação da rotação econômica

Pela análise dos dados da Tabela 6 percebe-se que o tratamento 1 não foi viável economicamente, em nenhuma das idades de corte analisadas. Os altos custos de quase todas as operações de implantação desse tratamento, comparativamente aos dos demais tratamentos (Tabela 1), explicam os VAEs negativos para o mesmo.

Acerbi Júnior et al. (2002), analisando a viabilidade econômica de regimes de manejo em *Pinus taeda* L., observaram que, mesmo havendo aumento nos custos devido à redução do espaçamento (mudas, adubos, etc.), proporcionalmente, o volume aumenta em maior intensidade compensando o investimento. Jones, Grado e Demarais (2010) também observaram que altos custos de implantação em tratamentos intensivos de Pinus foram atenuados por taxas de crescimento superiores, produzindo maior volume da classe do produto mais valioso, que é o de madeira para serraria.

Contudo, neste estudo, isso não ocorreu, ou seja, o volume de madeira de candeia produzido em T1 foi pouco maior que em T3 e T4, mas menor que em T2 (Tabela 1). Esse pequeno ganho volumétrico de T1 em relação a T3 e T4 não foi suficiente para compensar a elevação dos custos proporcionada pela redução do espaçamento, fazendo com que T1 se tornasse inviável economicamente.

No tratamento 1, à medida que a idade aumenta, o aumento no VAE é menor do que na idade anterior, sugerindo que, aos 15 anos, ou após essa idade, vai haver um ponto de inflexão, ou seja, o VAE vai atingir um valor máximo e vai começar a descer. Pela tendência dos dados, a idade de máximo VAE e, portanto, a rotação econômica, deve ser aos 15 ou aos 16 anos.

Os tratamentos 2 e 3 tiveram VAEs negativos nas idades menores, mas mostraram-se viáveis economicamente a partir de 9 e 10 anos, respectivamente. A rotação econômica dos mesmos deu-se aos 13 anos de idade.

A combinação entre baixos custos de implantação e produtividade volumétrica relativamente alta fez com que o espaçamento mais amplo (1,5 x 3,0m) fosse economicamente superior aos demais. Com isso, supõe-se que espaçamentos maiores que 1,5x 3,0 m ainda possam apresentar melhores lucratividades, sendo necessária a realização de novos estudos para detectar o limite máximo que o espaçamento da candeia deve atingir. A resposta do plantio de candeia a diferentes níveis de adubação também deve ser analisada, já que a produtividade volumétrica é importante para que o plantio de candeia seja viável economicamente.

Tabela 6 VAE para os diversos tratamentos e idades de corte

ANO	VAE (R\$/ha)			
	T1	T2	T3	T4
7	-240,21	-57,69	-53,87	38,78
8	-185,41	-19,03	-22,09	63,34
9	-147,07	6,14	-1,18	78,46
10	-120,11	22,69	12,23	87,10
11	-101,31	32,89	20,11	90,96
12	-88,52	38,26	24,13	91,68
13	-80,26	40,19	25,26	89,76
14	-75,59	39,52	24,20	86,01
15	-73,59	36,84	21,47	80,87

3.3 Análises de sensibilidade

Nesta seção são apresentados os efeitos das variáveis analisadas na rotação econômica do plantio em estudo.

3.3.1 Efeito do preço da madeira

No Gráfico 1 está representada a sensibilidade do VAE a alterações no preço da madeira, para as diversas idades de corte e tratamentos. O preço de R\$130,00 (cenário mais provável) está representado pelos quadrados. O preço de R\$145,00 (cenário otimista) está representado nas extremidades superiores das linhas, acima dos quadrados, e o preço de R\$115,00 (cenário pessimista) está representado nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos quadrados.

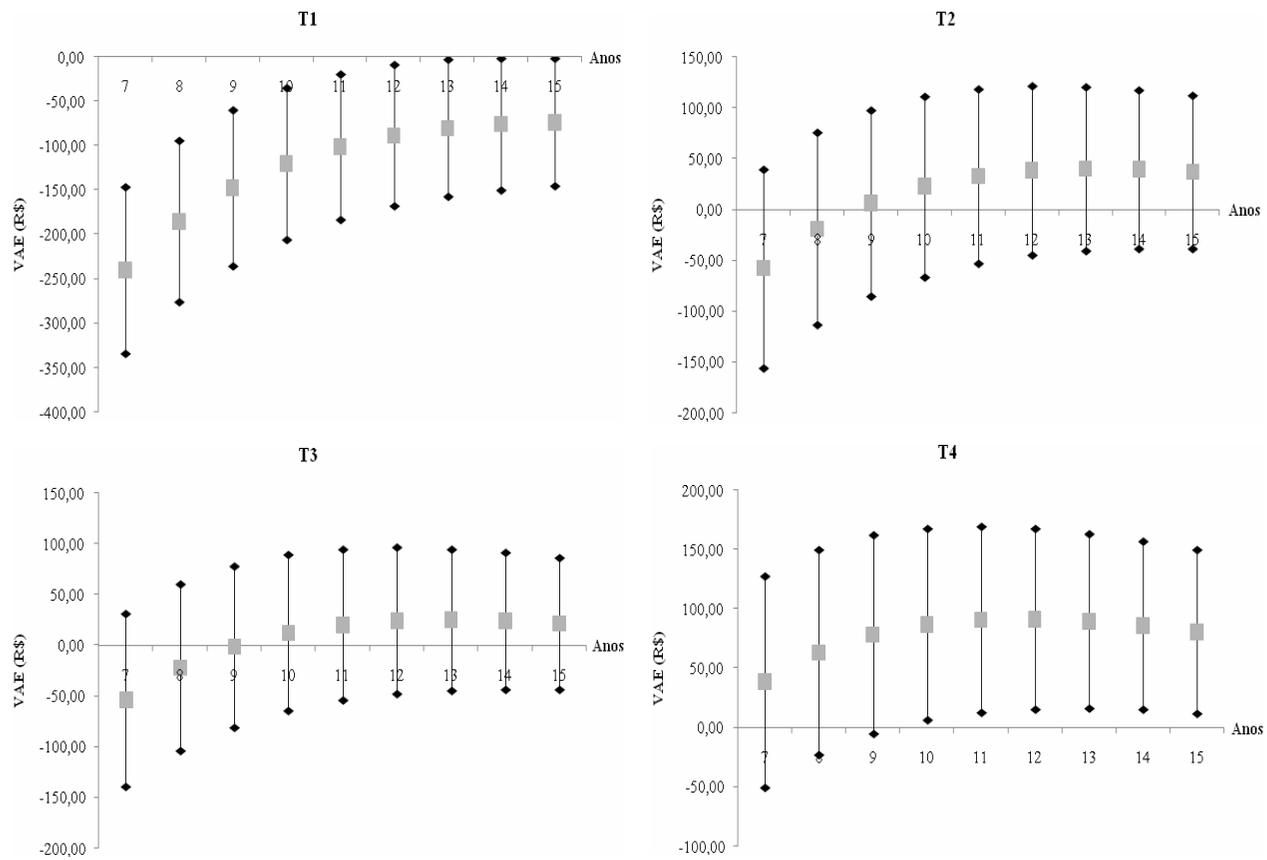


Gráfico 1 Análise de sensibilidade do VAE(R\$) às variações do preço da madeira, ao longo dos anos, para os diferentes tratamentos

O tratamento 1 não é viável economicamente em nenhuma idade e nível de preço analisado. No cenário otimista, os outros tratamentos mostraram-se viáveis economicamente em todas as idades

Independente do tratamento, aumentos no preço da madeira tendem a reduzir a rotação econômica. No tratamento 1, a rotação econômica ocorre aos 15 anos nos cenários pessimista e mais provável e aos 14 anos no cenário otimista. Nos tratamentos 2 e 3, a rotação ocorre aos 14, 13 e 12 anos nos cenários pessimista, mais provável e otimista, respectivamente, enquanto no tratamento 4 ela se verifica aos 13, 12 e 11 nesses cenários.

Lopes (1990) demonstrou, matematicamente, os efeitos de diversas variáveis do fluxo de caixa na rotação econômica de eucalipto. O autor verificou que variações proporcionais no preço da madeira de eucalipto implicaram em variações diretamente proporcionais nas idades ótimas de corte, para taxas de juros inferiores às taxas de crescimento da floresta. Para taxa de juros superiores às taxas de crescimento da floresta, as variações, sobre a idade ótima de corte, foram inversamente proporcionais e, quando essas taxas se igualaram, não houve influências nas idades ótimas de corte.

Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997) justificam esse comportamento inverso entre a rotação econômica e o preço da madeira em plantios de Eucalipto. Segundo os autores, o aumento do preço da madeira torna a atividade mais atraente, fazendo com que a redução da idade de corte permita uma aceleração dos ciclos e a possibilidade de períodos de reinvestimento mais curtos.

Orois e Chang (2004) analisaram o efeito da redução no preço da madeira oriunda de povoamentos mistos de *Pinus pinaster* Ait., sob diferentes ciclos de corte (3, 4, 5, 6 e 7 anos) e taxas de juros (1%, 4% e 7%). Observaram que, com a diminuição de 20% no preço da madeira, a queda no Valor Esperado da Terra (VET) foi ligeiramente menor do que 20%.

Dube et al. (2002) utilizaram a análise de sensibilidade em um sistema agroflorestal para verificar o efeito do preço dos produtos na viabilidade econômica. A queda de 20% no preço de qualquer um dos produtos não inviabilizou o projeto. Porém, se essa queda de 20% ocorresse simultaneamente no preço de todos os produtos, o sistema agroflorestal se tornaria inviável.

Tsukamoto Filho et al. (2003) verificaram que, para teca, as reduções nas receitas, com a queda do preço da madeira, não podem ser de 25%, mantidos outros fatores da análise, sob pena de inviabilizar o plantio.

Oliveira et al. (2008) observaram que 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 desse produto, são alternativas que podem viabilizar o plantio em áreas pouco produtivas e aumentar o lucro dos plantios das áreas mais produtivas.

3.3.2 Efeito da taxa de juros

No Gráfico 2 está representada a sensibilidade do VAE a alterações na taxa de juros, para as diversas idades de corte e tratamentos. A taxa de 6% a.a (cenário mais provável) está representada pelos quadrados. A taxa de 4% a.a. (cenário otimista) está representado nas extremidades superiores das linhas, acima dos quadrados, e a taxa de 8% a.a. (cenário pessimista) está representada nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos quadrados.

Como esperado, reduções na taxa de juros melhoram a lucratividade dos tratamentos em todas as idades de corte analisadas. Para a taxa de 4% a.a., até o pior tratamento (T1) apresenta-se como viável economicamente, se a idade de corte for igual ou superior a 9 anos.

Diversos autores também verificaram esse efeito da taxa de juros sobre a lucratividade de projetos florestais. Por exemplo, Oliveira et al. (2008) verificaram que à medida que a taxa de desconto aumenta, o risco do empreendimento também é maior e o VPL cresce em termos negativos, ou seja, o prejuízo aumenta. Soares et al. (2003b) realizaram a avaliação econômica da utilização de multiprodutos em um povoamento de *Eucalyptus grandis* e notaram que, a uma taxa de desconto de 12% a.a., todos os projetos foram inviáveis economicamente. Os autores comentam que a sensibilidade às variações na taxa real de desconto usada era esperada, pois altas taxas de desconto tendem a inviabilizar investimentos a longo prazo, devido ao longo tempo de conversão do investimento, como é o caso de investimentos no setor florestal. Assim, ficou sugerido o uso de taxas inferiores àquelas usadas por outros setores da economia, a fim de viabilizar economicamente os projetos.

Oliveira, Scolforo e Silveira (2000), estudando um sistema agroflorestal com eucalipto, verificaram que, se a taxa cair de 10% para 8%, o lucro aumenta em 168% (passa de US\$ 79.74 para US\$ 213.69). Por outro lado, taxas superiores a 11,45% ao ano resultam em prejuízo. Tsukamoto Filho et al. (2003), trabalhando com teça, observaram que o VAE foi positivo até uma taxa de desconto de 15%.

Taxas de juros mais elevadas tendem a encurtar a rotação econômica. Por exemplo, no tratamento 4, a idade ótima de corte passa de 14 anos quando a taxa de juros é de 4% a.a. e para 10 anos quando ela é de 8% a.a..

Lopes (1990) demonstrou matematicamente que variações proporcionais na taxa de desconto implicam em variações inversamente proporcionais nas idades ótimas de corte de povoamentos de eucalipto.

Diversos autores encontraram resultados semelhantes ao de Lopes (1990) como, por exemplo, Ângelo et al. (2009), Hoffmann e Berger (1973), Oirois e Chang (2004) e Penttinen (2006).

Segundo Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997), isso ocorre porque 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 econômica.

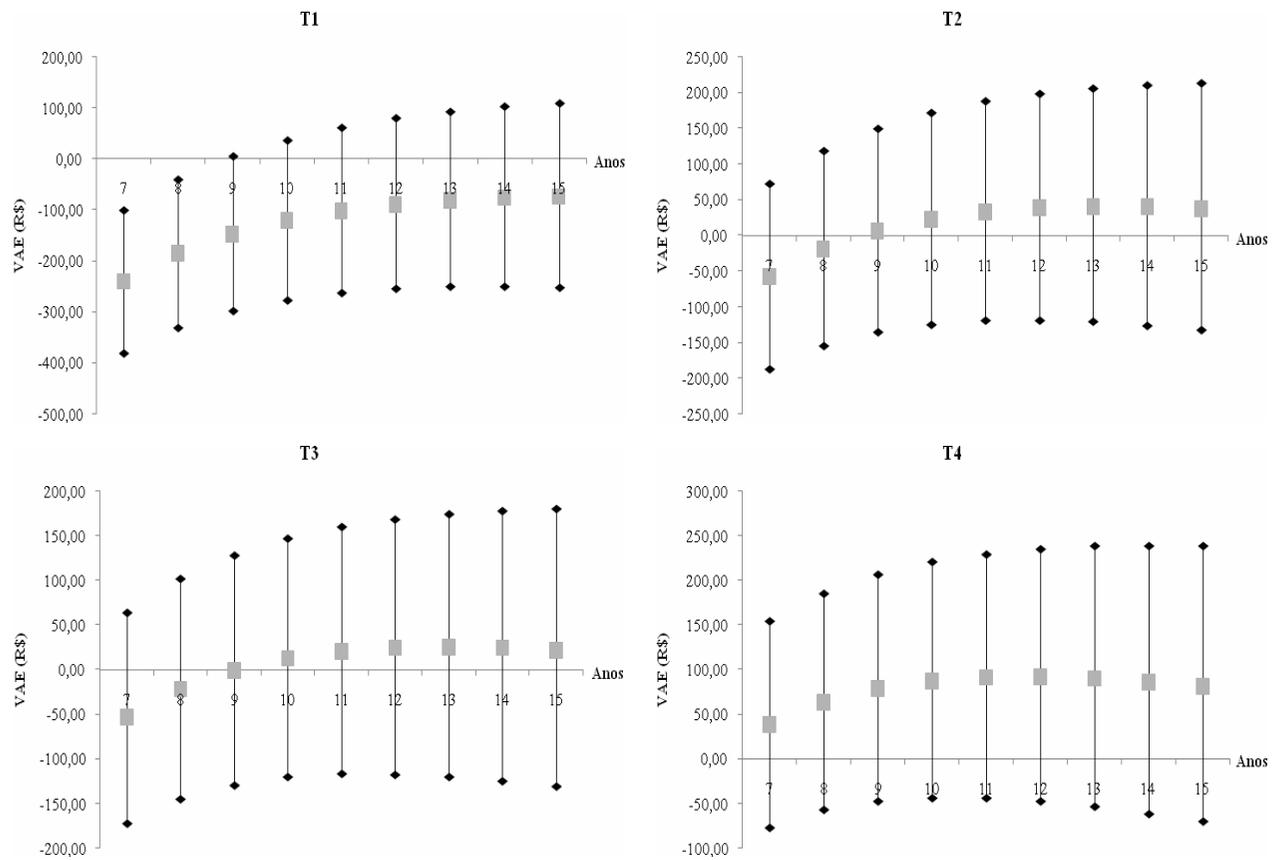


Gráfico 2 Análise de sensibilidade do VAE(R\$) às variações de taxas de juros, ao longo dos anos, para os diferentes tratamentos

3.3.3 Efeito da produtividade volumétrica

No Gráfico 3 está representada a sensibilidade do VAE a alterações na produtividade volumétrica, para as diversas idades de corte e tratamentos. A produtividade do cenário mais provável foi obtida do trabalho de Silva (2009) e está representada pelos quadrados. A produtividade volumétrica do cenário otimista é 10% maior do que a do cenário mais provável e está representada nas extremidades superiores das linhas, acima dos quadrados. E a produtividade volumétrica do cenário pessimista é 10% menor do que a do cenário mais provável e está representada nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos quadrados.

O tratamento 1 não é viável economicamente em nenhuma idade e nível de produtividade volumétrica analisado. Os outros tratamentos mostraram-se viáveis economicamente em todas as idades, desde que a produtividade volumétrica seja 10% maior do que a do cenário mais provável. O tratamento 4 destaca-se dos demais por apresentar-se viável em quase todos os cenários, exceto no cenário pessimista, mas apenas para a idade de 7 anos.

Oliveira, Scolforo e Silveira (2000) analisaram o efeito da produtividade da madeira sobre a viabilidade econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto e concluíram que produtividade do eucalipto precisaria ser de, pelo menos, 20,86 st/ha.ano para que o sistema fosse viável economicamente.

Aumentos na produtividade volumétrica tendem a encurtar a rotação econômica. Por exemplo, no tratamento 3, a rotação ocorre aos 14, 13 e 12 anos nos cenários pessimista, mais provável e otimista, respectivamente.

Lopes (1990) provou matematicamente essa tendência inversa entre a produtividade e a idade de corte para povoamentos de eucalipto. Mola-Yudego e Aronsson (2008) verificaram o mesmo para povoamentos de Salgueiro e alegam que bons níveis de crescimento inicial podem incentivar os produtores a

reduzirem o ciclo de corte, enquanto baixas produtividades contribuem para a prorrogação, a fim de maximizar a lucratividade.

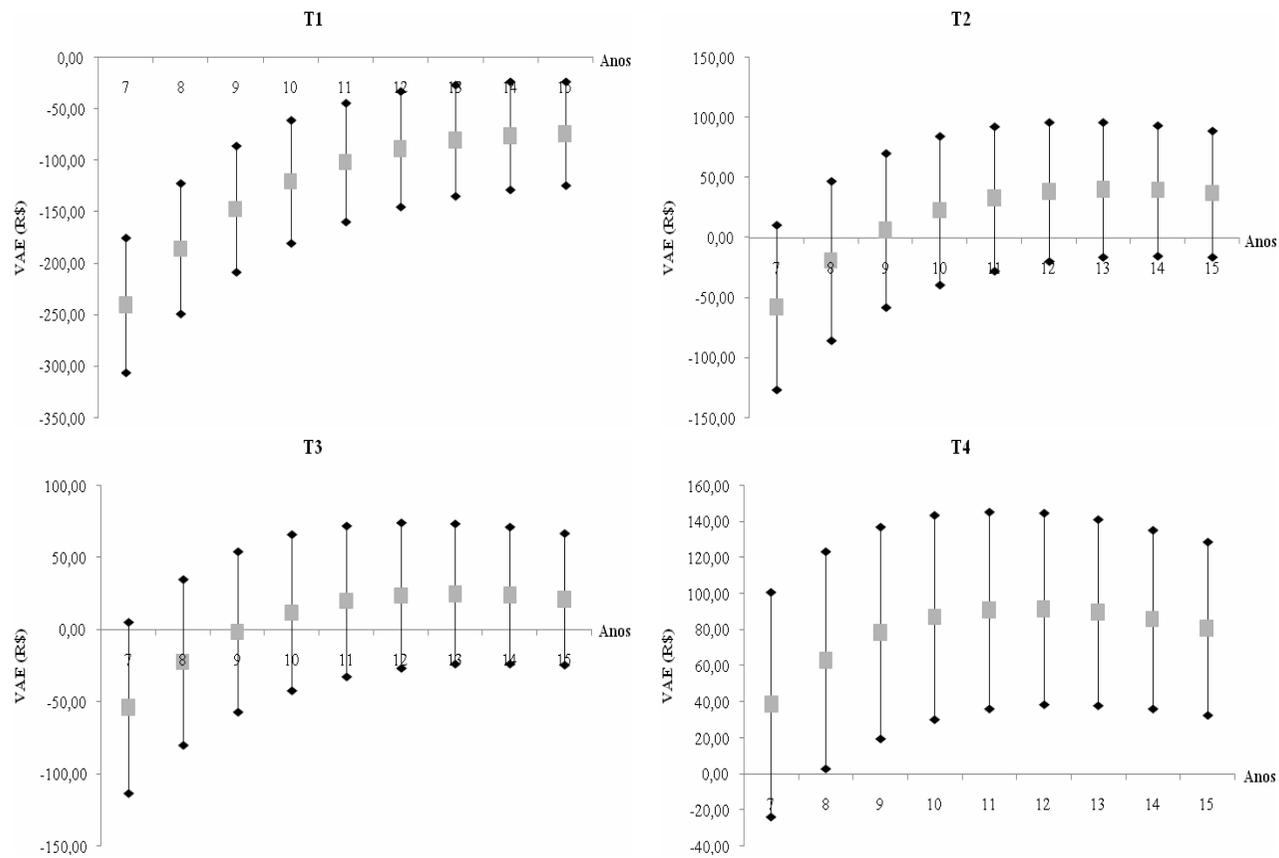


Gráfico 3 Análise de sensibilidade do VAE(R\$) às variações de produtividade em volume de madeira, ao longo dos anos, para os diferentes tratamentos

3.3.4 Efeito do custo de colheita

No Gráfico 4 observa-se a sensibilidade do VAE a alterações no custo de colheita, para as diversas idades de corte e tratamentos. O custo de R\$25,18/mst (cenário mais provável) está representado pelos quadrados. O custo de R\$20,18/mst (cenário otimista) está representado nas extremidades superiores das linhas, acima dos quadrados, e o custo de R\$30,18/mst (cenário pessimista) está representado nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos quadrados.

O tratamento 1 não é viável economicamente em nenhuma idade e nível de custo de colheita analisado. Os tratamentos 2 e 3 mostraram-se viáveis economicamente a partir do ano 8 e quando foi considerado o custo de colheita igual a R\$20,18/mst. O tratamento 4 é viável economicamente em todas as idades e níveis de custo analisados.

Nos tratamentos 1 e 3 a rotação econômica não se alterou com a mudança no custo de colheita, mas, nos tratamentos 2 e 4, constatou-se haver tendência de redução da idade com a queda desse custo. Por exemplo, no tratamento 2, a idade ótima de corte passou de 14 anos para 13 anos, quando o custo caiu de R\$30,18/mst para R\$25,18/mst e no tratamento 4 ela passou de 12 para 11 anos quando o custo diminuiu de R\$25,18 para R\$20,18.

O comportamento da rotação florestal em relação ao valor do custo de exploração foi analisado matematicamente por Lopes (1990). Constatou-se que variações proporcionais no custo de exploração implicaram em variações diretamente proporcionais na idade ótima de corte do povoamento florestal, quando a taxa de juros superou a taxa de crescimento da floresta. Para taxas de juros inferiores à taxa de crescimento de floresta, as variações, sobre a idade ótima de corte, foram inversamente proporcionais e, quando estas taxas se igualaram, não houve influência na idade ótima de corte.

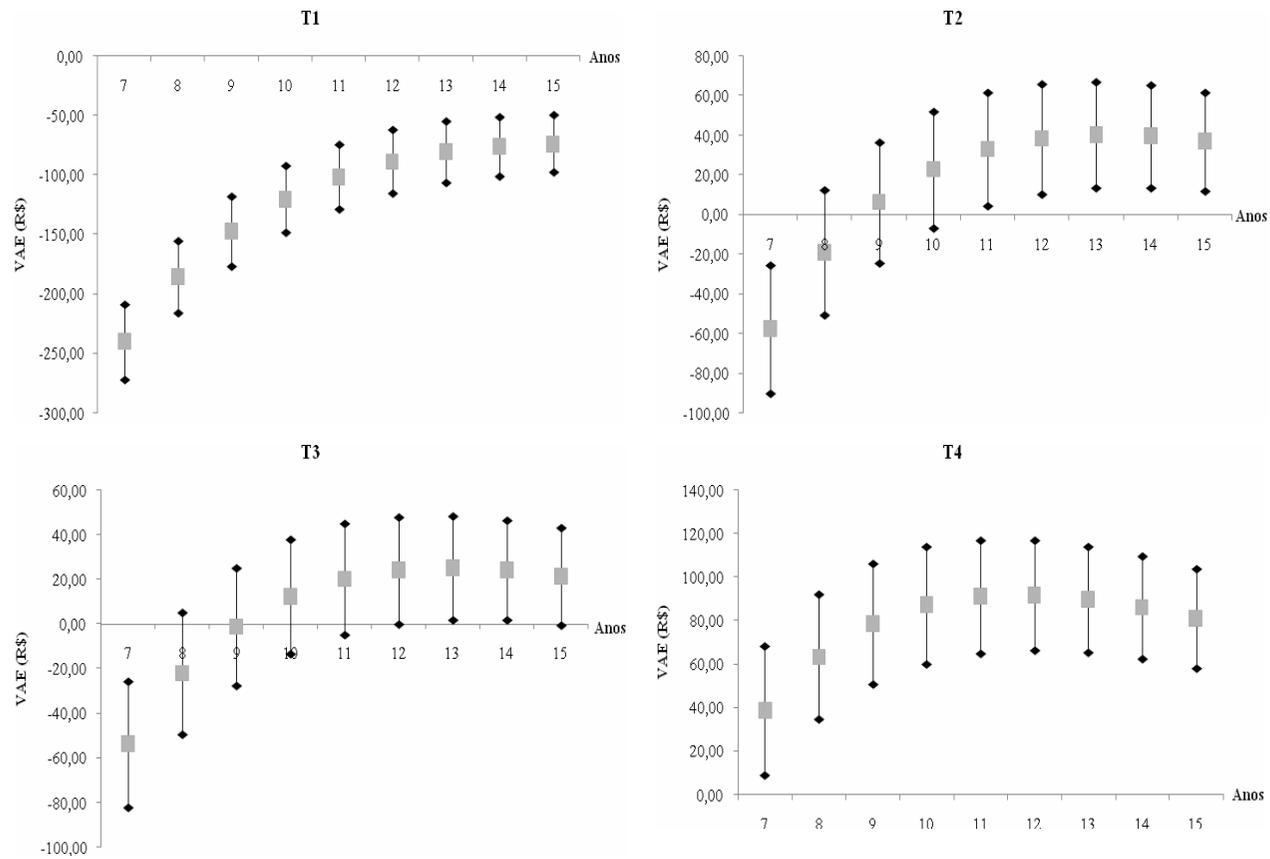


Gráfico 4 Análise de sensibilidade do VAE(R\$) às variações de custos de colheita, ao longo dos anos, para os diferentes tratamentos

3.3.5 Efeito do preço das mudas

O Gráfico 5 representa a sensibilidade do VAE a alterações no preço da muda de candeia, para as diversas idades de corte e tratamentos. O preço de R\$0,50 (cenário mais provável) está representado pelos quadrados. O preço de R\$0,40 (cenário otimista) está representado nas extremidades superiores das linhas, acima dos quadrados, e o preço de R\$0,60 (cenário pessimista) está representado nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos quadrados.

O tratamento 2 mostrou-se viável economicamente em todas as idades, desde que o preço da muda seja de R\$0,40. O tratamento 3 é viável economicamente a partir do ano 8 e quando o preço da muda for de R\$0,40. Já o tratamento 4 mostrou-se viável economicamente em todas as idades e preços de muda, exceto para a idade de 7 anos em que o VAE é negativo quando o preço da muda é de R\$0,60.

Independente do tratamento, aumentos no preço da muda tendem a aumentar a rotação econômica. No tratamento 1 a rotação econômica ocorre aos 15 anos nos cenários pessimista e mais provável e aos 14 anos no cenário otimista. Nos tratamentos 2 e 3, a rotação ocorre aos 14, 13 e 12 anos nos cenários pessimista, mais provável e otimista, respectivamente. No tratamento 4 a rotação econômica é de 12 anos nos cenários pessimista e mais provável e aos 11 anos no cenário otimista.

Rodriguez, Bueno e Rodrigues (1997) observaram que, para eucalipto, mantidas as demais variáveis constantes, aumentos no custo de implantação resultam em rotações econômicas mais longas. Segundo os autores, isto acontece porque, à medida que o valor do investimento inicial aumenta, é financeiramente mais interessante prolongar a rotação para que um maior volume futuro compense os investimentos iniciais maiores.

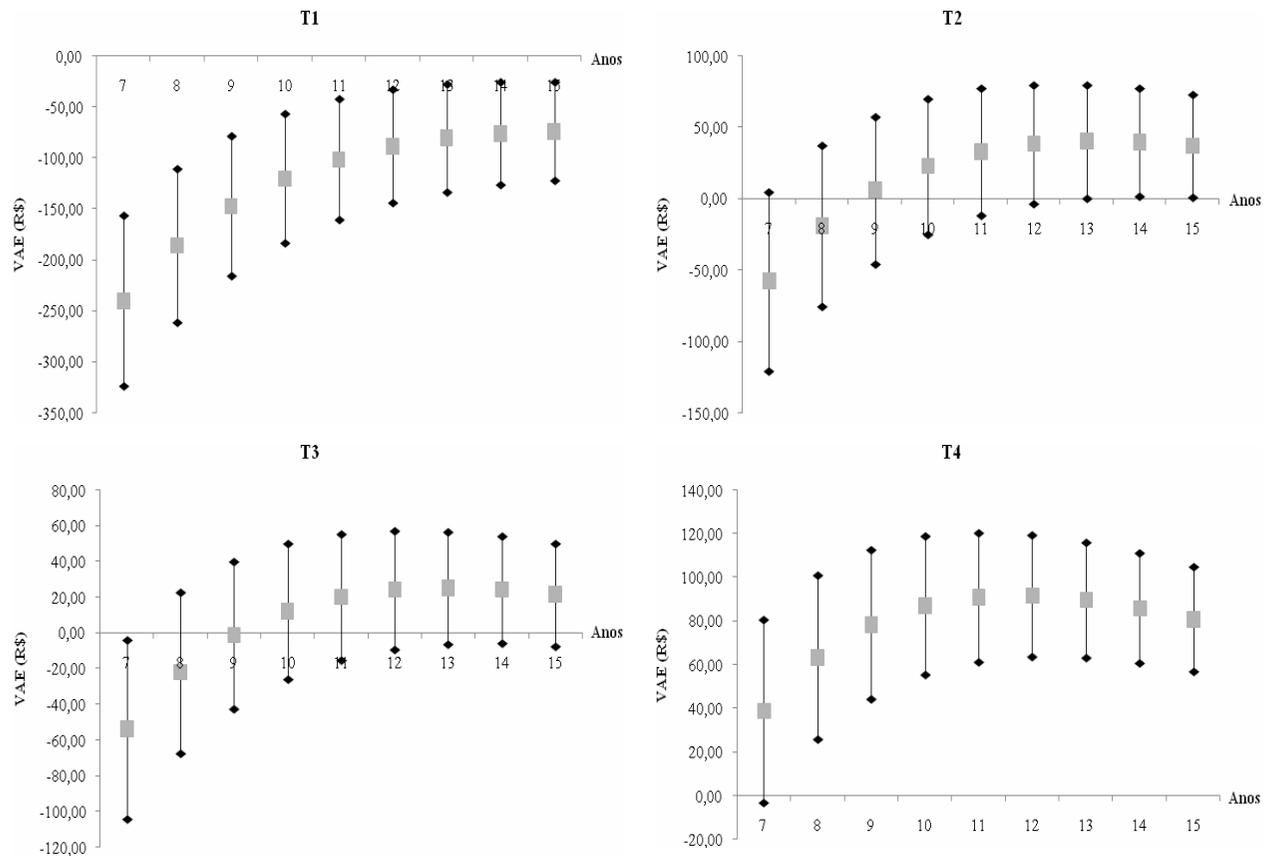


Gráfico 5 Análise de sensibilidade do VAE(R\$) às variações no preço da muda, ao longo dos anos, para os diferentes tratamentos

3.3.6 Efeito do custo da terra

No Gráfico 6 está representada a sensibilidade do VAE a alterações no preço da terra, para as diversas idades de corte e tratamentos. O preço de R\$2.500,00 (cenário mais provável) está representado pelos quadrados. O preço de R\$2.000,00 (cenário otimista) está representado nas extremidades superiores das linhas, acima dos quadrados e o preço de R\$3.000,00 (cenário pessimista) está representado nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos quadrados.

O tratamento 1 não é viável economicamente em nenhuma idade e nível de custo analisado. Já o tratamento 4 é viável economicamente nos três cenários. Os tratamentos 2 e 3 mostraram-se viáveis economicamente a partir do ano 8 e quando foi considerado o preço da terra igual a R\$2.000,00.

Oliveira et al. (1998) avaliaram o efeito do preço da terra na viabilidade econômica da produção de madeira em solos sob vegetação de cerrado na condição de florestas naturais, florestas plantadas de eucalipto em monocultivo e em faixa com a vegetação natural de cerrado. Os resultados mostraram que aumentos no custo da terra afetaram bastante o Valor Presente Líquido (VPL) de alguns tratamentos. Enquanto o VPL do tratamento eucalipto plantado em monocultivo aumenta, em termos negativos, apenas 17%, quando o valor da terra passa de US\$223.21/ha para US\$446.42/ha, o VPL do cerrado puro aumenta cerca de 163%, nestas mesmas condições.

Soares et al. (2003b) realizaram a avaliação econômica da utilização de multiprodutos em um povoamento de *Eucalyptus grandis* e analisaram o efeito do preço da terra com variações entre $\pm 10\%$ e $\pm 20\%$. Os autores observaram que aumentos no preço da terra implicaram em decréscimos no valor do VPL.

Na análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto, Oliveira, Scolforo e Silveira (2000) observaram que o preço da terra pode atingir

US\$200.90/ha que o sistema não se inviabiliza economicamente. Acima desse valor, o VPL torna-se negativo e o sistema dá prejuízo.

A rotação econômica dos diversos tratamentos não foi alterada por mudanças no preço da terra.

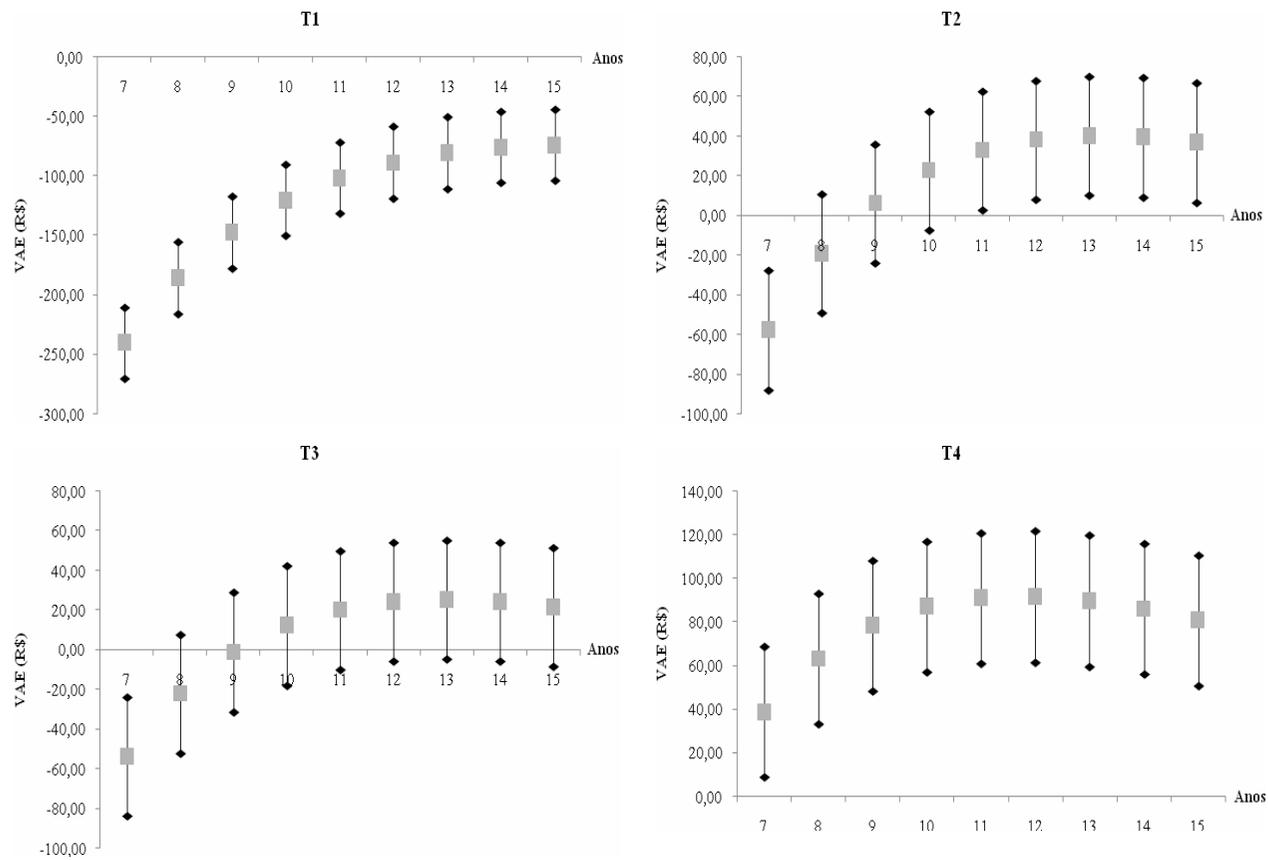


Gráfico 6 Análise de sensibilidade do VAE(R\$) às variações do preço da terra, ao longo dos anos, para os diferentes tratamentos

3.3.7 Combinação dos três cenários

Os 729 VAEs que indicam o efeito conjunto de alteração nas seis variáveis, para os três cenários analisados, são apresentados na Tabela 1A, Apêndice, para o tratamento 4, na idade ótima de corte ou rotação econômica de 12 anos. As estatísticas descritivas das distribuições dos tratamentos estão representadas na Tabela 7.

A maior amplitude e o maior desvio padrão dos dados foram os do tratamento 1, com valores iguais a R\$817,80 e R\$172,78, respectivamente. Nos tratamentos 1, 3 e 4 a distribuição do VAE é praticamente simétrica, com valores esperados bem próximos dos valores do cenário mais provável. Já no tratamento 2 o valor do cenário mais provável foi igual a R\$40,19, enquanto o valor esperado foi de R\$68,74, mostrando que os VAEs apresentam-se um pouco mais concentrados do lado esquerdo da distribuição de frequência. Essa concentração pode ser mais bem observada no Gráfico 7, que representa o histograma de frequência dos VAEs para os diferentes tratamentos.

O tratamento 4 foi o que apresentou desvio padrão e coeficiente de variação menores, indicando que esse tratamento é o que tem menor risco de apresentar VAE negativo e, portanto, ser inviável economicamente. Segundo Laponi (2007), o coeficiente de variação é uma medida de risco que permite comparações entre projetos. Essa medida foi utilizada para a comparação de tratamentos com valores médios positivos, por isso seu valor não foi calculado para T1, como mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 Estatísticas descritivas das distribuições dos quatro tratamentos

Tratamento	T1	T2	T3	T4
VAE máximo	R\$354,52	R\$459,44	R\$394,87	R\$465,02
VAE mínimo	R\$-463,28	R\$-250,34	R\$-311,36	R\$-246,52
VAE do cenário mais provável	R\$-73,59	R\$40,19	R\$25,26	R\$91,68
VAE esperado ou médio	R\$-71,33	R\$68,74	R\$27,36	R\$93,29
Desvio padrão do VAE	R\$172,78	R\$159,11	R\$145,20	R\$144,32
Coefficiente de variação do VAE	-	2,31	5,31	1,55

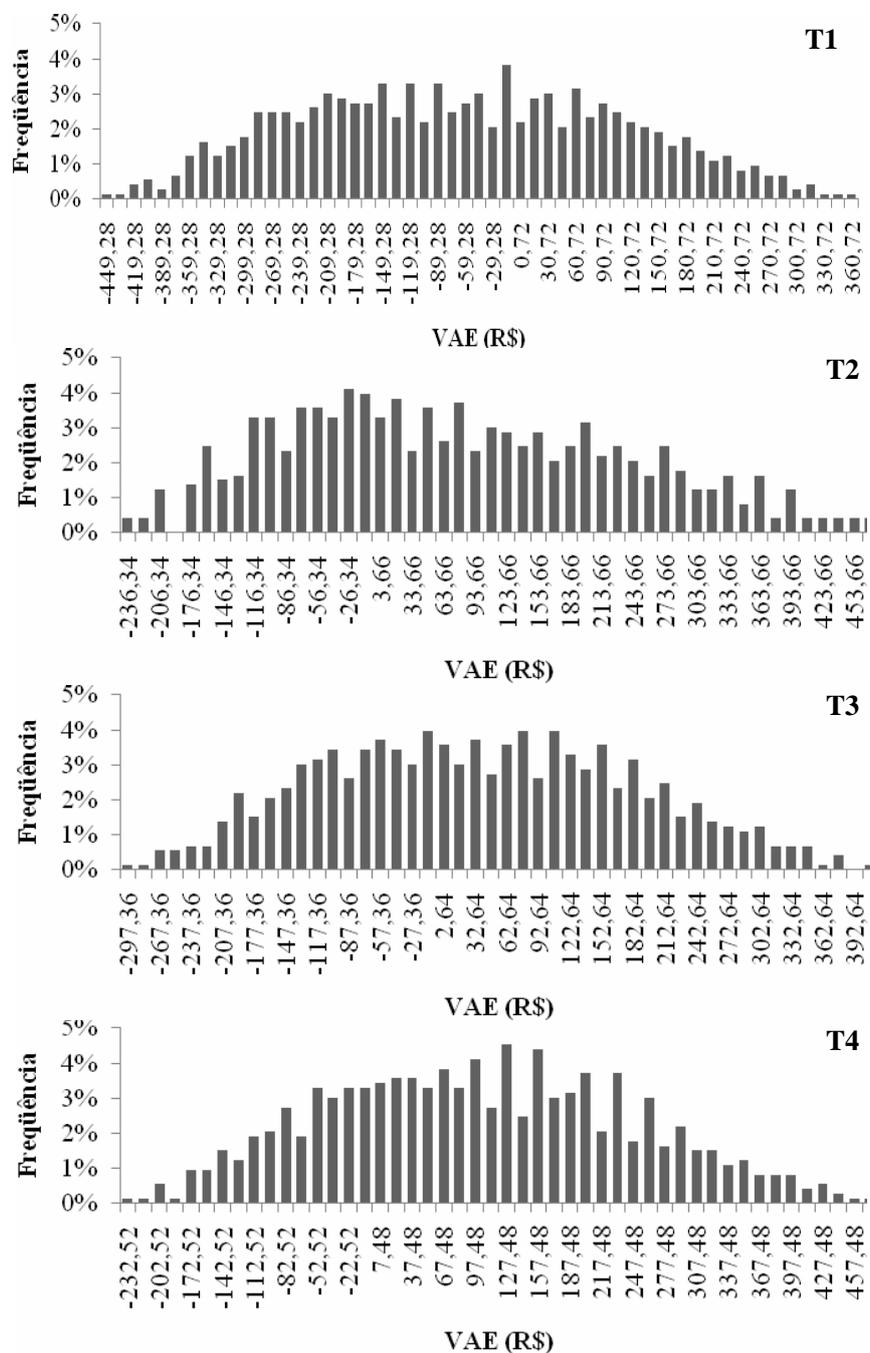


Gráfico 7 Histograma de frequência dos VAEs nos tratamentos

Os dados da Tabela 8 demonstram que o tratamento 4 apresentou o maior número de VAEs positivos, no total de 519, o que corresponde a 71,19% das combinações realizadas. Em seguida, aparecem os tratamentos 2, 3 e 1, com 60,63%, 55,14% e 36,08% de VAEs positivos, respectivamente. Isso comprova, mais uma vez, a superioridade do tratamento 4 em relação aos demais.

Tabela 8 Valores totais, positivos e negativos dos VAEs dos tratamentos

Tratamento	T1		T2		T3		T4	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Total VAEs	729	100	729	100	729	100	729	100
VAE>0	263	36,08	442	60,63	402	55,14	519	71,19
VAE<0	466	63,92	287	39,37	327	44,86	210	28,81

Na Tabela 9 estão representados os cenários pessimista, mais provável e otimista dos tratamentos. Observa-se que, no cenário pessimista, nenhum dos tratamentos foi viável economicamente. Esse cenário caracteriza a seguinte situação: taxa de juros = 8% a.a.; custo de colheita = R\$ 30,00/mst; preço da muda = R\$ 0,60; preço da terra = R\$ 3.000,00/ha; volume de madeira = 76,78 mst/ha; preço da madeira = R\$ 115,00/mst. No cenário mais provável, apenas o tratamento 1 não foi viável economicamente. Já no cenário otimista, todos os tratamentos mostraram-se viáveis economicamente.

Tabela 9 Cenário pessimista, mais provável e otimista dos tratamentos

Tratamento	Pessimista	Mais provável	Otimista
T1	-288,68	-73,59	160,73
T2	-181,96	40,19	283,77
T3	-168,96	25,26	238,08
T4	-110,27	91,68	313,85

- Cenário pessimista: taxa de juros = 8% a.a.

4 CONCLUSÕES

Os custos com a participação mais significativa no custo total foram mudas, colheita e terra.

O plantio de candeia é lucrativo em espaçamentos iguais ou maiores que 1,5 x 2,0 m. Plantios mais adensados do que isso são inviáveis economicamente nas idades analisadas.

Entre os espaçamentos estudados para o plantio de candeia o 1,5 x 3,0 m é o mais lucrativo e o de menor risco.

A rotação econômica para a candeia é de 15 anos no espaçamento 1,5 x 1,5 m; 13 anos nos espaçamentos 1,5 x 2,0m e 1,5 x 2,5 m e de 12 anos no espaçamento 1,5 x 3,0 m.

Variações proporcionais no preço da madeira, produtividade volumétrica e taxa de juros implicaram em variações inversamente proporcionais na rotação econômica dos espaçamentos estudados. Por outro lado, variações proporcionais no preço da muda implicaram em variações diretamente proporcionais na rotação. Variações proporcionais nos custos de colheita também implicaram em variações diretamente proporcionais na rotação econômica dos espaçamentos 1,5 x 3,0 m e 1,5 x 2,0 m, mas não alteraram a idade de corte para os espaçamentos 1,5 x 1,5 m e 1,5 x 2,5 m. Já as mudanças no preço da terra não alteraram a rotação econômica de nenhum espaçamento.

REFERÊNCIAS

- ACERBI JÚNIOR, F. W. et al. Modelo para a prognose do crescimento e da produção e análise econômica de regimes de manejo para *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 699-713, nov./dez. 2002.
- ÂNGELO, H. et al. Aspectos financeiros da produção de teca no estado de Mato Grosso. **Revista Florestal**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 23-32, jan./mar. 2009.
- ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. **Caracterização dos municípios mineiros**. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=estado&diretorio=munmg&arquivo=municipios&municipio=14600##Caracterizacao>>. Acesso em: 18 jan. 2011.
- DUBE, F. et al. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial eucalyptus-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 55, n. 3, p. 73-80, June 2002.
- FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-350, out./dez. 2005.
- GARDINGEN, P. R. van; MCLEISHA, M. J.; PHILLIPS, P. D. Financial and ecological analysis of management options for logged-over Dipterocarp forests in Indonesian Borneo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 183, n. 1/3, p. 1-29, Sept. 2003.
- HOFFMANN, R.; BERGER, R. Determinação da idade ótima de corte de povoamentos de *Eucalyptus*. **Boletim do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 7, p. 49-69, 1973.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carrancas, MG: dados básicos**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=311460>>. Acesso em: 18 jan. 2011.
- JONES, P. D.; GRADO, S. C.; DEMARAIS, S. Financial analysis of intensive pine plantation establishment. **Journal of Forest Economics**, Jena, v. 16, n. 2, p. 101-112, Feb. 2010.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimentos na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 332 p.

LOPES, H. V. S. **Análise econômica dos fatores que afetam a rotação de povoamentos de eucaliptos**. 1990. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

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

MOLA-YUDEGO, B.; ARONSSON, P. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. **Biomass and Bioenergy**, Kindlington, v. 32, n. 5, p. 829-837, Sept. 2008.

OLIVEIRA, A. D. de et al. Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 34-56, jan./mar. 1998.

_____. Avaliação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 82-91, jan./mar. 2008.

_____. Economic analysis of sustainable management of candeia. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 335-345, jul./set. 2010.

OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S.; SILVEIRA, V. P. Análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 1-19, jan. 2000.

OROIS, S. S.; CHANG, S. J. Optimal residual growing stock and cutting cycle in mixed uneven-aged maritime pine stands in Northwestern Spain. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 145-152, Mar. 2004.

PENTTINEN, M. J. Impact of stochastic price and growth processes on optimal rotation age. **European Journal of Forest Research**, New York, v. 125, n. 4, p. 335-343, Oct. 2006.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 386 p.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de; RODRIGUES, C. Efeito dos tributos no custo de produção, na rotação e na reforma de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 70-83, jan./mar. 2005.

RODRIGUES, E. R. et al. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 941-948, set./out. 2007.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucaliptus mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 15-28, jun. 1997.

SCOLFORO, J. R. S.; HOSOKAWA, R. T. Avaliação da rotação econômica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sujeito a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 33-44, jan./mar. 1992.

SILVA, C. P. de C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 132 p. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SIREGAR, U. J. et al. Economic analysis of sengon (*Paraserianthes falcataria*) community forest plantation, a fast growing species in East Java, Indonesia. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 9, n. 7, p. 822-829, Apr. 2007.

SOARES, T. S. et al. Avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 481-486, jul./ago. 2003a.

_____. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 689-694, set./out. 2003b.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 1995. 142 p.

TSUKAMOTO FILHO, A. de A. et al. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 487-494, jul./ago. 2003.

WHITTOCK, S. P. van; GREAVES, B. L. A.; APIOLAZA, L. A. A cash flow model to compare coppice and genetically improved seedling options for *Eucalyptus globulus* pulpwood plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 191, n. 1/3, p. 267-274, Mar. 2004.

YUH-CHING, H. **Contabilidade e finanças para não especialistas**. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2003. 288 p.

APÊNDICE

Tabela 1A Combinação dos três cenários para o tratamento 4, considerando a taxa de juros 6% ao ano

Custo de colheita (R\$/mst)	Preço da muda (R\$/muda)	Preço da terra (R\$/ha)	Volume de madeira (mst)	Preço da madeira (R\$/mst)	VAE (R\$/ha)
20,18	0,50	2.000,00	76,78	145,00	159,60
				115,00	71,11
			85,31	130,00	146,96
				145,00	222,81
			93,84	115,00	119,15
				130,00	202,58
			145,00	286,02	
			115,00	-6,93	
		76,78	130,00	61,34	
			145,00	129,60	
			115,00	41,11	
		85,31	130,00	116,96	
		145,00	192,81		
		115,00	89,15		
	93,84	130,00	172,58		
		145,00	256,02		
		115,00	-36,93		
	76,78	130,00	31,34		
		145,00	99,60		
		115,00	11,11		
	85,31	130,00	86,96		
		145,00	162,81		
		115,00	59,15		
	93,84	130,00	142,58		
	145,00	226,02			
	115,00	-4,76			
	76,78	130,00	63,51		
	145,00	131,77			
	0,60	2.000,00	115,00	43,28	
		85,31	130,00	119,13	
			145,00	194,98	
		93,84	115,00	91,32	

Tabela 1A, continuação

		2.000,00	93,84	130,00	174,76
				145,00	258,19
				115,00	-34,76
			76,78	130,00	33,51
				145,00	101,77
		2.500,00	85,31	115,00	13,28
				130,00	89,13
				145,00	164,98
				115,00	61,32
20,18	0,60		93,84	130,00	144,76
				145,00	228,19
				115,00	-64,76
			76,78	130,00	3,51
				145,00	71,77
		3.000,00	85,31	115,00	-16,72
				130,00	59,13
				145,00	134,98
				115,00	31,32
			93,84	130,00	114,76
				145,00	198,19
				115,00	28,14
			76,78	130,00	96,41
				145,00	164,67
		2.000,00	85,31	115,00	73,65
				130,00	149,50
				145,00	225,35
				115,00	119,16
25,18	0,40		93,84	130,00	202,60
				145,00	286,03
				115,00	-1,86
		2.500,00	76,78	130,00	66,41
				145,00	134,67
			85,31	115,00	43,65

Tabela 1A, continuação

		85,31	130,00	119,50
			145,00	195,35
	2.500,00		115,00	89,16
		93,84	130,00	172,60
			145,00	256,03
			115,00	-31,86
	0,40	76,78	130,00	36,41
			145,00	104,67
			115,00	13,65
	3.000,00	85,31	130,00	89,50
			145,00	165,35
			115,00	59,16
		93,84	130,00	142,60
			145,00	226,03
			115,00	0,31
	25,18	76,78	130,00	68,58
			145,00	136,85
			115,00	45,82
	2.000,00	85,31	130,00	121,68
			145,00	197,53
			115,00	91,34
		93,84	130,00	174,77
			145,00	258,21
	0,50		115,00	-29,69
		76,78	130,00	38,58
			145,00	106,85
			115,00	15,82
	2.500,00	85,31	130,00	91,68
			145,00	167,53
			115,00	61,34
		93,84	130,00	144,77
			145,00	228,21
	3.000,00	76,78	115,00	-59,69

Tabela 1A, continuação

			76,78	130,00	8,58
				145,00	76,85
	0,50	3.000,00	85,31	115,00	-14,18
				130,00	61,68
				145,00	137,53
			93,84	115,00	31,34
				130,00	114,77
				145,00	198,21
			76,78	115,00	-27,51
				130,00	40,75
				145,00	109,02
		2.000,00	85,31	115,00	18,00
				130,00	93,85
				145,00	169,70
			93,84	115,00	63,51
				130,00	146,94
25,18				145,00	230,38
			76,78	115,00	-57,51
				130,00	10,75
				145,00	79,02
	0,60	2.500,00	85,31	115,00	-12,00
				130,00	63,85
				145,00	139,70
			93,84	115,00	33,51
				130,00	116,94
				145,00	200,38
			76,78	115,00	-87,51
				130,00	-19,25
				145,00	49,02
		3.000,00	85,31	115,00	-42,00
				130,00	33,85
				145,00	109,70
			93,84	115,00	3,51

Tabela 1A, continuação

25,18	0,60	3.000,00	93,84	130,00	86,94	
				145,00	170,38	
30,18	0,40	2.000,00	85,31	115,00	5,39	
				130,00	73,65	
				145,00	141,92	
				115,00	48,37	
				130,00	124,22	
				145,00	200,07	
	0,50	2.000,00	76,78	85,31	115,00	91,35
					130,00	174,79
					145,00	258,22
					115,00	-24,61
					130,00	43,65
					145,00	111,92
0,40	2.500,00	76,78	85,31	115,00	18,37	
				130,00	94,22	
				145,00	170,07	
				115,00	61,35	
				130,00	144,79	
				145,00	228,22	
0,50	3.000,00	76,78	85,31	115,00	-54,61	
				130,00	13,65	
				145,00	81,92	
				115,00	-11,63	
				130,00	64,22	
				145,00	140,07	
0,40	2.000,00	76,78	85,31	115,00	31,35	
				130,00	114,79	
				145,00	198,22	
				115,00	-22,44	
				130,00	45,82	
				145,00	114,09	
			76,78	115,00	20,54	

Tabela 1A, continuação

		85,31	130,00	96,39
			145,00	172,24
	2.000,00		115,00	63,52
		93,84	130,00	146,96
			145,00	230,40
			115,00	-52,44
		76,78	130,00	15,82
			145,00	84,09
	2.500,00		115,00	-9,46
		85,31	130,00	66,39
			145,00	142,24
	0,50		115,00	33,52
		93,84	130,00	116,96
			145,00	200,40
			115,00	-82,44
		76,78	130,00	-14,18
			145,00	54,09
30,18	3.000,00		115,00	-39,46
		85,31	130,00	36,39
			145,00	112,24
			115,00	3,52
		93,84	130,00	86,96
			145,00	170,40
			115,00	-50,27
		76,78	130,00	18,00
			145,00	86,26
	2.000,00		115,00	-7,29
		85,31	130,00	68,56
			145,00	144,42
	0,60		115,00	35,70
		93,84	130,00	119,13
			145,00	202,57
	2.500,00	76,78	115,00	-80,27

Tabela 1A, conclusão

			76,78	130,00	-12,00
				145,00	56,26
		2.500,00	85,31	115,00	-37,29
				130,00	38,56
				145,00	114,42
			93,84	115,00	5,70
				130,00	89,13
				145,00	172,57
30,18	0,60		76,78	115,00	-110,27
				130,00	-42,00
				145,00	26,26
		3.000,00	85,31	115,00	-67,29
				130,00	8,56
				145,00	84,42
			93,84	115,00	-24,30
				130,00	59,13
				145,00	142,57

CAPÍTULO 3

Avaliação econômica de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em condições de risco

RESUMO

Neste capítulo, o objetivo geral foi analisar a viabilidade econômica e determinar a rotação econômica de plantios de candeia em diversos espaçamentos, em condições de risco. O estudo foi realizado a partir de um experimento de plantio de candeia constituído de quatro espaçamentos (1,5 x 1,5 m; 1,5 x 2,0 m; 1,5 x 2,5 m e 1,5 x 3,0 m), para os quais obtiveram-se os fluxos de caixa relacionados às diversas idades de corte. Para a análise de risco utilizou-se o método de Monte Carlo, tendo como variável de saída (output) o Valor Anual Equivalente (VAE) e, como variáveis de entrada (fontes de incertezas), as distribuições de probabilidade referentes ao preço da muda, da terra e da madeira, o custo de colheita, a taxa de juros e a produção de madeira. A simulação constitui na realização 50.000 de iterações, de onde foram extraídas as informações necessárias às análises. Concluiu-se que o espaçamento 1,5x3,0 m foi o mais viável economicamente e teve um nível de risco menor que os outros espaçamentos. A rotação econômica foi de 12, 13, 13 e 15 anos, para o espaçamento 1,5 x 3,0 m; 1,5 x 2,5 m; 1,5 x 2,0 m e 1,5 x 1,5 m, respectivamente. Mudanças proporcionais no preço e no volume de madeira causam mudanças diretamente proporcionais na lucratividade do plantio de candeia, enquanto mudanças proporcionais na taxa de juros, custo de colheita, preço da muda e da terra causam mudanças inversamente proporcionais na lucratividade.

Palavras-chave: Análise de risco. Simulação de Monte Carlo. Mitigação de riscos. Candeia. *Eremanthus erythropappus*.

ABSTRACT

The general objective of this chapter was studying the economic feasibility and determining the economic rotation of candeia planting at various spacings under risky conditions. The study was conducted from an experimental planting of candeia consisting of four spacings (1.5 x 1.5 m, 1.5 x 2.0 m, 1.5 x 2.5 m and 1.5 x 3.0 m) for which the cash flows related to the different cutting ages were obtained. For the risk analysis the Monte Carlo method was used, its having the Equivalent Annual Value (EAV) as the output variable (output) and as input variables (sources of uncertainty) the probability distributions concerning the price of the seedlings, land and wood, the harvest cost, interest rates and timber production. The simulation constituted in the doing of 50,000 iterations from where the information necessary to the analyses was extracted. It was concluded that the 1.5 x 3.0 m spacing was the most economically viable and presented a lower risk level than the other spacings. The economic rotation was 12, 13, 13 and 15 years for the spacings 1.5 x 3.0 m, 1.5 x 2.5 m, 1.5 x 2.0m and 1.5 x 1.5m, respectively. Proportional changes in timber price and volume cause directly proportional changes in the profitability of candeia planting while proportional changes in interest rates, harvest cost, price of the seedling and land cause inversely proportional changes in profitability.

Keywords: Risk analysis. Monte Carlo simulation. Risk Mitigation. Candeia. *Eremanthus erythropappus*.

1 INTRODUÇÃO

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é uma espécie nativa do Brasil e com grande ocorrência no estado de Minas Gerais. Ela fornece multiprodutos, como moirão de cerca com alta durabilidade natural e matéria prima de onde se extrai um óleo essencial, cujo principal componente (alfabisabolol) possui importantes propriedades medicinais e grande aplicação na indústria de cosméticos e medicamentos. Esses multiprodutos servem como fonte alternativa de renda para os proprietários rurais de suas regiões de ocorrência.

Características particulares da espécie, como ocorrência em solos pouco férteis e em áreas de elevada altitude (800 a 1.500 m), lhe conferem a vantagem de se desenvolver em locais onde seria difícil a implantação de culturas agrícolas ou de outras espécies florestais.

Aproveitando suas peculiaridades e visando minimizar a exploração de candeais nativos, os plantios de candeia surgem como uma interessante opção de cultivo florestal. Mas, para garantir a segurança financeira de um empreendimento inovador como esse é necessário conhecer sua viabilidade econômica. Isso pode ser executado por meio de uma análise acerca dos custos e receitas envolvidos no plantio, conhecida como fluxo de caixa.

A elaboração de um fluxo de caixa futuro para uma empresa é repleta de incertezas, devido à inexistência de valores plenamente confiáveis (CARDOSO; AMARAL, 2000). Entre as causas mais prováveis dos desvios desfavoráveis do projeto está o erro de estimativa provocado pela falta de experiência, pela incorreta pesquisa de mercado, pelos custos e receitas menores ou maiores que os estimados, pela escolha inadequada de tecnologia, pela habilidade gerencial, pelo ambiente econômico, etc. (LAPPONI, 2007).

Isso, no entanto, não é motivo para que o planejamento não seja feito. Uma alternativa a este problema é o uso de métodos que possibilitem mensurar a

incerteza ambiental, propiciando aos gestores das empresas não um valor único, o qual a maioria das vezes não é preciso, mas um conjunto de valores que representam possibilidades de resultados, alguns com maior, outros com menor probabilidade de ocorrência (CARDOSO; AMARAL, 2000).

Segundo Securato (2007), um evento que com certeza ocorrerá tem uma probabilidade de 100% e, diante de eventos que apresentem certo grau de incerteza, é possível estabelecer a probabilidade de ocorrência deste evento. Para Mendes e Souza (2007), esse grau de incerteza a respeito de um evento pode também ser chamado de risco. E a análise quantitativa do risco, usando a simulação de Monte Carlo, oferece ao usuário um método poderoso e preciso para abordar as várias incertezas associadas às atividades de um empreendimento.

A técnica de simulação é uma ferramenta que possibilita trabalhar com as mais diversas formas de distribuição de probabilidades e de dependência entre as variáveis (CORRAR, 1993). O objetivo principal da simulação seria obter um conhecimento do possível comportamento e variabilidade dos resultados do projeto (VLP, VAE, TIR etc.), fornecendo, assim, dados para que a decisão de investir seja tomada com mais qualidade. A simulação não gerencia as variáveis, isto é, não baixa o risco do investimento, mas, sim, melhora os níveis de informação para apoiar a decisão de investir (BERNARDI, 2002).

Já a mitigação de risco é a redução (ou adequação) do risco a valores aceitáveis, sabendo-se que, no que se refere à mitigação, o que se deseja evitar não é necessariamente a ocorrência do fator gerador do risco, mas sua consequência (TAMAROZI, 2002). E, para mitigar os riscos em um projeto, procura-se controlar as variáveis significativas, visando o aumento da probabilidade de ocorrência do lucro desejável.

A aplicação de análise de risco vem sendo cada vez mais incorporada ao setor florestal (BENTES-GAMA et al., 2005; CASTRO et al., 2007; COELHO

JÚNIOR; REZENDE; OLIVEIRA, 2008; CORDEIRO; SILVA, 2010; KALLIO, 2010; KNOKE; MOOG; PLUSZYK, 2001; PROTIL, 1999). Isso se deve ao fato de que a produção florestal tem características de investimentos de médio a longo prazo que envolvem um alto capital imobilizado na implantação do projeto. Além disso, os produtos florestais como fenômenos biológicos não são eventos determinísticos, mas sim probabilísticos, pois sua produtividade envolve sempre um grau de risco ou incerteza (COELHO JÚNIOR; REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

Objetivou-se, neste capítulo, analisar a viabilidade econômica e determinar a rotação econômica em plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em diversos espaçamentos, em condições de risco; analisar o comportamento das variáveis de entrada em diferentes cenários e verificar os efeitos da mitigação dos riscos na viabilidade econômica do plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção será elucidada a maneira como o experimento foi conduzido, como os dados foram obtidos e os métodos de avaliação econômica utilizados.

2.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se no município de Carrancas que está localizado no sul de Minas Gerais, nas coordenadas -21,48°S e -44,64°O (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). O município apresenta uma área de 728,5 km² de extensão e altitude variando de 896 m a 1.590 m (ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS - ALMG, 2011).

O clima do município de Carrancas, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperaturas moderadas e verão quente e chuvoso. As médias anuais de precipitação e a temperatura são de 1.470 mm e 19,2°C, respectivamente (ALMG, 2011).

O experimento em estudo trata-se de um plantio de candeia instalado em março de 2002, com área de 2,87 ha, no delineamento experimental em blocos casualizados.

Foram definidos quatro blocos, divididos em quatro parcelas casualizadas e, em cada uma delas, plantaram-se 532 covas em 14 linhas, nos seguintes espaçamentos:

- a) tratamento 1 (T1) – espaçamento 1,5 x 1,5 m;
- b) tratamento 2 (T2) – espaçamento 1,5 x 2,0 m;
- c) tratamento 3 (T3) – espaçamento 1,5 x 2,5 m;
- d) tratamento 4 (T4) – espaçamento 1,5 x 3,0 m.

A adubação de plantio foi feita com 100g/cova do adubo formulado NPK na composição 4-14-8 + Zn-0,4%. Já na adubação de cobertura utilizou-se 30g/cova de Bórax. Para o combate às formigas, utilizou-se isca granulada.

2.2 Estimativa do volume de madeira para as diversas idades do plantio de candeia

Os volumes de madeira para as diferentes idades do plantio de candeia foram obtidos do estudo de Silva (2009) que ajustou modelos de crescimento para os diversos tratamentos desse experimento. Nesse estudo, o volume de madeira foi estimado em metro cúbico. Para se obter os valores da Tabela 1 que estão expressos em metro estéreo (mst) utilizou-se um fator de empilhamento igual a 2,67, o qual foi determinado por Pérez (2001).

Tabela 1 Volume de madeira (mst/ha) para as diversas idades e tratamentos

	T1	T2	T3	T4
Idade	(1,5 x1,5 m)	(1,5 x 2,0 m)	(1,5 x 2,5 m)	(1,5 x 3,0 m)
10	74,73	77,86	67,66	71,13
11	82,18	85,63	74,39	78,20
12	89,63	93,37	81,11	85,31
13	97,08	101,11	87,84	92,38
14	104,50	108,86	94,57	99,46
15	111,93	116,60	101,30	106,53

2.3 Custos e receitas relacionados ao plantio da candeia

Os custos relacionados às atividades de implantação (preparo do solo, plantio, mudas, adubação, combate a formigas, etc.) e de manutenção (combate a formigas, capina, etc.) do plantio da candeia estão sendo registrados desde 2002, quando o experimento foi implantado. Entretanto, estes valores serviram apenas como referência para elaborar a planilha de custos a ser utilizada na análise

econômica, uma vez que, por se tratar de um experimento, alguns deles podem estar superestimados em função do maior tempo requerido para a execução de determinadas atividades inerentes à implantação e à manutenção do experimento.

A planilha de custos utilizada na análise econômica (Tabela 2) foi elaborada da seguinte maneira:

- a) os custos das atividades e dos insumos necessários à implantação de candeia (até 6 meses de idade) foram obtidos por meio de levantamentos de dados em propriedades rurais situadas nos municípios de Baependi, Caxambu e Carrancas, etc. que participam do programa de fomento para o plantio de candeia financiado pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG). Esse programa fornece gratuitamente ao produtor rural mudas, adubo e formicida;
- b) os custos de manutenção anual até a idade de corte foram estimados usando como referência os custos de manutenção de plantios de eucalipto, uma vez que os plantios de candeia existentes ainda são jovens e, portanto, não se dispõe de informações relacionadas às manutenções anuais dessa espécie. Assume-se, nesse caso, que a manutenção do candeal plantado é semelhante à de um povoamento de eucalipto manejado para a produção de madeira para energia ou celulose;
- c) o custo de colheita, que envolve a derrubada, o traçamento e a extração da madeira até a beira da estrada, foi considerado como sendo igual a R\$25,18/mst, baseando-se no estudo de Oliveira et al. (2010), que o determinaram para a exploração de candeia nativa. Para se obter o custo de colheita por hectare para cada tratamento nas diversas idades, multiplicou-se esse valor pelos volumes de

madeira apresentados na Tabela 1. Os valores obtidos estão na Tabela 3.3;

- d) o custo anual da terra foi considerado como sendo os juros sobre o valor desse fator de produção. O valor da terra considerado foi de R\$2.500,00/ha, que é uma média dos valores desse fator vigente nos municípios onde estão sendo realizados os plantios de candeia fomentados pelo IEF.

Tabela 2 Custos das atividades de implantação e manutenção de candeia, para os quatro tratamentos estudados

Itens de Custo	Ano de ocorrência	Valor do Custo (R\$/ha)			
		T1	T2	T3	T4
1. Implantação					
Preparo do solo (sulcagem)	0	200,00	200,00	200,00	200,00
Mão de obra de plantio	0	559,92	420,00	336,00	279,96
Adubação de plantio	0	319,57	239,72	191,77	159,79
Adubação de cobertura	0	260,36	195,30	156,24	130,18
Mudas	0	2.333,00	1.750,00	1.400,00	1.166,50
Combate às formigas	0	17,00	17,00	17,00	17,00
2. Manutenção					
Capina e roçada (manual)	1	210,00	210,00	210,00	210,00
Capina e roçada (manual)	2 a 4	90,00	90,00	90,00	90,00
Combate às formigas	1 a 4	13,50	13,50	13,50	13,50
Custo da terra	1 a n	150,00	150,00	150,00	150,00

Tabela 3 Custos de colheita para os tratamentos nas diversas idades

Idade	Valor do custo (R\$/ha)			
	T1	T2	T3	T4
7	1.309,64	1.363,70	1.184,81	1.245,56
8	1.495,87	1.558,61	1.353,69	1.423,11
9	1.682,10	1.752,19	1.522,57	1.600,67
10	1.868,33	1.946,43	1.691,45	1.778,22
11	2.054,57	2.140,67	1.859,66	1.955,11
12	2.240,80	2.334,25	2.027,87	2.132,66
13	2.427,03	2.527,82	2.196,08	2.309,55
14	2.612,60	2.721,40	2.364,29	2.486,44
15	2.798,16	2.914,97	2.532,50	2.663,33

As receitas foram obtidas multiplicando-se o volume de madeira estimado para cada espaçamento nas diversas idades (Tabela 1) pelo seu preço de venda colocada na beira da estrada, que foi considerado como sendo de R\$ 130,00/mst. Esse valor foi obtido por meio de entrevistas realizadas com agricultores de municípios que vendem madeira de candeia nativa para as fábricas de óleo, e entrevistas com os gerentes das empresas produtoras de óleo de candeia que compram madeira oriunda de candeais situados em Minas Gerais.

2.4 Variável de saída (output) do modelo

A variável de saída do modelo (output) é o resultado da simulação e, a partir dela, é feita a tomada de decisões em relação à viabilidade econômica do plantio da candeia em diversos espaçamentos e à determinação de sua rotação econômica, em condições de risco. Neste estudo utilizou-se como variável de saída o Valor Anual Equivalente (VAE) ou Benefício (Custo) Periódico Equivalente (B(C)PE) que, segundo Rezende e Oliveira (2008), é dado pela equação 1:

$$VAE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1)$$

em que

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^j - C_j (1+i)^j \sum_{j=0}^n \quad (2)$$

C_j = custo ao final do ano j ;

R_j = receita ao final do ano j ;

i = taxa de juros ou de desconto;

n = idade do plantio, em anos.

Determinou-se o VAE para os quatro tratamentos nas idades de 10 a 15 anos. A rotação econômica foi definida como sendo a idade em que se obteve o maior VAE e o menor risco.

2.5 Variáveis de entrada (input) do modelo

As variáveis de entrada (inputs) ou variáveis de risco são valores desconhecidos ou incertos que devem ser modelados como distribuições de probabilidade. As estimativas dos custos e receitas relacionadas ao cultivo da candeia são consideradas uma fonte de riscos, pois existem incertezas em relação a esses valores. Assim, neste estudo, consideraram-se as seguintes variáveis de risco: preço da muda (R\$), custo anual da terra (R\$/ha), custo de colheita (R\$/mst), taxa de juros (a.a.), preço de venda da madeira (R\$/mst) e produção volumétrica de madeira (mst/ha).

A distribuição de probabilidade utilizada para representar essas variáveis foi a triangular e os valores mínimos, mais prováveis e máximos utilizados encontram-se nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 Valores utilizados para a determinação da distribuição triangular das variáveis de entrada utilizadas na simulação de Monte Carlo

Itens de custos	Unidade	Variável de entrada	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
Preço das mudas	R\$/muda	0,50	0,40	0,50	0,60
Valor da terra	R\$/ha	2.500,00	2.000,00	2.500,00	3.000,00
Custo de colheita	R\$/mst	25,18	20,18	25,18	30,18
Taxa de juros	a.a.	6%	4%	6%	8%
Preço de venda da madeira	R\$/mst	130,00	115,00	130,00	145,00

Os valores máximos e mínimos referentes à produção volumétrica foram determinados considerando-se uma produção volumétrica de 10% para mais e para menos em relação aos volumes obtidos por Silva (2009), mostrados na Tabela 1.

Tabela 5 Valores de produção volumétrica utilizados na simulação de Monte Carlo

Tratamento 1 (1,5 x 1,5 m)				
Idades	Variável de entrada	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
10	74,73	67,26	74,73	82,21
11	82,18	73,96	82,18	90,40
12	89,63	80,67	89,63	98,60
13	97,08	87,37	97,08	106,79
14	104,50	94,05	104,50	114,95
15	111,93	100,73	111,93	123,12
Tratamento 2 (1,5 x 2,0 m)				
Idades	Variável de entrada	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
10	77,86	70,10	77,86	85,64
11	85,63	77,10	85,63	94,19
12	93,37	84,03	93,37	102,71
13	101,11	91,00	101,11	111,22
14	108,86	97,97	108,85	119,74
15	116,60	104,94	116,60	128,26
Tratamento 3 (1,5 x 2,5 m)				
Idades	Variável de entrada	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
10	67,66	60,89	67,66	74,42
11	74,39	66,95	74,39	81,82
12	81,11	73,00	81,11	89,23
13	87,84	79,06	87,84	96,63
14	94,57	85,11	94,57	104,03
15	101,30	91,17	101,30	111,43
Tratamento 4 (1,5 x 3,0 m)				
Idades	Variável de entrada	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
10	71,13	64,02	71,13	78,24
11	78,20	70,38	78,20	86,02
12	85,31	76,78	85,31	93,84
13	92,38	83,14	92,38	101,62
14	99,46	89,51	99,46	109,40
15	106,53	95,88	106,53	117,19

Segundo Souza (2001), as distribuições triangular e uniforme, geralmente, são muito utilizadas nas ciências agrárias e na economia, por apresentarem simplicidade e a vantagem de não necessitarem de muitos dados de um determinado evento.

Segundo Rangel (2002), alguns modelos de análise de risco apresentam como entrada variáveis aleatórias cuja distribuição não pode ser definida utilizando-se realizações anteriores. Isso, geralmente, ocorre em análises nos dados sobre as realizações de determinada variável são inexistentes. Quando isso ocorrer, deve-se procurar a opinião de especialistas, na tentativa de especificar a natureza de uma variável aleatória pertinente ao modelo.

Os dados que devem ser extraídos em uma entrevista são os parâmetros da distribuição que se deseja estimar ou, alternativamente, o formato da distribuição. A distribuição triangular é a mais utilizada para modelar a opinião de especialistas, pois seus parâmetros são intuitivos e fáceis de serem extraídos na maioria dos casos (RANGEL, 2002).

O uso dessa distribuição não é aconselhado quando os valores máximo e mínimo são difíceis de serem estimados. Isso acontece porque pequenos erros na estimação destes parâmetros refletirão sobre a média e o desvio padrão da variável (RANGEL, 2002).

2.6 Simulação e análise dos dados

A análise de risco foi realizada pela aplicação do método de Monte Carlo, com o auxílio do software @RISK (PALISADE CORPORATION, 2009). A simulação de Monte Carlo é um processo que possibilita imitar uma realidade por meio de modelos e as simulações por processos aleatórios possibilitam lidar com situações cuja evolução, no decorrer do tempo, não seja

previsível, trabalhando com eventos aleatórios ou probabilísticos (quando sua ocorrência envolve certo risco ou grau de incerteza).

Primeiramente, foi realizada uma simulação automática pelo software, visando monitorar a convergência. Em seguida, realizou-se uma segunda simulação com o número ideal de iterações, que é acima daquele em que houve convergência.

O número de iterações utilizado foi de 50.000. A partir das iterações realizadas, foram gerados os resultados relacionados à variável de saída do modelo, como distribuições de probabilidade, frequências acumulada e relativa, estatísticas descritivas, etc.

2.7 Análise de cenários

Segundo o tutorial do @risk 5.5 (PALISADE CORPORATION, 2009), a análise de cenários permite determinar quais as variáveis de entrada que contribuem significativamente para atingir uma meta. Em outras palavras, identifica valores de entrada que geram determinados valores de saída. Por exemplo, quais as variáveis que mais contribuem para elevar os VAEs acima de R\$200,00?

No presente estudo, o interesse é conhecer as variáveis que mais contribuem para gerar VAEs extremamente grandes ou pequenos (percentis 95% e 5%).

A análise de cenários é efetuada pelo software a partir dos resultados gerados pela simulação de Monte Carlo e segue as etapas que estão descritas a seguir e representadas no fluxograma da Figura 1:

- a) cálculo da mediana e do desvio padrão da distribuição de cada variável de entrada da simulação;

- b) criação de um "subconjunto" é criado a partir das distribuições das variáveis de saída, contendo somente as iterações em que a produção atinja a meta definida;
- c) cálculo da mediana de cada variável de entrada que gerou a meta ou "subconjunto" de dados;
- d) para cada variável de entrada, a diferença entre a mediana da simulação (encontrado no passo 1) e a mediana do subconjunto (encontrado no passo 3) é calculada e comparada com o desvio padrão dos dados de entrada (encontrado no passo 1). Se o valor absoluto da diferença de medianas é maior do que $\frac{1}{2}$ desvio padrão, em seguida, a variável de entrada é chamada de "significativo"; caso contrário, a variável de entrada é ignorada na análise de cenários;
- e) cada entrada significativa encontrada na etapa 4 é listada no relatório de cenário.

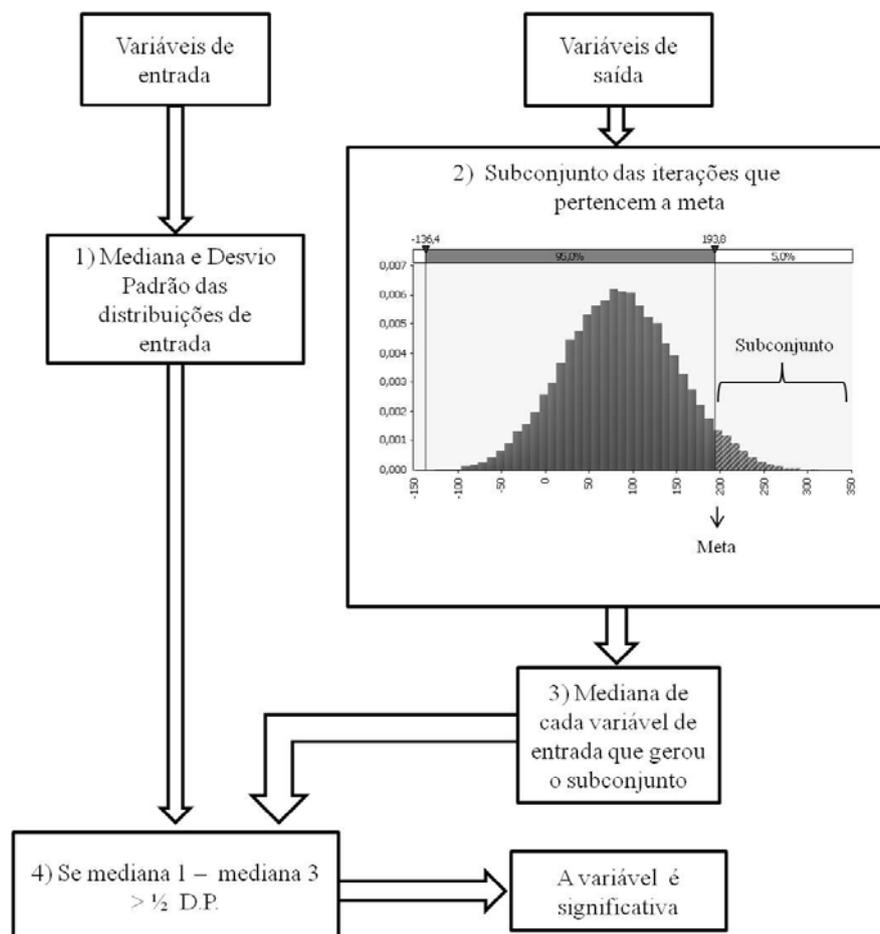


Figura 1 Fluxograma da metodologia utilizada na análise de cenários

2.8 Mitigação dos riscos

A mitigação dos riscos foi realizada executando-se uma nova simulação. O que difere no novo modelo é que, ao se determinar as distribuições das variáveis de entrada, aquelas que forem significativas no cenário otimista, têm

seus valores fixados. Ou seja, determinam-se os limites de valores nas quais essas variáveis podem atingir, com a finalidade de diminuir os riscos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são mostrados os resultados encontrados neste trabalho e as discussões acerca do assunto.

3.1 Análise de risco

Para cada tratamento e em cada idade geraram-se, por meio da simulação de Monte Carlo, 50.000 valores para o indicador econômico Valor Anual Equivalente (VAE) (Tabela 6).

No tratamento 1, o VAE esperado, ou VAE médio, foi negativo em todas as idades, e o menor valor negativo ocorreu aos 15 anos (R\$ -79,25), sendo, portanto, essa a idade ótima de corte ou rotação econômica. A informação de que o VAE esperado é negativo a princípio indica que o tratamento é inviável. Porém, a avaliação sob condições de incerteza é relativa. Assim, ao analisar os percentis gerados para este tratamento, observa-se que, a partir dos 11 anos, existem probabilidades, mesmo que pequenas, de se obter VAEs positivos. Para a idade de 15 anos, há 15,1% de chances de que o VAE seja positivo, ou seja, trata-se de um investimento de alto risco, mas com chances de ser viável economicamente.

O maior VAE dos tratamentos 2 e 3 ocorre aos 13 anos. Pela análise dos percentis observa-se que, nessa idade, 5% dos VAEs do tratamento 2 são maiores que R\$155,23 e 5% são menores ou iguais a (-)R\$82,96. Já no tratamento 3, 5% desses valores são maiores que R\$126,25 e 5% são menores ou iguais R\$- 84,44. As chances de ocorrerem VAEs negativos, cortando-se a cadeia aos 13 anos de idade, são de 32,3% para o tratamento 2 e de 38,9% para o tratamento 3.

No tratamento 4, o maior VAE ocorreu aos 12 anos. Se o corte da madeira for feito nessa idade, há apenas 9,1% de chances de se obter VAE negativo. Segundo Hacura, Jamadus-Hacura e Kotot (2001), geralmente, quando a probabilidade de se obter Valor Presente Líquido (VPL) negativo é menor que 20%, o projeto é bastante seguro. O valor crítico dessa medida de risco é subjetivo, pois cada gerente tem um grau diferente de aversão ao risco.

Tabela 6 Estatísticas descritivas do VAE para os diversos tratamentos e idades de corte

Tratamento 1							
Idade	VAE esperado (R\$.ha⁻¹)	Mínimo (R\$.ha⁻¹)	Máximo (R\$.ha⁻¹)	VAE<0	5% (R\$.ha⁻¹)	50% (R\$.ha⁻¹)	95% (R\$.ha⁻¹)
10	-126,32	-390,78	179,35	100,0%	-247,67	-127,14	-2,57
11	-107,42	-387,98	202,84	92,2%	-229,33	-107,89	16,60
12	-94,41	-379,22	201,55	89,4%	-216,39	-94,99	29,47
13	-86,30	-349,55	212,00	87,3%	-207,71	-87,14	38,49
14	-81,41	-360,73	229,01	85,8%	-204,22	-82,31	43,78
15	-79,25	-364,08	214,80	84,9%	-201,88	-80,29	47,15
Tratamento 2							
Idade	VAE esperado (R\$.ha⁻¹)	Mínimo (R\$.ha⁻¹)	Máximo (R\$.ha⁻¹)	VAE<0	5% (R\$.ha⁻¹)	50% (R\$.ha⁻¹)	95% (R\$.ha⁻¹)
10	16,70	-247,87	275,25	41,3%	-100,28	15,61	136,65
11	26,60	-226,40	305,40	36,1%	-89,32	25,89	145,51
12	32,29	-219,59	333,39	33,0%	-84,65	31,58	152,00
13	34,10	-224,75	325,69	32,3%	-82,96	32,98	155,23
14	33,73	-217,47	314,82	32,5%	-83,66	32,36	155,30
15	31,21	-234,40	294,21	34,0%	-86,99	30,28	152,99

Tabela 6, conclusão

Tratamento 3							
Idade	VAE esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)	VAE<0	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
10	6,14	-242,63	245,84	46,6%	-98,17	5,7	111,31
11	13,90	-224,10	265,21	41,9%	-89,21	13,12	119,72
12	18,01	-212,59	271,55	39,3%	-86,87	17,46	124,23
13	19,33	-202,14	266,78	38,9%	-84,44	18,57	126,25
14	18,28	-218,12	299,17	39,5%	-86,27	17,25	126,30
15	15,84	-211,14	274,16	41,1%	-89,31	14,71	123,88

Idade	VAE esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)	VAE<0	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
10	80,95	-162,44	335,64	10,40%	-23,28	80,18	187,52
11	84,75	-141,05	349,25	9,40%	-19,93	83,96	191,29
12	85,74	-136,40	321,75	9,10%	-19,25	85,03	193,83
13	83,86	-146,35	334,71	9,70%	-21,10	82,97	192,44
14	80,13	-159,57	333,64	10,80%	-25,09	79,22	188,15
15	75,07	-153,87	342,20	12,50%	-30,47	74,27	184,10

No Gráfico 1, observa-se a distribuição de probabilidades dos VAEs, a curva de frequência acumulada (eixo da direita), a probabilidade de ocorrerem VAEs positivos e negativos nas idades correspondentes à rotação econômica de cada tratamento e a posição em que se situam os valores de VAE média, moda e mediana. O círculo na curva de frequência acumulada em cada figura indica a interseção entre o VAE igual a zero e sua probabilidade de ocorrência na curva de frequência acumulada. A informação fornecida por esta interseção é a de que, no tratamento 1, por exemplo, existem 15,1% de chances de o VAE ser maior que zero (frequência acumulada ao lado direito do círculo) e, conseqüentemente, 84,9% de chances de o VAE ser menor que zero (frequência acumulada ao lado esquerdo do círculo).

Nota-se, no Gráfico 1, que os VAEs estão distribuídos simetricamente ao redor da média, com valores médios iguais ou muito próximos à mediana, ou seja, não há inclinação acentuada da distribuição dos valores para nenhum dos lados em nenhum tratamento.

Segundo Lapponi (2007), considerando que o valor esperado é equidistante dos valores da série e a mediana é um valor na posição central da mesma série ordenada de forma crescente, a comparação do valor esperado e da mediana antecipa a forma da distribuição de frequências do VPL. Quanto mais o valor esperado se distanciar da mediana, mais acentuada será a inclinação da distribuição de frequências do VPL de forma que, se o valor esperado for maior que a mediana, a distribuição terá inclinação à direita e vice-versa.

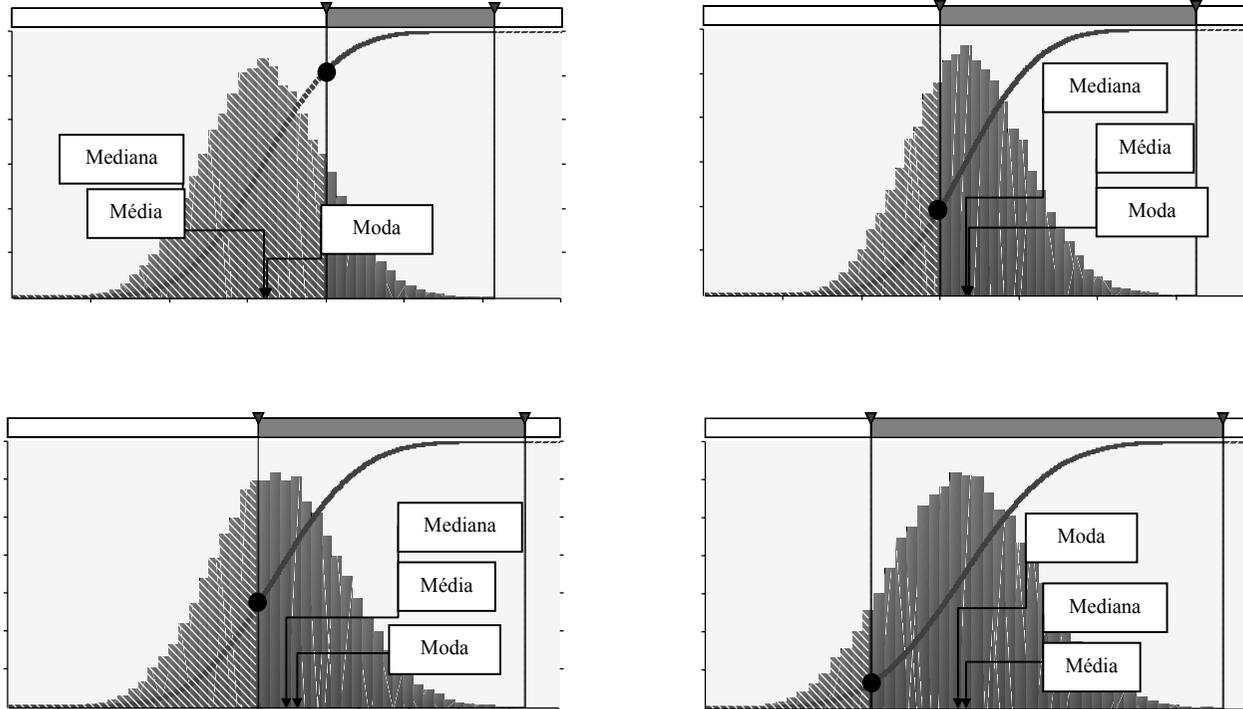
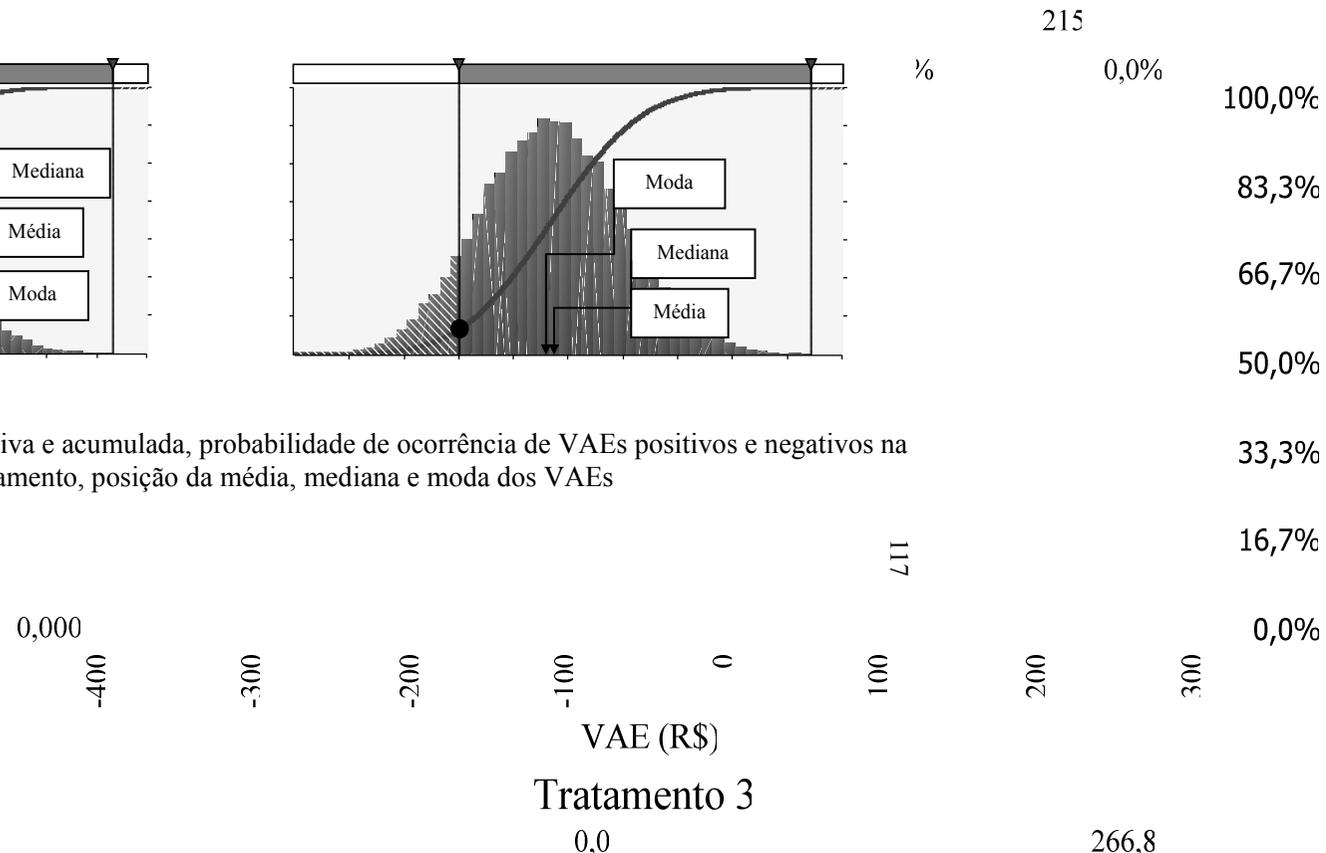


Gráfico 1 Distribuição de frequência relativa e acumulada, probabilidade de ocorrência de VAEs positivos e negativos na rotação econômica de cada tratamento, posição da média, mediana e moda dos VAEs



Tratamento 3

0.0

266.8

No Gráfico 2 estão indicados os VAEs máximos e mínimos, o VAE esperado ou médio e os valores alcançados com um desvio padrão para mais e para menos em relação à média para a idade de rotação econômica de cada tratamento. No tratamento 4 os VAEs variam na faixa de (-)R\$136,39 a R\$321,74. O VAE esperado ou médio está indicado pelo círculo, mostrando a probabilidade de ocorrerem valores maiores (49,5%) e menores (50,5%) do que a média na curva de frequência acumulada.

Os VAEs esperados dos tratamentos 2 e 3 são iguais a R\$ 34,10 e R\$19,33, respectivamente. Portanto, de acordo com o valor médio do VAE, ambos são viáveis economicamente, já que esses valores são positivos. Entretanto, a avaliação sob condições de incerteza é relativa, tendo em vista que houve uma dispersão considerável dos dados em torno da média, expressa pelo desvio padrão, tendo como consequência desfavorável a ocorrência de VAEs negativos, sendo seu valor mínimo de -R\$ 225,00 no tratamento 2 e de -R\$202,10 no tratamento 3.

Como mostrado no Gráfico 2, uma diminuição equivalente a um desvio padrão no VAE dos tratamentos 2 e 3 é suficiente para que os mesmos se inviabilizem economicamente, já que, nessa condição, ambos teriam VAEs negativos. Por outro lado, no tratamento 4 é preciso haver variação de mais de um desvio padrão no VAE, para que o mesmo seja negativo, mostrando que esse tratamento está menos sujeito a riscos que os demais.

Knoke, Moog e Plusczyk (2001) avaliaram a atratividade econômica de duas estratégias silviculturais (equiana e inequiana), focando no risco, como resultado da volatilidade do preço da madeira. Observaram que as distribuições simuladas do VPL se diferenciam não somente pela média, mas também pela variação. Para as taxas de juros menores do que 2% a.a., o VPL médio da estratégia inequiana foi menor que o da estratégia equiana, mas o desvio padrão do VPL da estratégia inequiana foi significativamente menor que o da

estratégia equiana para as taxas de 0,5% a 4%. Assim, os riscos foram consideravelmente menores para a estratégia inequiana.

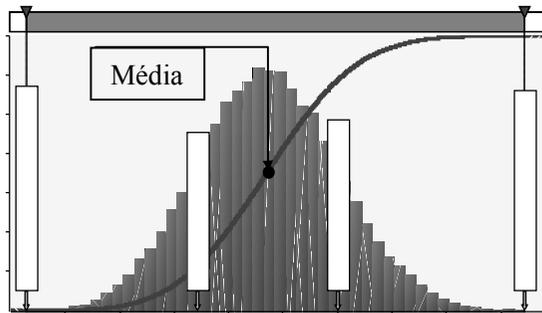
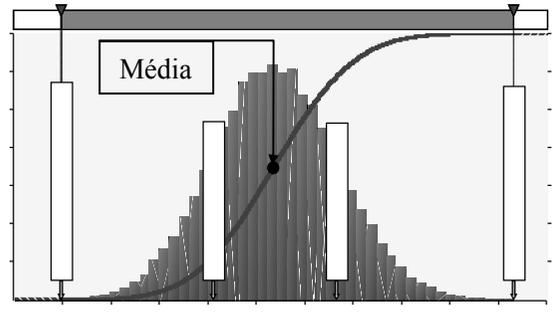
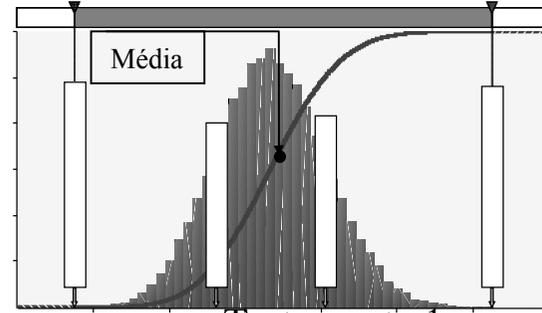
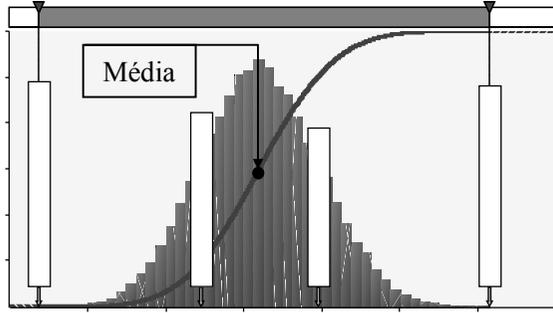


Gráfico 2 Distribuição de frequência relativa e acumulada, VAEs máximos e mínimos e desvio padrão em relação à média, para os tratamentos

Frequência
0,002
0,001
0,000
-400
-300
-200
-100
0
100
200
300

-1 SD
+1 SD
VAE (R\$)
Tratamento 3

215
0,0%
100,0%
83,3%
66,7%
50,0%
33,3%
16,7%
0,0%
Maximum = 214,8017

3.2 Análise de sensibilidade

No intuito de observar os impactos das variáveis de entrada (inputs) sobre a variável de saída (output = VAE), realizou-se uma análise de sensibilidade ou de correlação, que leva em consideração a correlação dos dois vetores de variáveis (Tabela 7). Os valores positivos dos coeficientes de correlação indicam relação direta entre as variáveis de entrada e o VAE, enquanto os valores negativos desses coeficientes indicam uma relação inversa.

Segundo Yates et al. (2007), o valor de uma análise de sensibilidade é importante para compreender a faixa potencial dos resultados da variação aleatória para todos os parâmetros simultaneamente.

O preço e o volume de madeira afetam o VAE de maneira direta, sendo o impacto do preço da madeira mais significativo que o do volume de madeira produzido. Nas idades mais jovens, o efeito das mudanças no preço da madeira é mais significativo do que nas idades maiores. Por exemplo, no tratamento 4, o coeficiente de 0,50 aos 10 anos indica que, havendo um aumento de R\$1,00 no preço do metro estéreo (mst) da madeira, ocorrerá um aumento de R\$0,50 no VAE, por hectare. Já na idade de 15 anos, o aumento do VAE será de apenas R\$0,42/ha para cada unidade aumentada no preço da madeira.

Castro et al. (2005) realizaram uma análise de sensibilidade utilizando a simulação de Monte Carlo em um estudo de viabilidade econômica do cultivo e extração do óleo essencial de um plantio de *Melaleuca alternifolia*. Concluíram que as variáveis de entrada que mais afetaram a análise foram a receita anual e o custo de manutenção; a taxa de desconto foi a variável que menos afetou a análise.

Na produção de carvão vegetal, Castro et al. (2007) constataram que as variáveis que apresentaram maior influência positiva e negativa para os indicadores econômicos foram o preço do carvão e o custo de carvoejamento.

Tabela 7 Análise de sensibilidade do VAE para os tratamentos, nas idades de 10 a 15 anos

Variável de entrada	Tratamento 1					
	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Preço da madeira	0,45	0,44	0,42	0,41	0,39	0,38
Custo anual da terra	-0,43	-0,43	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42
Taxa de juros	-0,57	-0,60	-0,63	-0,65	-0,68	-0,70
Volume de madeira	0,31	0,31	0,30	0,29	0,28	0,26
Preço da muda	-0,33	-0,31	-0,29	-0,27	-0,26	-0,24
Custo de colheita	-0,17	-0,16	-0,15	-0,15	-0,14	-0,14
Variável de entrada	Tratamento 2					
	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Preço da madeira	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
Custo anual da terra	-0,44	-0,44	-0,44	-0,44	-0,44	-0,44
Taxa de juros	-0,54	-0,57	-0,61	-0,63	-0,65	-0,68
Volume de madeira	0,35	0,33	0,32	0,31	0,30	0,28
Preço da muda	-0,25	-0,24	-0,22	-0,21	-0,20	-0,19
Custo de colheita	-0,17	-0,17	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15
Variável de entrada	Tratamento 3					
	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Preço da madeira	0,48	0,45	0,43	0,42	0,40	0,40

Tabela 7, conclusão

Custo anual da terra	-0,50	-0,50	-0,50	-0,49	-0,49	-0,49
Taxa de juros	-0,52	-0,58	-0,60	-0,63	-0,65	-0,65
Volume de madeira	0,33	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29
Preço da muda	-0,23	-0,20	-0,19	-0,18	-0,17	-0,17
Custo de colheita	-0,17	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15
	Tratamento 4					
Variável de entrada	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Preço da madeira	0,50	0,49	0,47	0,45	0,44	0,42
Custo anual da terra	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,49	-0,49
Taxa de juros	-0,50	-0,54	-0,57	-0,59	-0,62	-0,64
Volume de madeira	0,35	0,34	0,33	0,32	0,30	0,30
Preço da muda	-0,19	-0,18	-0,16	-0,15	-0,15	-0,14
Custo de colheita	-0,18	-0,17	-0,17	-0,16	-0,15	-0,15

A relação do VAE com o custo anual da terra, taxa de juros, preço da muda e custo de colheita é inversa, ou seja, variações proporcionais nessas variáveis implicam em variações inversamente proporcionais no VAE. Entre essas variáveis, a taxa de juros foi que teve o efeito mais significativo sobre o VAE, sendo esse efeito mais pronunciado em idades maiores.

Yates et al. (2007) alegam que, embora a análise de sensibilidade apresente o impacto das mudanças de unidades nos parâmetros significativos, ela não permite comparações realísticas entre os parâmetros, quando unidades diferentes são utilizadas. Segundo os autores, uma alternativa para esse tipo de problema seria uma ferramenta analítica que utiliza o método de Monte Carlo e consiste em verificar o efeito da remoção de variáveis de entrada (preços e custos) do modelo na variável de saída (distribuição do VAE), visando a comparação de variáveis de diferentes unidades. A análise é realizada com a remoção de uma variável por vez do modelo.

A Figura 2 foi gerada utilizando a simulação de Monte Carlo e baseando-se na técnica utilizada no estudo de Yates et al. (2007). Nela estão representados os intervalos de confiança (95%) do tratamento 4 na idade ótima de corte antes e depois da remoção das variáveis preço da madeira, custo anual da terra, custo da muda e custo de colheita. O VAE médio está representado pelos triângulos, o VAE com 95% de probabilidade está representado nas extremidades superiores das linhas, acima dos triângulos, e o VAE com 5% de probabilidade está representado nas extremidades inferiores das linhas, abaixo dos triângulos.

As variáveis utilizadas para os cálculos das receitas no fluxo de caixa do plantio são o volume e o preço da madeira. Contudo, o volume não pode ser utilizado na análise de remoção de variáveis, pois ele afeta outros cálculos do fluxo de caixa, o que causaria erros ao gerar os VAEs. A variável taxa de juros não foi utilizada pelo mesmo motivo.

Já as variáveis relacionadas aos custos (custo anual da terra, custo da muda e custo de colheita) puderam ser removidas sem problemas para os cálculos.

A variável de maior impacto é aquela que, quando removida, apresenta maior variação na amplitude dos dados, comparada à amplitude dos dados do modelo com todas as variáveis presentes. Assim, a remoção do preço da madeira apresentou maior impacto na variação dos VAEs, seguida pela remoção do custo anual da terra, custo da muda e custo de colheita.

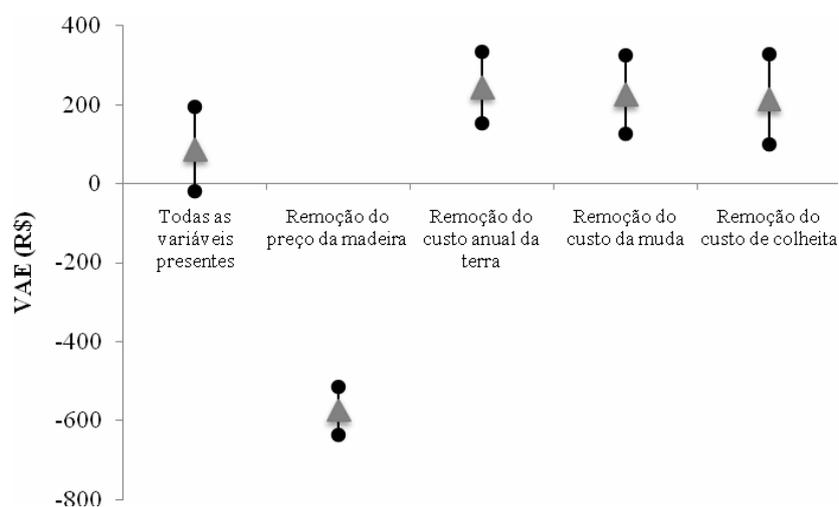


Figura 2 Efeito da remoção de variáveis na distribuição do VAE, para o tratamento 4, na idade de 12 anos

3.3 Análise de cenários

A análise de cenários foi realizada para a idade ótima de corte (12 anos) referente ao tratamento 4, que foi o mais viável economicamente. Em ambos os cenários, ou metas, analisados (percentil 95% e percentil 5%), as variáveis

significativas foram taxa de juros, custo anual da terra, preço de venda da madeira e volume de madeira.

Na Tabela 8 estão representados os valores médios das variáveis significativas nos diferentes cenários. Isso significa, por exemplo, que os 5% maiores VAEs obtidos na simulação apresentam taxa média de juros no valor de 4,97%. Já os 5% menores VAEs apresentam taxa média de juros no valor 6,98%.

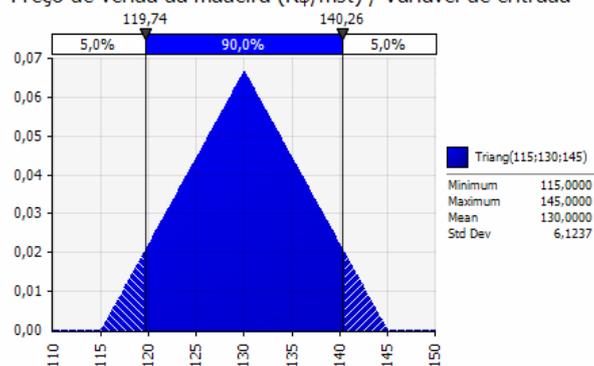
Tabela 8 Valores médios das variáveis significativas nos cenários

Variáveis	Cenários	
	Otimista (>95%)	Pessimista (<5%)
Taxa de juros	4,97%	6,98%
Custo anual da terra (R\$. ha ⁻¹)	123,37	195,32
Preço da madeira (R\$.mst ⁻¹)	136,68	123,46
Volume de madeira (mst)	88,09	82,74

3.4 Mitigação de riscos

Para executar a simulação referente à mitigação de risco, utilizaram-se os mesmos dados da primeira simulação já realizada. A única alteração feita foi o “truncamento”, ou a fixação, de valores limites nas distribuições das variáveis de entrada significativas. Essas variáveis significativas foram determinadas na análise de cenários e seus valores limites correspondem aos valores do cenário ótimo. Para melhor entendimento, no Gráfico 3 há um exemplo de como era a distribuição triangular da variável preço da madeira no modelo sem a mitigação e como ela fica após o “truncamento” no valor de R\$136,68 (valor médio do preço da madeira no cenário otimista). Observa-se que, fixando-se o preço da madeira em R\$136,68, apenas os valores superiores a esse serão considerados na nova simulação.

Preço de venda da madeira (R\$/mst) / Variável de entrada



Preço de venda da madeira (R\$/mst) / Variável de entrada

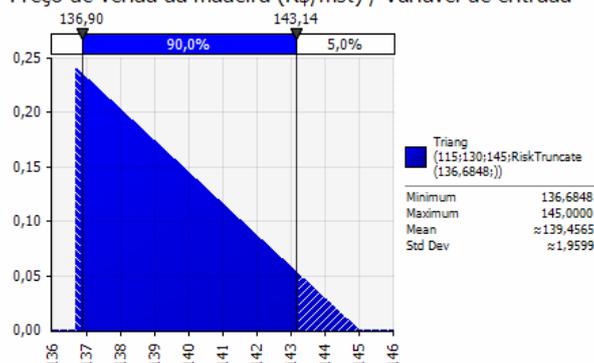


Gráfico 3 Distribuições triangulares antes e após a fixação do limite mínimo da variável preço da madeira

As variáveis significativas do cenário otimista, que foram utilizadas no modelo de mitigação, estão representadas na Tabela 9, juntamente com seus respectivos valores fixados.

Tabela 9 Variáveis de entrada e valores fixados do modelo mitigado

Itens de custos	Unidade	Valor fixado
Taxa de juros	a.a.	4,97%
Custo anual da terra	R\$/ha	123,37
Preço da madeira	R\$/mst	136,68
Volume de madeira	mst	88,09

A frequência acumulada dos VAEs após a mitigação dos riscos está representada pela linha contínua do Gráfico 4. Ela foi gerada após a substituição dos antigos valores das variáveis significativas pelos valores representados na Tabela 8 e a execução de uma nova simulação.

Antes da mitigação dos riscos, existia 9,10% de probabilidade de o VAE ser negativo. Após a mitigação, esta probabilidade tornou-se igual a zero, ou seja, todos os valores da nova série são positivos e o risco do projeto é nulo.

Knoke, Moog e Plusczyk (2001) analisaram o efeito da taxa de juros em uma floresta equiana de *Picea abies* (L.) Karst. e observaram que, a uma taxa de juros de 3%, foram gerados, aproximadamente, 11% de VPLs negativos e, ao aumentarem a taxa para 3,5%, o déficit passou a ser de 40%.

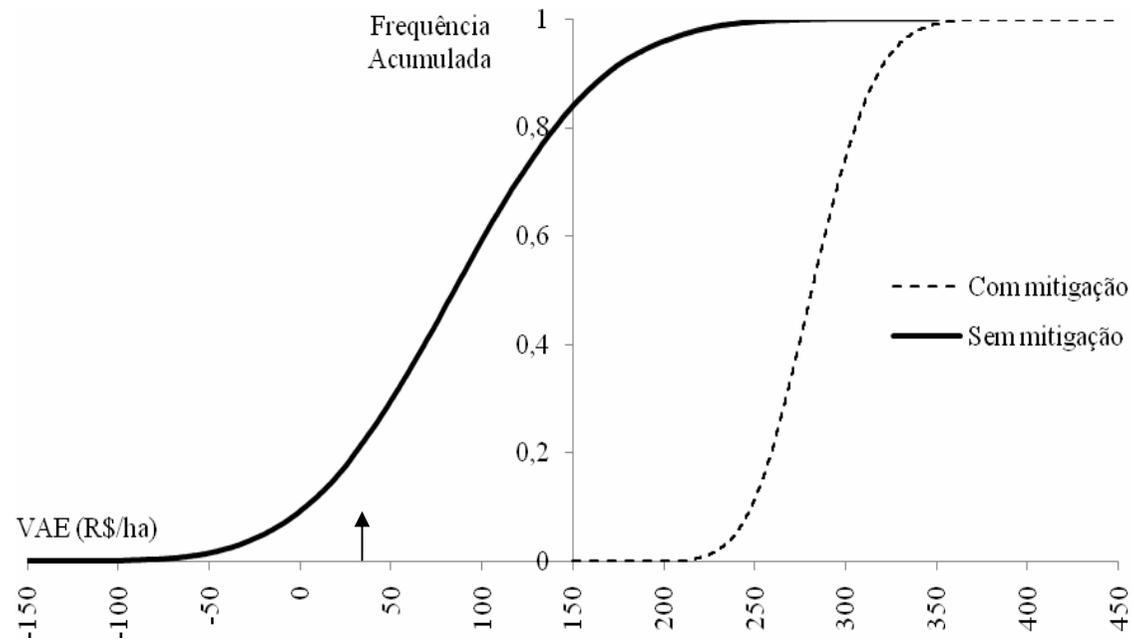


Gráfico 4 Frequência acumulada do VAE sem e com mitigação dos riscos para o Tratamento 4

Na Tabela 10 apresenta-se a estatística descritiva do tratamento 4 antes e após a mitigação dos riscos. O novo intervalo obtido para o VAE varia de R\$193,72 a R\$409,68, com valor esperado igual a R\$282,38 e desvio padrão de R\$27,06.

O retorno obtido sem a mitigação dos riscos representa apenas 30,36% do retorno financeiro obtido após a mitigação.

Tabela 10 Estatísticas descritivas antes e depois da mitigação dos riscos para o Tratamento 4

Estatística descritiva	Sem mitigação	Com mitigação
VAE esperado (R\$.ha ⁻¹)	85,74	282,38
Mediana (R\$.ha ⁻¹)	85,03	281,46
Moda (R\$.ha ⁻¹)	79,22	269,15
Desvio Padrão (R\$.ha ⁻¹)	64,33	27,07
CV	0,75	0,10
Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	-136,40	193,73
Máximo (R\$.ha ⁻¹)	321,75	409,69
VAE<0	9%	0
5% (R\$.ha ⁻¹)	-19,25	239,36
95% (R\$.ha ⁻¹)	193,83	328,27

4 CONCLUSÕES

O plantio de candeia em espaçamentos maiores mostrou-se mais lucrativo e com menor risco de obter resultados desfavoráveis do que o plantio em espaçamentos menores. Assim, o espaçamento 1,5 x 3,0 m deve ser preferível aos espaçamentos 1,5 x 1,5 m, 1,5 x 2,0 m e 1,5 x 2,5 m.

Para os espaçamentos 1,5 x 3,0 m, 1,5 x 2,5 m, 1,5 x 2,0 m e 1,5 x 1,5 m, a idade ótima de corte foi de 12, 13, 13, e 15 anos, respectivamente.

Mudanças proporcionais no preço e no volume de madeira causam mudanças diretamente proporcionais na lucratividade do plantio de candeia, enquanto mudanças proporcionais na taxa de juros, custo de colheita, preço da muda e da terra causam mudanças inversamente proporcionais na lucratividade.

Entre as variáveis estudadas, o preço da madeira foi que causou o maior impacto positivo na lucratividade de todos os tratamentos e idades de corte, enquanto a taxa de juros causou o maior impacto negativo.

Na análise de cenários, as variáveis significativas foram as mesmas, tanto para o cenário otimista quanto para o pessimista. O risco para se obter uma lucratividade alta é grande, já que, para isso, é necessário que ocorra uma combinação simultânea de taxa de juros e custo da terra baixos e preço e produtividade da madeira altos.

Com a mitigação dos riscos, por meio do controle de quatro variáveis, foi possível reduzir a zero o risco de investimento no plantio de candeia no espaçamento 1,5 x 3,0 m, na idade de 12 anos. Com esse procedimento é possível controlar as variáveis de risco em um projeto e torná-lo menos arriscado. Porém, o controle das variáveis nem sempre é possível, pois, na maioria das vezes, elas dependem de fatores externos e que não estão ao alcance do empreendedor.

As informações obtidas acerca dos riscos econômicos envolvidos no plantio de candeia servem como ferramenta de auxílio na tomada de decisões em relação a novos plantios dessa espécie e também como base para futuros experimentos com a mesma, visando o aprimoramento de seu cultivo.

REFERÊNCIAS

- ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. **Caracterização dos municípios mineiros**. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=estado&diretorio=munmg&arquivo=municipios&municipio=14600###Caracterizacao>>. Acesso em: 18 jan. 2011.
- BENTES-GAMA, M. M. et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'Oeste, RO. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 401-411, maio/jun. 2005.
- BERNARDI, P. B. **Análise de risco em investimentos imobiliários por simulação**. 2002. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- CARDOSO, D.; AMARAL, H. F. O uso da simulação de Monte Carlo na elaboração do fluxo de caixa empresarial: uma proposta para quantificação das incertezas ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENEGEP, 2000. 1 CD-ROM.
- CASTRO, C. de et al. Análise econômica do cultivo e extração do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 241-249, mar./abr. 2005.
- CASTRO, R. R. de et al. Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 353-359, out./dez. 2007.
- COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob condição de risco. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, out./dez. 2008.
- CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L. da. Rentabilidade e risco de investimento na produção de palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2010.
- CORRAR, J. L. **O modelo econômico da empresa em condições de incerteza: aplicação do método de simulação de Monte Carlo**. São Paulo: FIPECAFI, 1993. 11 p. (Caderno de Estudos, 8).

HACURA, A.; JAMADUS-HACURA, M.; KOTOT, A. Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique. **European Physical Journal B**, New York, v. 20, n. 4, p. 551-553, Apr. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carrancas, MG**: dados básicos. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=311460>>. Acesso em: 18 jan. 2011.

KALLIO, A. M. I. Accounting for uncertainty in a forest sector model using Monte Carlo simulation. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 9-16, Jan. 2010.

KNOKE, T.; MOOG, M.; PLUSZYK, N. On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 2, n. 3/4, p. 229-240, July 2001.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimentos na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 332 p.

MENDES, M. H.; SOUZA, R. C. **Análise quantitativa de risco**: um guia para modelagem pela simulação de Monte Carlo. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 2007. 35 p.

OLIVEIRA, A. D. de et al. Economic analysis of sustainable management of candeia. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 335-345, jul./set. 2010.

PALISADE CORPORATION. **@Risk**: risk analysis add-in for Excel. Version 5.5. New York, 2009. Software.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PROTIL, R. M. Análise de risco em povoamentos florestais. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 1999. 1 CD-ROM.

RANGEL, C. L. **Análise de risco com a simulação de Monte Carlo**. 2002. 63 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2002.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 386 p.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Saint Paul, 2007. 264 p.

SILVA, C. P. de C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 132 p. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SOUZA, J. L. M. de. **Modelo para a análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2001.

TAMAROZI, R. **Identificação, modelagem e mitigação de riscos em operações de comercialização de energia elétrica no mercado brasileiro**. 2002. 29 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

YATES, C. et al. The economic viability and potential of a novel poultry agroforestry system. **Agroforest System**, Dordrecht, v. 69, n. 1, p. 13-28, Jan. 2007.