

## ANÁLISE DE INVESTIMENTO DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL SOB SITUAÇÃO DE RISCO

Luiz Moreira Coelho Junior<sup>1</sup>, José Luiz Pereira de Rezende<sup>2</sup>, Antônio Donizette de Oliveira<sup>3</sup>,  
Luís Antônio Borges Coimbra<sup>4</sup>, Álvaro Nogueira de Souza<sup>5</sup>

(recebido: 16 de junho de 2008; aceito: 24 de outubro de 2008)

**RESUMO:** O sistema agroflorestal é a interação ecológica e econômica do uso da terra que combina a agricultura, pecuária e a produção florestal, seja em seqüência temporal ou de forma simultânea. Os estudos de investimento em projetos pressupõem a existência de riscos e incertezas. Uma alternativa para reduzir o risco no investimento florestal é a associação com a agropecuária. Este trabalho analisou as situações de risco de um sistema agrossilvopastoril, que é uma categoria do sistema agroflorestal. O método de Monte Carlo, que vem da Teoria dos Jogos, tem se destacado como uma ferramenta poderosa e útil para prover uma distribuição de probabilidades para a análise econômica e tomada de decisão. Utilizando o método de Monte Carlo, realizou-se, neste trabalho, 10.000 interações entre as variáveis que compõem o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Benefício Periódico Equivalente (BPE), a fim de montar uma distribuição de probabilidade. Os resultados indicaram que: as análises das variáveis de saída apresentaram resultados melhores do que os obtidos pelos métodos determinísticos; os preços do boi gordo e do carvão vegetal foram os componentes do sistema agrossilvopastoril que mais contribuíram para a variação e a instabilidade das variáveis de saída; o investimento no sistema agrossilvopastoril é de baixo risco.

Palavras-chave: Economia florestal, sistema agroflorestal, risco e incerteza, simulação de Monte Carlo.

### AGROFOREST SYSTEM INVESTMENT ANALYSIS UNDER RISK

**ABSTRACT:** Agroforestry System is the ecological and economical interaction of the use of the land, with the combination of agriculture, livestock and forest production, in temporary sequence and in a simultaneous way. The studies of investments in projects assume the existence of risks and uncertainties. An alternative to reduce the risk in the forest investment is the association with the agricultural. This work analyzed the situations of risk of a system agroflorestal. Monte Carlo's method comes from the theory of simulations and stands out as a powerful and useful tool to provide a distribution of probabilities for the analysis of decision. A total of 10,000 interactions of the Net Present Value (VPL), of Internal Rate of Return (TIR) and of the Equivalent Periodic Benefit (BPE) were made in order to establish the probability distribution. The results presented 78.65% of chance of VPL being US\$ 1,410.00; 77.56% of chance of TIR being 36.36%, and; 75.39% of chance of BPE being US\$ 309.70; the agroforestry system presented low investment risk; and the livestock is the main product of the agrossilvopastoril system, followed by charcoal.

Key words: Forest economy, agroforestry system, risk and uncertainty, simulation of Monte Carlo.

### 1 INTRODUÇÃO

O sistema agroflorestal (SAF) é uma forma de uso da terra que combina cultivos agrícolas e/ou, animais com espécies arbóreas lenhosas (frutíferas e/ou, madeireiras), seja em seqüência temporal ou de forma simultânea e que interagem ecológica e economicamente (YOUNG, 1991). Os SAF produzem maior número de produtos e otimizam as interações entre eles, diminuindo a necessidade de insumos

e reduzindo os impactos ambientais negativos (externalidades) do monocultivo (NAIR, 1993).

A globalização da economia resultou em maior preocupação com relação a risco e incerteza, pois a integração internacional faz com que as atividades produtivas e as estratégias se tornem mais dinâmicas, envolvendo também questões políticas, econômicas e sociais.

Os estudos de investimentos em projetos, normalmente, pressupõem a existência de riscos e

<sup>1</sup>Economista, MSc., Doutorando em Engenharia Florestal pelo Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lmcjunior@hotmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, Ph.D., Pesquisador visitante do Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – jlprezen@ufla.br

<sup>3</sup>Engenheiro Florestal, DSc. Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – donizete@ufla.br

<sup>4</sup>Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando em Engenharia Florestal pelo Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – totborges@ufla.br

<sup>5</sup>Engenheiro Florestal, DSc. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal – Universidade de Brasília/UnB – Cx. P. 4357 – 70910-900 – Brasília, DF – ansouza@unb.br

incertezas, que estão associados às perdas relativas aos fenômenos da natureza; aos recursos decorrentes dos fatores de produção (econômico); valores monetários (financeiro); tecnológicos; administrativos e legais (BERNSTEIN, 1997; SECURATO, 1996).

As análises de investimentos tradicionais usam uma série de ferramentas determinísticas para a tomada de decisão. As principais são: Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) (GITMAN, 2001; REZENDE & OLIVEIRA, 2008). A principal deficiência desses métodos é que as variáveis envolvidas são determinadas de forma estática sem que os riscos e incertezas, que estão sempre presentes, sejam incluídos e analisados, ignorando possíveis acontecimentos ou externalidades que possam alterar o cenário nos quais estão inseridos (DIXIT & PINDICK, 1994).

A produção florestal tem características de investimentos de médio a longo prazo que envolve um alto capital imobilizado na implantação do projeto. A produção de madeira como fenômeno biológico não é evento determinístico, mas sim probabilístico, pois sua produtividade envolve sempre um grau de risco ou incerteza. Para Bentes-Gana et al. (2005) a prática dos SAF é uma alternativa que visa reduzir o risco no investimento florestal, com associações de florestas e agropecuária.

Para contornar esses fatos, alguns autores utilizam a análise de sensibilidade para diminuir a incerteza e o risco envolvidos nas variáveis na produção florestal. Dentre as aplicações da análise de sensibilidade em sistemas agroflorestais podem-se destacar: Oliveira et al. (2000), Santos & Paiva (2002), Silva et al. (1997) e Souza et al. (2007).

Dentre as variáveis envolvidas nas análises de investimentos florestais destacam-se: taxa de juros, preço da terra, preço da madeira, custo de colheita, custo de transporte, custo de implantação, etc. De modo geral, a análise de sensibilidade envolve a aplicação de apenas uma variável de cada vez, ou a combinação simples das mesmas, para determinar sua influência na viabilidade econômica.

O uso de metodologias envolvendo a interação do risco e da incerteza nas variáveis das análises de investimentos no setor florestal iniciou-se no séc. XXI com Bentes-Gana et al. (2005), Castro et al. (2007) e Noce et al. (2005).

Como as variáveis envolvidas no projeto (fluxo de caixa) não são constantes no tempo, é necessário o uso de

metodologias que abordem uma interação entre elas nas análises. Para minimizar o risco do investimento, deve-se levar em consideração a possibilidade de redução dos custos operacionais, melhoria na produtividade do empreendimento e racionalização do fluxo de produção.

Para reduzir o risco no processo de tomada de decisões econômicas, dentre as alternativas existentes, o uso do método de Monte Carlo se destaca como uma ferramenta poderosa e útil. Essa metodologia é aplicada nos casos em que há uma distribuição de probabilidades das variáveis envolvidas, possível de ser captada através de uma representação probabilística.

Analisou-se, neste trabalho, as situações de risco, no noroeste do Estado de Minas Gerais, de um sistema agrossilvopastoril que é uma categoria do sistema agroflorestal, por meio do método de Monte Carlo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Objeto de estudo

A área em que está instalado o sistema agrossilvopastoril analisado pertence à Vmetais – Unidade Aço Florestal Grupo Votorantin, localizada no município de Vazante (17°36'09"S e 46°42'02"W), estado de Minas Gerais. Apresenta clima tipo *Aw* de acordo com a classificação Köppen, sendo inverno seco e verão chuvoso, com precipitações anuais em torno de 1.450 mm, temperatura média anual de 24° C e altitude de 550m.

O sistema agrossilvopastoril foi instalado em dezembro de 1993, em talhões de clones híbridos naturais *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, com espaçamento 10x4m (orientado nas linhas no sentido leste-oeste). Na implantação da floresta, o eucalipto foi consorciado com arroz (*Orizya sativa*, cultivar Guarany), plantado no espaçamento 0,45m nas entre-linhas. Um ano após, ao povoamento florestal foi associada a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cultivar Conquista), cultivada no espaçamento de 0,45m. A formação da pastagem de *Brachiaria brizantha* associada à floresta foi realizada dois anos após a implantação do sistema. A pecuária de corte foi agregada ao sistema do 3° até o 6° ano, compreendendo até o final do ciclo da floresta. A viabilidade econômica desse sistema foi determinada por Souza et al. (2007).

Os investimentos em projetos assumem a existência de riscos econômicos, financeiros, tecnológicos, administrativos, legais e naturais. Os riscos pressupõem a possibilidade de algo não dar certo, dentro de uma distribuição de probabilidades previstas.

O método de Monte Carlo, por sua facilidade de utilização, fornece várias alternativas de previsão da distribuição de probabilidades para a tomada de decisão, destacando-se, assim, dentro das teorias de simulação.

A análise de risco, utilizando a técnica de simulação de Monte Carlo, é apresentada na seqüência.

## 2.2 Desenvolvimento do modelo

Para analisar o investimento, considerando os riscos e as incertezas do sistema agrossilvopastoril, foi utilizado o fluxo de caixa do melhor sistema agrossilvopastoril, determinado por Souza et al. (2007), ou seja, o sistema constituído por arroz, soja, pecuária de corte e eucalipto, com idade ótima de corte aos 6 anos, na classe de sítio de 21,5m.

Os preços dos produtos agrossilvopastoris disponíveis encontram-se em moedas e indicadores econômicos diferentes, sendo necessário colocá-los em uma única moeda e em um indicador para que se possa compará-los.

Os preços foram convertidos em dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) a preço de venda (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2008). O dólar é a moeda utilizada como parâmetro para o comércio internacional e para o mercado financeiro.

A inflação expressa o aumento médio de preços de uma economia ou de segmentos dessa economia, provocando perda do poder aquisitivo da moeda. Os valores foram deflacionados por indexadores de inflação para reajustar os preços. O indicador utilizado foi *Consumer Price Index* (CPI) base (dez/2005=100) publicado pelo Bureau of Labor Statistics (2007). A fórmula para calcular o preço real é dada por:

$$P_r = \frac{P_n}{Índice} * 100$$

Onde,

$P_r$  = Preço Real,

$P_n$  = Preço Nominal ou Corrente,

$Índice$  = Indicador Econômico.

O período-base utilizado para correção desses valores foi dezembro de 2005=100, para ficar mais próximo da realidade, em que os dados serão analisados. Contudo, devem-se evitar os “anos anormais”, isso é, períodos com guerras, recessões e crises econômicas que podem distorcer os valores reais ou deflacionados (HOFFMANN, 2002). A base do deflator escolhida apresenta essas características necessárias para se usar como referência.

### 2.2.1 Identificação da Incerteza e do Risco

Para a elaboração da análise de investimento em situação de risco é necessário identificar as oportunidades e as ameaças que influenciam as variáveis envolvidas no projeto.

As ameaças que podem afetar a economicidade do projeto são: clima (chuva e seca), incêndio florestal, falta de mão-de-obra qualificada, retrabalho, atraso de entrega de material por fornecedores, incompatibilização dos projetos com a respectiva execução, especificação do fluxo de caixa desatualizada, alteração do escopo, etc.

As oportunidades do sistema agrossilvopastoril são: escolha de material genético mais produtivo, custo menor que o previsto, preço de venda dos produtos maior que o previsto, surgimento de materiais alternativos mais baratos e eficientes.

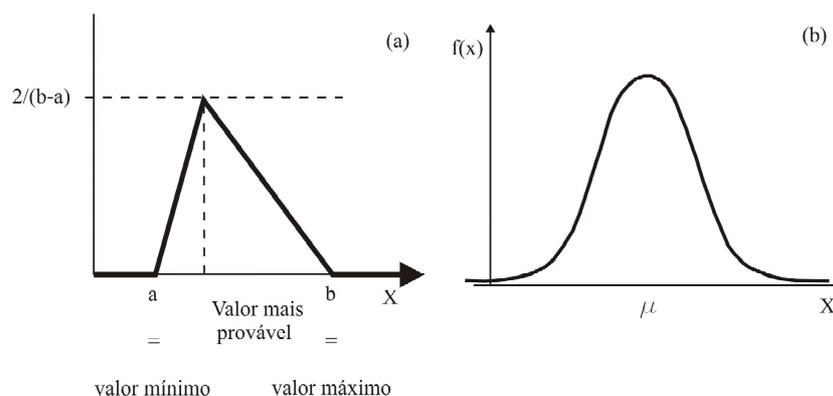
Para a simulação das variáveis, é necessário que se defina a distribuição de probabilidade (Figura 1) que melhor se ajuste às séries de dados usadas. Esse procedimento se repete para todas as variáveis de risco do modelo.

Para a maioria das variáveis do modelo, que constam nas Tabelas 1 e 2, optou-se em utilizar a distribuição triangular [Figura 1 (a)], pois para defini-las, atribuíram-se apenas valores máximos, mínimos e mais prováveis, considerando-se um grau de certeza razoável para a análise do investimento.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores mais prováveis das variáveis, determinados por Souza et al. (2007) e os valores máximos e mínimos das mesmas. Os valores mais prováveis foram cotados em julho de 2004, tendo sido deflacionados pelo Indexador CPI, base dez/05=100.

A Tabela 1 apresenta os dispêndios relacionados por atividade. Para o eucalipto, foram os custos de implantação, das manutenções anuais, da colheita, do transporte, da carbonização da madeira e do transporte do carvão. Para a soja e o arroz, foram os custos de cultivo, aos quais se agregaram todos os gastos desde o plantio até a colheita. Para a pecuária, foram os custos aquisição de novilhos, manutenção e insumos diversos.

Os custos da pecuária de corte foram especificados de acordo com a época em que foram inseridos, para engorda, 1,5 novilhos por hectare, com 8,25 arrobas, em média. Cada animal ganha em média 5,5 arrobas de peso por ano, o que equivale a 8,25 @/ha.ano<sup>-1</sup>. O custo da terra considerado foram os juros reais sobre seu valor.



**Figura 1** – Distribuição triangular (a) e distribuição normal (b).

*Figure 1* – Triangular distribution (a) and normal distribution (b).

**Tabela 1** – Custos das diversas atividades do sistema agrossilvopastoril.

*Table 1* – Costs of various activities of the agrossilvopastoris system.

Discriminação do custo	Ano	Mínimo	Mais provável	Máximo
Implantação (US\$/ha)	0	546,28	606,98	667,68
Cultivo de arroz (US\$/ha)	0	192,74	214,16	235,57
Manutenção do eucalipto (US\$/ha)	1	83,54	92,82	102,10
Cultivo de soja (US\$/ha)	1	239,23	265,81	292,39
Manutenção do eucalipto (US\$/ha)	2	73,65	81,83	90,02
Formação de pastagem (US\$/ha)	2	90,29	100,32	110,35
Manutenção do eucalipto (US\$/ha)	3	66,19	73,54	80,89
Infra-estrutura da pecuária (US\$/ha)	3	47,83	53,14	58,45
Manutenção do eucalipto (US\$/ha)	4 a 5	40,25	44,72	49,19
Manutenção do eucalipto (US\$/ha)	6	52,57	58,41	64,25
Insumos da pecuária (US\$/ha)	3 a 6	17,88	19,86	21,85
Mão-de-obra da pecuária (US\$/ha)	3 a 6	4,94	5,49	6,04
Depreciação de bens à pecuária (US\$/ha) <sup>1</sup>	3 a 6	0,70	0,77	0,85
Aquisição de novilhos (US\$/ha)	3 a 6	145,10	161,22	177,34
Administração (US\$/ha)	1 a 6	27,71	30,78	33,86
Terra (US\$/ha)	1 a 6	25,13	27,92	30,71
Colheita (US\$/m <sup>3</sup> )	6	3,22	3,58	3,94
Transporte da madeira até a carvoaria ou serraria (US\$/m <sup>3</sup> )	6	2,86	3,18	3,50
Carbonização (US\$/MDC) <sup>2</sup>	6	2,07	2,30	2,53
Transporte do carvão até a siderúrgica (US\$/MDC) <sup>3</sup>	6	4,19	4,65	5,12
Taxa mínima de atratividade (%)	1 a 6	6	10	14

<sup>1</sup>Os bens relacionados à pecuária são: moradia para vaqueiros, depósito, curral, cerca elétrica, aguadas e saleiras de alvenaria, arreios e outros acessórios para montaria, animais de serviço (cavalos). O valor da depreciação dos bens relacionados às demais atividades já se encontra acrescido ao seu custo;

<sup>2</sup>Taxa de conversão mst de madeira/MDC de carvão = 2,2; Taxa de conversão: m<sup>3</sup> de madeira/MDC de carvão = 1,47. Fator de empilhamento: 1,5;

<sup>3</sup>A distância da CMM ao mercado siderúrgico é de cerca de 450 km

A Tabela 2 apresenta a estrutura das quantidades produzidas e os preços pagos pelos produtos agroflorestais.

Com relação aos preços dos produtos agrossilvopastoris (Figura 2), foram utilizadas bases históricas publicadas em anuários estatísticos, que apontam para uma distribuição normal [Figura 1 (b)]. Nesse caso é necessário informar a média ( $\mu$ ) e desvio padrão ( $\sigma$ ) dos preços dos produtos agrossilvopastoris (Tabela 3) para a simulação usada no presente trabalho.

A Figura 3 apresenta o histograma da frequência relativa dos preços dos produtos agrossilvopastoris. Para a série de preços do arroz em casca e da soja, usou-se o período de jan/98 a jul/07, para o boi gordo, o período de jan/87 a dez/06, praticados no Estado de São Paulo (AGRIANUAL, 2008; ANUALPEC, 2007). Para a série de preços do MDC, usou-se o período de jan/97 a dez/06, praticados no estado de Minas Gerais (AMS, 2007).

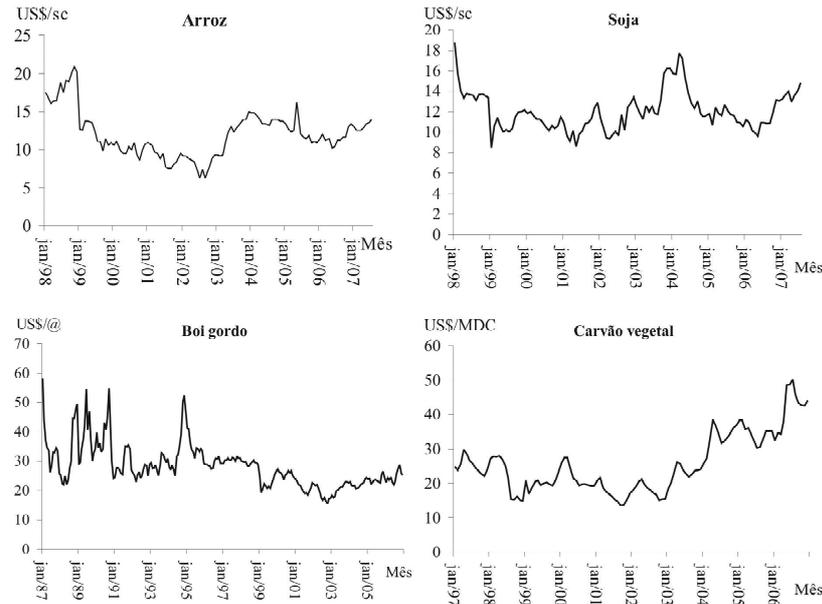
**Tabela 2** – Preços, quantidades e receitas dos produtos do sistema agrossilvopastoril.

**Table 2** – Prices, amounts and income of the agrossilvopastoris system products.

Discriminação	Ano	Mínimo	Mais provável	Máximo
Arroz (sc/ha)	0	18,14	20,16	22,18
Soja (sc/ha)	1	19,44	21,60	23,76
Boi gordo (@/ha)	3 a 6	14,85	16,50	18,15
Material lenhoso proveniente da limpeza de área (st/ha)	0	37,13	41,25	45,38
Material lenhoso proveniente da limpeza de área (US\$/st) <sup>1</sup>	6	3,35	3,72	4,09
Carvão entregue na siderúrgica (MDC/ha)	6	39,24	43,60	47,96
Produto Florestal <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	6	21,32	23,69	26,06
Produto Florestal (US\$/m <sup>3</sup> )	6	117,25	130,28	143,31

<sup>1</sup>CPI, Base dez/2005 = 100.

<sup>2</sup>O preço de venda é para a entrega dos produtos florestais (tábuas de 14 cm de largura, 2,80 m de comprimento e 37 mm de espessura) no pátio da serraria.

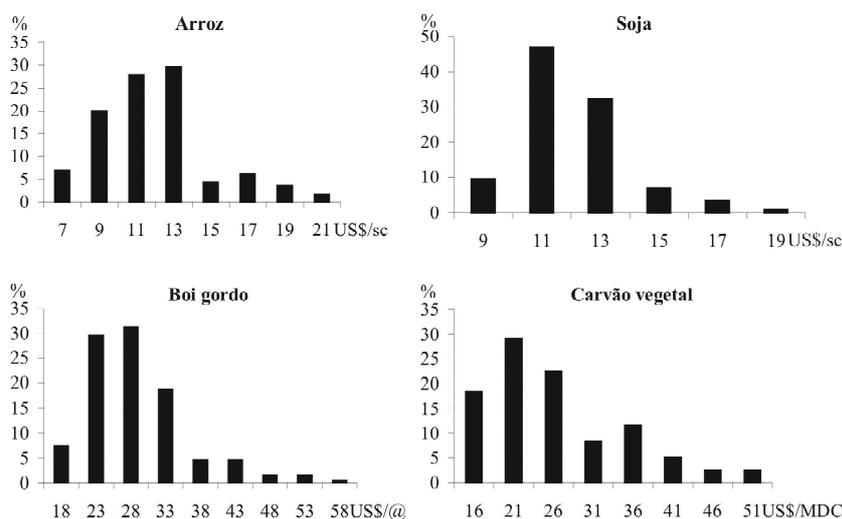


**Figura 2** – Comportamento dos preços dos produtos agrossilvopastoris (CPI, Base dez/2005 = 100).

**Figure 2** – Behavior of agrossilvopastoris products prices (CPI, base Dez/2005 = 100).

**Tabela 3** – Estatística descritiva dos preços dos produtos agrossilvopastoris.**Table 3** – Descriptive statistics of agrossilvopastoris product prices.

	Arroz (sc)	Soja (sc)	Boi Gordo (@)	Carvão vegetal (MDC)
n° de observações	115	115	240	120
Valor mínimo (US\$)	6,20	8,50	15,40	13,33
Valor Máximo (US\$)	20,98	18,79	58,10	50,99
Amplitude dos dados	14,78	10,29	42,70	36,76
Média	11,97	12,07	28,32	25,62
Desvio padrão	3,01	1,92	7,47	8,60

**Figura 3** – Distribuição de frequência relativa dos produtos agroflorestais.**Figure 3** – Relative frequency distribution of agrossilvopastoris products.

### 2.2.2 Identificação das variáveis de análise ou variáveis de saída

Os critérios de análise de investimento utilizados no sistema agrossilvopastoril foram os indicados por Rezende & Oliveira (2008) e Silva et al. (2002):

$$\text{Valor Presente Líquido (VPL), } VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}$$

$$\text{Benefício Periódico Equivalente (BPE), } BPE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$\text{Taxa Interna de Retorno (TIR), } \sum_{j=0}^n R_j (1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1+TIR)^{-j}$$

em que:

$C_j$  = custos ao final do ano  $j$ ;

$R_j$  = receita ao final do ano ou do período de tempo considerado;

$i$  = taxa de atratividade do capital;

$n$  = duração do projeto, em anos;

### 2.2.3 Simulação e Análises dos Modelos

Após montado o fluxo de caixa, foram realizadas 10.000 simulações para cada variável de saída, utilizando números pseudo-aleatórios, isso é, gerou-se uma série de valores para a variável de análise para a obtenção de sua distribuição de frequência simples e acumulada. Obtida a distribuição de probabilidades das variáveis de saída, tomase a decisão com base nas informações encontradas e levando-se em consideração outros aspectos relevantes do projeto.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Souza et al. (2007), o sistema agrossilvopastoril mais viável economicamente foi o da classe de sítio de 21,5m, com corte aos seis anos, cujo fluxo de caixa é apresentado na Tabela 4. A madeira

proveniente desse sistema foi usada para a produção de carvão (50% do volume) e para a serraria (50% do volume), obtendo-se os seguintes resultados financeiros: VPL = US\$ 979,93; BPE = US\$ 225,00; TIR = 28,07%.

Após determinar os produtos produzidos pelo sistema agrossilvopastoril, incorporou-se as variáveis de risco no modelo, de acordo com a Teoria dos Jogos. Essa teoria estabelece estratégias para o tomador de decisões,

**Tabela 4** – Fluxo de caixa para o sistema agrossilvopastoril.

*Table 4* – Cash flow of the agrossilvopastoril system.

Ano	Fonte de receita	US\$/ha	Tipo de custo	US\$/ha	US\$/ha
0	Material lenhoso da limpeza da área	153,55	Implantação de eucalipto	606,98	
	Venda de arroz	162,59	Cultivo de arroz	214,16	
	<i>Subtotal</i>	316,14		821,14	-505,00
1	Venda de soja	194,30	Manutenção do eucalipto	92,82	
			Cultivo de soja	265,81	
			Despesas administrativas	30,78	
			Terra	27,92	
	<i>Subtotal</i>	194,30		417,33	-223,03
2			Manutenção do eucalipto	81,83	
			Despesas administrativas	30,78	
			Formação de pastagem	100,32	
			Terra	27,92	
	<i>Subtotal</i>			240,86	-240,86
3	Venda de boi	291,74	Manutenção do eucalipto	73,54	
			Despesas administrativas	30,78	
			Infra-estrutura da pecuária	53,14	
			Insumos da pecuária	19,86	
			Mão-de-obra da pecuária	5,49	
			Depreciação	0,77	
			Aquisição de novilhos	161,22	
			Terra	27,92	
	<i>Subtotal</i>	291,74		372,72	-80,99
4	Venda de boi	291,74	Manutenção do eucalipto	44,72	
			Despesas administrativas	30,78	
			Insumos da pecuária	19,86	
			Mão-de-obra da pecuária	5,49	
			Depreciação	0,77	
			Aquisição de novilhos	161,22	
			Terra	27,92	
				<i>Subtotal</i>	291,74
5	Venda de boi	291,74	Manutenção do eucalipto	44,72	
			Despesas administrativas	30,78	
			Insumos da pecuária	19,86	
			Mão-de-obra da pecuária	5,49	
			Depreciação	0,77	
			Aquisição de novilhos	161,22	
			Terra	27,92	
				<i>Subtotal</i>	291,74
6	Venda de boi	291,74	Manutenção do eucalipto	58,41	
	Venda de madeira colhida p/ serraria	2.023,23	Despesas administrativas	30,78	
	Venda de madeira colhida p/ carvão	833,17	Insumos da pecuária	19,86	
			Mão-de-obra da pecuária	5,49	
			Depreciação	0,77	
			Aquisição de novilhos	161,22	
			Terra	27,92	
			Colheita	457,83	
	<i>Subtotal</i>	3168,14		762,29	2.405,85

levando-se em consideração as atitudes, as ações e as reações dos atores para a maximização do *payoff* esperado.

A técnica aplicada para encontrar os resultados ligados às premissas iniciais foi a simulação de Monte Carlo. Essa técnica reproduziu situações supostamente semelhantes às reais, através de números pseudo-aleatórios. As simulações foram realizadas por meio de dados hipotéticos no fluxo de caixa, caracterizando as situações de incerteza na geração da distribuição de probabilidades dos VPL, BPE e TIR.

A distribuição de frequência acumulada do VPL estimado fornece o nível de risco para cada uma de suas estimativas. A Figura 4a indica, como exemplo, que há 0,55% de chance do VPL = US\$ 0,00 e 78,65% de chance do VPL = US\$ 1.410,00 acumulada sobre o histograma projetado. A viabilidade econômica encontrada por Souza et al. (2007), VPL = US\$ 979,93, tem apenas 42,20% de probabilidade de estar correta.

A Figura 4b apresenta a correlação das variáveis na composição da probabilidade do VPL. As variáveis preços dos produtos agrossilvopastoris apresentam forte correlação positiva com o VPL, principalmente o preço do boi gordo, o preço do MDC e o preço da madeira serrada. Contudo, a taxa de juros apresenta correlação negativa. As contribuições dessas variáveis para a composição da distribuição de probabilidade do VPL foram de 55,47% para o preço do boi gordo, 23,79% para

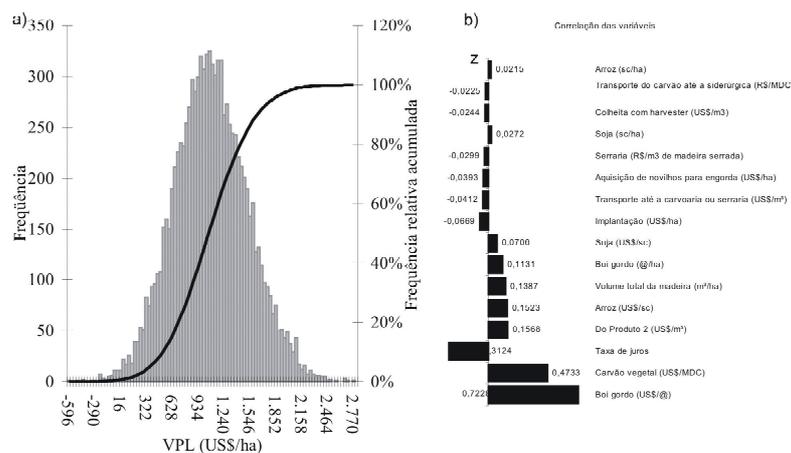
o preço do MDC, 10,36% da taxa de juros e 2,61% para o preço da madeira serrada.

A distribuição de probabilidade de ocorrência da TIR, apresentada na Figura 5a, indica que há 77,56% de probabilidade da TIR ser igual a 36,36%, e 1,72% de ser igual a 14%, conforme estabelecido pela maior taxa mínima de atratividade usada na Tabela 1. A TIR encontrada por Souza et al. (2007) foi de 28,07%, porém a probabilidade de esse valor acontecer é de apenas 36,04%.

A Figura 5b apresenta a correlação das variáveis na distribuição de probabilidade da TIR. As variáveis preços dos produtos agrossilvopastoris, principalmente o preço do boi gordo, preço do MDC, preço do arroz e preço da soja apresentam forte correlação com a TIR. A contribuição dessas variáveis para a composição da distribuição de probabilidade foram de 65,19%, para o preço do boi gordo, de 14,69%, para o preço do MDC, de 9,56%, para o preço do arroz, e de 2,72%, para o preço da soja.

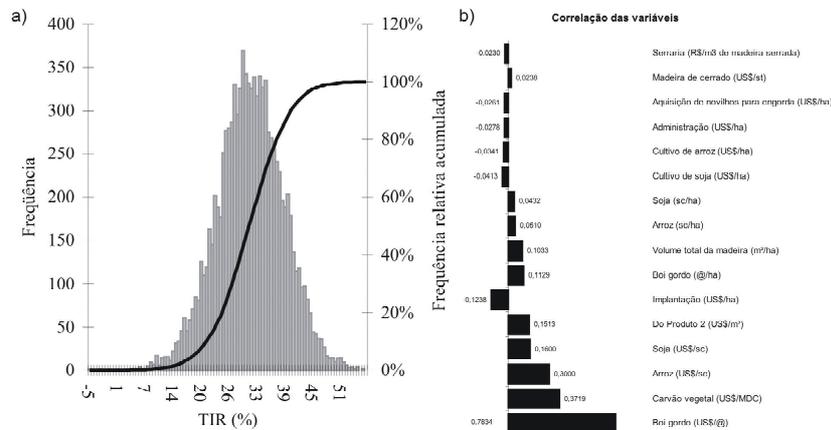
A Figura 6a indica que o BPE tem 75,39% de chances de ser US\$ 309,70 contra 42,73% de chances de ser o valor calculado por Souza et al. (2007), que foi US\$225,00.

A Figura 6b apresenta a correlação das variáveis na composição da probabilidade do BPE. As variáveis preços dos produtos agrossilvopastoris, principalmente o preço do boi gordo, preço do MDC, preço do arroz e o



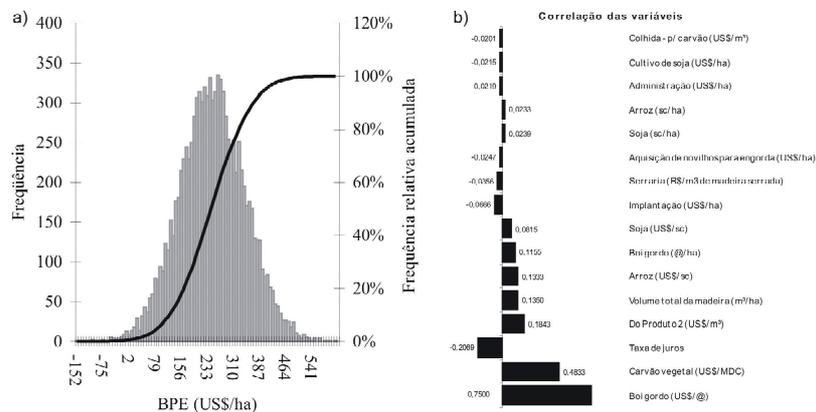
**Figura 4** – Histograma, curva de distribuição acumulada (a) e correlação das variáveis resultantes da simulação de Monte Carlo (b), para o VPL.

**Figure 4** – Histogram, curves of accumulated distribution (a) and correlation of the resultant variables of Monte Carlo's simulation (b), for VPL.



**Figura 5** – Histograma, curva de distribuição acumulada (a) e correlação das variáveis resultantes da simulação de Monte Carlo (b) para a TIR.

*Figure 5* – Histogram, curves of accumulated distribution (a) and correlation of the resultant variables of Monte Carlo's simulation (b) for TIR.



**Figura 6** – Histograma, curva de distribuição acumulada (a) e correlação das variáveis resultantes da simulação de Monte Carlo (b) para o BPE.

*Figure 6* – Histogram, curves of accumulated distribution (a) and correlation of the resultant variables of Monte Carlo's simulation (b) for BPE.

preço da soja, apresentam forte correlação positiva com o BPE. Contudo, a taxa de juros apresenta correlação negativa. A contribuição dessas variáveis para a composição da distribuição de probabilidade foi de 65,19% para o preço do boi gordo, 14,69% para o preço do MDC, 9,56% para o preço do arroz e 2,72% para o preço da soja.

A análise dos percentís, apresentada na Tabela 5, indica que há alta viabilidade econômica do sistema agrossilvopastoril. Com 10 % de probabilidade o VLP e o BPE já apresentam-se positivos e a TIR já se apresenta

superior à taxa mínima de atratividade (taxa de mercado) 14%.

As medidas estatísticas de posição média, mediana, assimetria e curtose indicam que a distribuição dos valores de saída do VPL, BPE e TIR seguem a distribuição normal, uma vez que os valores da média e da mediana são próximos entre si, a curtose para as variáveis de saída são próximas de 3 (valor escolhido) e a assimetria, para as três variáveis, também apresentou valores muito baixos. O erro padrão da média, que indica a precisão das estimativas, indica que a

**Tabela 5** – Estatística descritiva das variáveis de saída do sistema agrossilvopastoril.**Table 5** – Descriptive statistics of the exit variables of the system agrsilvopastoril.

Estatística	VPL	BPE	TIR
Número de interações	10000	10000	10000
Média	1.067,01	243,46	30,71%
Mediana	1.056,97	242,47	30,76%
Desvio padrão	435,50	96,47	7,53%
Variância	189.655,99	9.305,83	0,57%
Assimetria	0,10350	0,01548	-0,10387
Curtose	3,03	3,01	3,25
Coefficiente de Variabilidade	0,40815	0,39624	0,24523
Mínimo	-627,76	-154,01	-5,81%
Máximo	2.749,66	607,33	56,32%
Amplitude dos dados	3.377,42	761,34	62,13%
Erro padrão médio	4,35	0,96	0,08%
Percentis	VPL	BPE	TIR
0%	-627,76	-154,01	-5,81%
10%	515,73	120,71	21,19%
20%	699,32	162,50	24,70%
30%	836,73	193,27	26,95%
40%	949,20	218,31	28,93%
50%	1.056,97	242,47	30,76%
60%	1.165,40	266,55	32,66%
70%	1.285,27	293,10	34,56%
80%	1.430,31	325,03	37,01%
90%	1.630,32	368,04	40,17%
100%	2.749,66	607,33	56,32%

TIR é um critério mais adequado para mensurar o grau de dispersão dos resultados, isso é, dá mais tranquilidade ao tomador de decisões.

Quanto mais domínio e conhecimento o gestor do empreendimento tiver sobre as circunstâncias de mercado, mais precisa será sua tomada de decisão. Se, com base no método de Monte Carlo, as decisões tomadas apresentarem mais de 50% de probabilidade de estarem corretas, as decisões tomadas já serão superiores àquelas tomadas com base nos métodos tradicionais de avaliação econômica.

#### 4 CONCLUSÕES

O método de Monte Carlo é uma ferramenta útil e adequada para a análise do sistema estudado, proporcionando maior grau de certeza na tomada de decisão, minimizando os riscos de decisões equivocadas.

Os resultados indicaram que há 78,65% de chance do VPL ser US\$ 1.410,00; 77,56% de chance de a TIR ser 36,36%, e; 75,39% de chance do BPE ser US\$ 309,70.

As análises das variáveis de saída apresentaram resultados de viabilidade econômica melhores do que aqueles obtidos pelos métodos determinísticos usados por Souza et al. (2007).

Os preços do boi gordo e do carvão vegetal são os componentes do sistema que mais contribuíram para a variação e a instabilidade das variáveis de saída, aproximadamente 80%.

Os preços da madeira serrada, da soja e do arroz não contribuíram, significativamente, para explicar a variação da distribuição das variáveis de saída.

De acordo com as análises realizadas, o sistema agrossilvopastoril estudado se apresenta como investimento de baixo risco.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: IFNP, 2008.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: IFNP, 2008.
- AMS. **Estudos setoriais**. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2007.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/séries/historicas>>. Acesso em: 15 jan. 2008.
- BENTES-GANA, M. M.; SILVA, M. L.; VILCAHUMÁN, L. J. M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho D'Oeste – RO. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 401-411, 2005.
- BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses**: a fascinante história do risco. 10. ed. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- BUREAU OF LABOR STATISTIC. **Consumer price index**. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2007. Disponível em: <<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.request/cpi/cpiat.txt>>. Acesso em: 3 dez. 2007.
- CASTRO, R. R.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R. Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 353-359, out./dez. 2007.
- DIXIT, A. K.; PINDICK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University, 1994. 468 p.
- GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**: essencial. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 610 p.
- HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. 430 p.
- NAIR, P. K. R. **Introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499 p.
- NOCE, R.; SILVA, M. L.; MENDES, L. M.; SOUZA, A. L.; SILVA, O. M.; OLIVEIRA, J. M.; CARVALHO, R. M. M. A. Preço relativo e competitividade no mercado internacional de compensado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 51-56, 2007.
- OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVEIRA, V. P. Análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de cerrado. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 1-19, 2000.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 386 p.
- SANTOS, M. J. C.; PAIVA, S. N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 135-141, 2002.
- SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996. 244 p.
- SILVA, A. L.; VALVERDE, S. R.; PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Viabilidade econômica do reflorestamento do eucalipto consorciado com a cultura do feijão: um estudo de caso. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 12, n. 4, p. 527-536, 1997.
- SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; MELLO, J. M. Viabilidade econômica de um sistema agrossilvopastoril. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2007.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. New York: CAB International, 1991. 276 p.