

## Capítulo V

# Maximizando o retorno do investimento em projetos florestais no Norte de Minas Gerais: análise econômica a partir da rotação florestal

Recebido em: 27/11/2020

Aceito em: 30/11/2020

 10.46420/9786588319482cap5

Stanley Schettino<sup>1\*</sup> 

Lucas Alair Dias<sup>1</sup> 

Edy Eime Pereira Baraúna<sup>1</sup> 

Denise Ransolin Soranso<sup>2</sup> 

## INTRODUÇÃO

A determinação da idade de corte de um projeto de reflorestamento, também chamada de rotação florestal, é uma das fases mais importantes no conjunto das técnicas de manejo e planejamento florestal. No caso específico do negócio florestal, em que o objetivo principal é a maximização do lucro, esta fase reveste-se da maior importância, em razão do alto custo do empreendimento (Resende et al., 2004), do longo período de maturação do negócio, das variações mercadológicas (preço de venda da madeira) e das incertezas inerentes ao desenvolvimento florestal.

O plantio florestal apresenta um ciclo de produção relativamente longo comparado com outros ciclos produtivos como exemplo as culturas agrícolas, por isso a tomada de decisão é mais complexa neste caso. Assim como todo investimento, os planejadores precisam decidir quanto produzir (área), como produzir (espaçamento, manejo, etc) e para quem produzir, ou seja, para energia, celulose ou serraria. O estudo de viabilidade econômica da colheita da madeira é fundamental para garantir o momento ótimo de maximização do negócio florestal.

Os projetos de reflorestamento, independentemente da espécie plantada, caracterizam-se pelo elevado risco, técnico e econômico a que estão sujeitos. Na maioria das vezes, esses riscos estão associados ao horizonte de planejamento devido à sua natureza de longo prazo, pois com tempo vários eventos podem ocorrer como, por exemplo, incêndios, ataques de pragas, ocorrências de doenças, sinistros e ameaças de mercado, prejudicando a viabilidade do projeto e a atratividade do mesmo (Valverde et al., 2004). Ainda, de acordo com os autores, soma-se a isso o fato de os projetos florestais se caracterizarem por longo prazo, baixa rentabilidade, pouca atratividade, baixo coeficiente preço sobre peso específico e exigência de elevado investimento inicial.

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Montes Claros - MG

<sup>2</sup> Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Itajubá - MG.

\* Autor(a) correspondente: schettino@ufmg.br

Outro aspecto que diferencia o setor florestal é a possibilidade de que o usufruto ou o corte da madeira seja feito a depender da oportunidade da época, da rentabilidade da floresta, etc, de forma que a idade ótima de rotação não é necessariamente pré-determinado como na agricultura, que acontece no fim do período da cultura, inexoravelmente. Os plantios florestais permitem essa flexibilidade de antecipar ou postergar cortes; a depender da produtividade da floresta, das estruturas de custo do povoamento e dos valores de venda da madeira. Esses aspectos trazem muito mais complexidade às atividades florestais e nas decisões que são baseadas em lucratividade (Graça et al., 2000).

De acordo com Casarotto Filho et al. (2010), as alternativas para a solução de problemas sob condições de incerteza são: análise de sensibilidade e simulação. É preciso transformar as incertezas em riscos através do processo de simulação, ou seja, apontar as possibilidades futuras a partir de mudanças nas variáveis que mais influenciam a tomada de decisão. A transformação das incertezas em riscos é condição para a criação de cenários que subsidiam as simulações. Portanto, é necessário a compreensão dos diversos fatores envolvidos no processo de colheita da madeira, e analisar quando será possível a maximização dos resultados econômicos dessa colheita, considerando a taxa de juros e preço real da madeira.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o melhor momento para a colheita da madeira, considerando os fatores de mercado (preço de venda da madeira e taxa de juros) e os do povoamento (Incremento Médio Anual - IMA e idade de colheita), de forma a maximizar o retorno do investimento no negócio florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Caracterização da área de estudo*

Os dados foram coletados em áreas de uma empresa florestal localizada nas regiões dos vales dos Rios Jequitinhonha e São Francisco, Estado de Minas Gerais, situadas entre os meridianos de 42°48'00" a 43°43'00" de longitude a Oeste de Greenwich e os paralelos de 16°49'00" a 17°42'00" de latitude a Sul da linha do Equador. A altitude varia entre 600 e 1.100 m.

A região abrange áreas com precipitação medial anual que vão de 750 mm até 1.400 mm. Segundo a classificação climática de Köppen, os tipos climáticos predominantes na região são o Aw - tropical chuvoso de savana, ou seja, inverno seco e chuvas máximas no verão, e a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março (Nascimento et al., 2011) e Cwb - temperado chuvoso e moderadamente quente, com preponderância de chuvas em verões brandamente quentes (Meira Junior et al., 2017).

Na área de estudo, as florestas são, em sua totalidade, cultivadas com eucaliptos em povoamentos de clones híbridos (*Eucalyptus urophiella* x *E. grandis*) com produtividade média de 245 m<sup>3</sup>/ha, em regime de alto fuste com rotação de 7 anos de idade, espaçamento 3 x 3 m, sempre em relevo plano a suave

ondulado. A colheita, por sua vez, era realizada através do sistema de árvores inteiras (*full-tree*), sistema em que, de acordo com Malinovski et al. (2014), a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, onde é processada em forma de pequenas toras, com menos de 6 m de comprimento.

### ***Custos e receitas envolvidos na produção florestal***

Na Tabela 1 são apresentados os custos totais, distribuídos de acordo com as operações necessárias à implantação e manutenção de um hectare de floresta de eucalipto, dadas as condições da área estudada, desde o plantio até o carregamento da madeira no pátio.

Os custos (de implantação e manutenção no ano 1 até a época de colheita) foram convertidos em custos por hectare (R\$/ha) e agrupados para analisar as diferentes variáveis, admitindo que a taxa de juros do mercado é fixa (8%). Foram utilizadas estimativas de produtividades dos povoamentos: IMA (desde 30 até 50 m<sup>3</sup>/ha.ano), idade (5 a 12 anos) e valor de venda da madeira (variando desde R\$ 80,00 até R\$ 120,00/m<sup>3</sup>), de modo a permitir que as simulações necessárias aos objetivos deste estudo estivessem condizentes com a realidade da região avaliada.

**Tabela 1.** Custos de formação e colheita de florestas de eucalipto na área de estudo.

<b>Itens</b>	<b>Valores</b>
Custo de implantação	R\$ 3.591,00/ha
Custo de manutenção - ano 1	R\$ 1.755,00/ha
Custo de manutenção - ano 2 até a colheita (anual)	R\$ 297,00/ha
Gastos administrativos - ano 1 até a colheita (anual)	R\$ 135,00/ha
Taxa de juros anual	8% a.a.
Custo de colheita <sup>1/</sup>	R\$ 22,50/m <sup>3</sup>
Custo de carregamento da madeira	R\$ 2,00/m <sup>3</sup>

<sup>1/</sup> Valores médios praticados na região do estudo. Obs.: Para este estudo, não foi considerado o valor terra.

### ***Análise econômica***

Para atender às finalidades deste estudo, considerou na a análise econômica os custos totais do projeto (implantação, manutenção das florestas e colheita), bem como as receitas oriundas da venda da madeira ao longo de um horizonte de planejamento variável (de 5 a 12 anos). Considerando os diferentes horizontes de planejamento, após a obtenção do fluxo de caixa contendo as entradas e saídas monetárias ao longo de cada horizonte possível, realizou-se a análise econômica com base nos critérios Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) (Rezende et al., 2013).

O Valor Presente Líquido representa a diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos custos, a uma determinada taxa de desconto (Equação 1). Por sua vez, a TIR é a taxa de juros que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos, ou seja, é alcançada quando o VPL do fluxo de caixa se iguala a zero (Equação 2). Também pode ser entendida como a taxa percentual de retorno do capital investido.

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

Onde:

VPL = valor presente líquido (R\$/ha); R = receita no período de tempo j (R\$/ha); C = custo no período de tempo j (R\$/ha); i = taxa de juros (% ao ano); j = período de ocorrência da receita ou custo (anos); e n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

$$\sum_{j=0}^n R_j(1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j(1+TIR)^{-j} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

TIR = taxa interna de retorno (% ao ano); R = receita no período de tempo j (R\$/ha); C = custo no período de tempo j (R\$/ha); j = período de ocorrência da receita ou custo (anos); e n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

### **Análises estatísticas**

A técnica de regressão não linear utilizada foi desenvolvida por Seber et al. (2003) e seu ajuste foi realizado para VPL e TIR visando estabelecer uma relação entre essas variáveis (dependentes) e o IMA ( $\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}$ ), a idade de corte (anos) e o preço de venda da madeira (variáveis independentes), tendo sido ajustado os seguintes modelos (Equações 3 e 4):

$$VPL = \beta_0 + \text{preço}^{\beta_1} + \text{ima}^{\beta_2} + \beta_3 * \text{idade} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$TIR = \beta_0 + \text{preço}^{\beta_1} + \text{ima}^{\beta_2} + \beta_3 * \text{idade} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido; TIR = Taxa Interna de Retorno; preço, ima e idade = variáveis independentes; e  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  = parâmetros dos modelos.

As equações ajustadas foram avaliadas através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do coeficiente de variação ( $CV\%$ ) e pelo coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados ao quadrado ( $R_{yy}^2$ ), tendo sido utilizado o software STATISTICA for Windows (STATSOFT Inc., 1995).

Foi avaliado o preço de venda da madeira simulando diferentes faixas de IMA e idade de corte no estudo. Para isso, foi obtido o grau de associação efetuando-se a análise da matriz de coeficientes da correlação de Pearson ( $r$ ) e pelo teste “t” a 5% e 1% de probabilidade, sendo testados e correlacionados o VPL e a TIR com variável preço de venda da madeira, com o incremento médio anual das florestas e com a idade de corte.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ajustes das equações e da análise econômica, para cada combinação de preço, idade e incremento médio anual (IMA), após a obtenção do fluxo de caixa contendo as entradas e saídas monetárias ao longo do horizonte de planejamento, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Equações ajustadas para a determinação do valor presente líquido (VPL, em R\$/ha) e da TIR (Taxa Interna de Retorno, em %), considerando o preço de venda da madeira (P, em R\$/m<sup>3</sup>), o incremento médio anual (IMA, em m<sup>3</sup>/ha/ano) e a idade de corte da madeira (Ic, em anos).

Equações	$R^2$	$R_{yy}^2$	$r^{1/}$	$r^{2/}$	$r^{3/}$
$VPL = -9737,58 + P^{1,941263} + IMA^{2,298608}$	0,97	67,3	0,36*	0,64*	-0,23**
$TIR = -40,4995 + P^{0,760778} + IMA^{0,843867}$	0,95	95,3	0,73*	0,63*	-0,27**

Onde:  $R^2$  = Coeficiente de determinação.  $R_{yy}^2$  = Coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados ao quadrado. \* significativo a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste “t” com n-2 graus de liberdade. \*\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “t” com n-2 graus de liberdade. <sup>1/</sup> Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e o preço de venda da madeira. <sup>2/</sup> Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e o incremento médio anual das florestas. <sup>3/</sup> Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e a idade de corte das florestas.

As equações ajustadas para os conjuntos de dados apresentaram boa qualidade de ajuste, haja vista as estimativas dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

A observação desses resultados permite constatar que o sinal positivo do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre as variáveis VPL e TIR com as variáveis preço de venda da madeira e incremento médio anual das florestas ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ), evidencia o aumento do VPL e TIR com o aumento da do preço de venda e do IMA das florestas, podendo essa correlação ser considerada forte dados os valores se apresentarem próximos da unidade. Por outro lado, os valores de significância apresentados para a correlação das mesmas variáveis com a idade de corte das florestas ( $P < 0,05$ ) deixam evidente que, embora estas variáveis possuam correlação negativa moderada, indicam ainda possuir interferência significativa sobre o resultado econômico dos projetos florestais.

Entretanto, a simples observação de tais resultados não deve ser conclusiva para a análise decisória. Fontan et al. (2011) alertam que se deve levar em consideração que o incremento no volume das florestas não ocorre linearmente, nem ao longo de toda vida das árvores, por isso é necessária uma análise crítica dos dados para não se ter uma interpretação errada e concluir que quanto mais velho for o povoamento, maior será o lucro, considerando a apenas a produtividade da floresta.

Mesmo possuindo uma taxa de juros fixa, a variação nos coeficientes de custos e receitas e, conseqüentemente, alterações nos critérios de viabilidade econômica, os indicadores avaliados podem sofrer alterações em função das diversidades climáticas, edáficas, do tipo do material genético empregado, do índice de sítio e boa adaptação da espécie ao local de plantio, bem como dos níveis tecnológicos utilizados no processo produtivo. Estes fatores, isolada ou conjuntamente, podem favorecer positivamente ou negativamente nos valores de VPL e de TIR (Virgens et al., 2016).

Uma empresa florestal pode utilizar as melhores técnicas de produção e plantio de mudas, usar a espécie mais adequada, atingir uma estrutura ótima de povoamento, adotar as técnicas de proteção e ainda ficar muito aquém dos resultados econômicos potencialmente atingíveis, caso o corte final e, ou, intermediário não for realizado no momento adequado (Marques et al., 2014). Essa incerteza dos preços, associada a outros fatores, está presente em muitos estudos, como parte da busca de maximização do VPL e da TIR (Yousefpour et al., 2012; Rijal et al., 2017) e, por essa razão, os resultados das estimativas de Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno avaliada para cada combinação de preço da madeira, idade de corte e IMA encontram-se nas Tabelas 3 a 7.

Dentre os cenários descritos nesse estudo, os parâmetros técnicos e econômicos evidenciam que, com a baixa remuneração da madeira, o negócio florestal é viável quando as florestas alcançarem altas produtividades, ou seja, IMA acima de 45,0 m<sup>3</sup>/ha.ano e idade de corte entre 6 e 10 anos. Quando a variável preço é alta, a viabilidade do negócio será em qualquer faixa de produtividade e idade de corte, sendo que a melhor remuneração do negócio florestal é determinada quando o preço de venda da madeira estiver acima do preço de mercado.

**Tabela 3.** Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 80,00/m<sup>3</sup>, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-3.099	-5,24	-2.908	-1,61	-2.962	0,01	-3.192	0,69	-3.543	0,92	-3.975	0,91	-4.458	0,79	-4.969	0,61
32,5	-2.666	-3,00	-2.417	0,30	-2.436	1,67	-2.650	2,17	-2.997	2,24	-3.434	2,12	-3.928	1,90	-4.456	1,64
35,0	-2.233	-0,92	-1.926	2,07	-1.911	3,21	-2.108	3,53	-2.451	3,46	-2.893	3,23	-3.399	2,92	-3.942	2,58
37,5	-1.800	1,03	-1.435	3,72	-1.386	4,64	-1.565	4,79	-1.905	4,59	-2.352	4,25	-2.870	3,86	-3.429	3,45
40,0	-1.367	2,85	-944	5,27	-861	5,98	-1.023	5,97	-1.359	5,65	-1.811	5,21	-2.340	4,73	-2.916	4,26
42,5	-934	4,58	-453	6,73	-335	7,24	-481	7,07	-812	6,64	-1.270	6,10	-1.811	5,55	-2.402	5,01
45,0	-502	6,21	<b>37</b>	<b>8,10</b>	<b>190</b>	<b>8,42</b>	<b>61</b>	<b>8,11</b>	-266	7,57	-729	6,94	-1.281	6,32	-1.889	5,72
47,5	-69	7,76	<b>528</b>	<b>9,41</b>	<b>715</b>	<b>9,54</b>	<b>603</b>	<b>9,10</b>	<b>280</b>	<b>8,44</b>	-188	7,73	-752	7,04	-1.376	6,38
50,0	<b>364</b>	<b>9,24</b>	<b>1.019</b>	<b>10,65</b>	<b>1.241</b>	<b>10,61</b>	<b>1.145</b>	<b>10,03</b>	<b>826</b>	<b>9,28</b>	<b>353</b>	<b>8,48</b>	-222	7,72	-863	7,01

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

**Tabela 4.** Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 90,00/m<sup>3</sup>, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-2.163	-0,59	-1.846	2,35	-1.826	3,45	-2.020	3,74	-2.362	3,65	-2.806	3,40	-3.313	3,07	-3.859	2,72
32,5	-1.652	1,67	-1.267	4,26	-1.206	5,11	-1.380	5,20	-1.718	4,96	-2.167	4,59	-2.688	4,16	-3.253	3,73
35,0	-1.141	3,77	-688	6,04	-586	6,64	-740	6,55	-1.073	6,17	-1.528	5,68	-2.064	5,16	-2.648	4,66
37,5	-630	5,73	-109	7,70	<b>34</b>	<b>8,08</b>	-100	7,81	-429	7,30	-890	6,70	-1.439	6,09	-2.042	5,51
40,0	-119	7,58	<b>471</b>	<b>9,26</b>	<b>654</b>	<b>9,42</b>	<b>540</b>	<b>8,99</b>	<b>216</b>	<b>8,34</b>	-251	7,64	-814	6,96	-1.436	6,31
42,5	<b>392</b>	<b>9,33</b>	<b>1.050</b>	<b>10,73</b>	<b>1.274</b>	<b>10,68</b>	<b>1.179</b>	<b>10,09</b>	<b>861</b>	<b>9,33</b>	<b>387</b>	<b>8,53</b>	-189	7,77	-830	7,05
45,0	<b>903</b>	<b>10,99</b>	<b>1.629</b>	<b>12,11</b>	<b>1.894</b>	<b>11,87</b>	<b>1.819</b>	<b>11,13</b>	<b>1.505</b>	<b>10,25</b>	<b>1.026</b>	<b>9,37</b>	<b>436</b>	<b>8,53</b>	-224	7,75
47,5	<b>1.413</b>	<b>12,56</b>	<b>2.209</b>	<b>13,43</b>	<b>2.513</b>	<b>12,99</b>	<b>2.459</b>	<b>12,12</b>	<b>2.150</b>	<b>11,13</b>	<b>1.664</b>	<b>10,15</b>	<b>1.061</b>	<b>9,24</b>	<b>381</b>	<b>8,41</b>
50,0	<b>1.924</b>	<b>14,07</b>	<b>2.788</b>	<b>14,69</b>	<b>3.133</b>	<b>14,07</b>	<b>3.099</b>	<b>13,05</b>	<b>2.794</b>	<b>11,96</b>	<b>2.303</b>	<b>10,90</b>	<b>1.685</b>	<b>9,92</b>	<b>987</b>	<b>9,03</b>

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

**Tabela 5.** Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 100,00/m<sup>3</sup>, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-1.227	3,4	-785	5,8	-690	6,4	-847	6,3	-1.181	6,0	-1.636	5,5	-2.168	5,0	-2.749	4,5
32,5	-638	5,7	-117	7,7	<b>24</b>	<b>8,1</b>	-110	7,8	-438	7,3	-900	6,7	-1.448	6,1	-2.051	5,5
35,0	-49	7,8	<b>550</b>	<b>9,5</b>	<b>739</b>	<b>9,6</b>	<b>628</b>	<b>9,1</b>	<b>305</b>	<b>8,5</b>	-164	7,8	-728	7,1	-1.353	6,4
37,5	<b>540</b>	<b>9,8</b>	<b>1.218</b>	<b>11,1</b>	<b>1.453</b>	<b>11,0</b>	<b>1.365</b>	<b>10,4</b>	<b>1.048</b>	<b>9,6</b>	<b>572</b>	<b>8,8</b>	-8	7,9	-654	7,3
40,0	<b>1.129</b>	<b>11,7</b>	<b>1.886</b>	<b>12,7</b>	<b>2.168</b>	<b>12,4</b>	<b>2.103</b>	<b>11,6</b>	<b>1.791</b>	<b>10,6</b>	<b>1.308</b>	<b>9,7</b>	<b>712</b>	<b>8,8</b>	<b>44</b>	<b>8,0</b>
42,5	<b>1.718</b>	<b>13,5</b>	<b>2.554</b>	<b>14,2</b>	<b>2.883</b>	<b>13,6</b>	<b>2.840</b>	<b>12,7</b>	<b>2.534</b>	<b>11,6</b>	<b>2.044</b>	<b>10,6</b>	<b>1.433</b>	<b>9,7</b>	<b>742</b>	<b>8,8</b>
45,0	<b>2.307</b>	<b>15,1</b>	<b>3.221</b>	<b>15,6</b>	<b>3.597</b>	<b>14,8</b>	<b>3.578</b>	<b>13,7</b>	<b>3.277</b>	<b>12,6</b>	<b>2.780</b>	<b>11,4</b>	<b>2.153</b>	<b>10,4</b>	<b>1.440</b>	<b>9,5</b>
47,5	<b>2.896</b>	<b>16,7</b>	<b>3.889</b>	<b>16,9</b>	<b>4.312</b>	<b>16,0</b>	<b>4.315</b>	<b>14,7</b>	<b>4.020</b>	<b>13,4</b>	<b>3.517</b>	<b>12,2</b>	<b>2.873</b>	<b>11,1</b>	<b>2.139</b>	<b>10,1</b>
50,0	<b>3.484</b>	<b>18,3</b>	<b>4.557</b>	<b>18,2</b>	<b>5.026</b>	<b>17,0</b>	<b>5.052</b>	<b>15,6</b>	<b>4.763</b>	<b>14,3</b>	<b>4.253</b>	<b>13,0</b>	<b>3.593</b>	<b>11,8</b>	<b>2.837</b>	<b>10,8</b>

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

**Tabela 6.** Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 110,00/m<sup>3</sup>, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-291	6,97	<b>276</b>	<b>8,75</b>	<b>446</b>	<b>8,97</b>	<b>325</b>	<b>8,60</b>	-1	7,99	-466	7,33	-1.024	6,67	-1.639	6,05
32,5	<b>376</b>	<b>9,28</b>	<b>1.032</b>	<b>10,68</b>	<b>1.255</b>	<b>10,64</b>	<b>1.160</b>	<b>10,06</b>	<b>841</b>	<b>9,30</b>	<b>368</b>	<b>8,50</b>	-208	7,74	-849	7,03
35,0	<b>1.043</b>	<b>11,43</b>	<b>1.789</b>	<b>12,48</b>	<b>2.064</b>	<b>12,18</b>	<b>1.995</b>	<b>11,41</b>	<b>1.682</b>	<b>10,50</b>	<b>1.201</b>	<b>9,59</b>	<b>607</b>	<b>8,73</b>	-58	7,94
37,5	<b>1.710</b>	<b>13,44</b>	<b>2.545</b>	<b>14,17</b>	<b>2.873</b>	<b>13,62</b>	<b>2.830</b>	<b>12,67</b>	<b>2.524</b>	<b>11,61</b>	<b>2.035</b>	<b>10,59</b>	<b>1.423</b>	<b>9,64</b>	<b>733</b>	<b>8,78</b>
40,0	<b>2.377</b>	<b>15,34</b>	<b>3.301</b>	<b>15,75</b>	<b>3.682</b>	<b>14,97</b>	<b>3.665</b>	<b>13,84</b>	<b>3.365</b>	<b>12,66</b>	<b>2.868</b>	<b>11,53</b>	<b>2.239</b>	<b>10,49</b>	<b>1.524</b>	<b>9,56</b>
42,5	<b>3.044</b>	<b>17,14</b>	<b>4.057</b>	<b>17,24</b>	<b>4.492</b>	<b>16,25</b>	<b>4.501</b>	<b>14,95</b>	<b>4.207</b>	<b>13,64</b>	<b>3.702</b>	<b>12,41</b>	<b>3.054</b>	<b>11,29</b>	<b>2.315</b>	<b>10,29</b>
45,0	<b>3.711</b>	<b>18,84</b>	<b>4.813</b>	<b>18,66</b>	<b>5.301</b>	<b>17,45</b>	<b>5.336</b>	<b>16,00</b>	<b>5.048</b>	<b>14,56</b>	<b>4.535</b>	<b>13,24</b>	<b>3.870</b>	<b>12,05</b>	<b>3.105</b>	<b>10,98</b>
47,5	<b>4.378</b>	<b>20,47</b>	<b>5.570</b>	<b>20,00</b>	<b>6.110</b>	<b>18,59</b>	<b>6.171</b>	<b>16,99</b>	<b>5.889</b>	<b>15,44</b>	<b>5.369</b>	<b>14,02</b>	<b>4.686</b>	<b>12,76</b>	<b>3.896</b>	<b>11,63</b>
50,0	<b>5.045</b>	<b>22,02</b>	<b>6.326</b>	<b>21,28</b>	<b>6.919</b>	<b>19,68</b>	<b>7.006</b>	<b>17,93</b>	<b>6.731</b>	<b>16,27</b>	<b>6.202</b>	<b>14,77</b>	<b>5.501</b>	<b>13,43</b>	<b>4.687</b>	<b>12,25</b>

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

**Tabela 7.** Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 120,00/m<sup>3</sup>, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	<b>645</b>	<b>10,16</b>	<b>1.338</b>	<b>11,42</b>	<b>1.581</b>	<b>11,27</b>	<b>1.497</b>	<b>10,61</b>	<b>1.180</b>	<b>9,79</b>	<b>704</b>	<b>8,95</b>	<b>121</b>	<b>8,15</b>	-530	7,40
32,5	<b>1.390</b>	<b>12,49</b>	<b>2.182</b>	<b>13,37</b>	<b>2.485</b>	<b>12,94</b>	<b>2.430</b>	<b>12,07</b>	<b>2.120</b>	<b>11,09</b>	<b>1.635</b>	<b>10,12</b>	<b>1.032</b>	<b>9,21</b>	<b>354</b>	<b>8,38</b>
35,0	<b>2.135</b>	<b>14,67</b>	<b>3.027</b>	<b>15,19</b>	<b>3.389</b>	<b>14,49</b>	<b>3.363</b>	<b>13,42</b>	<b>3.060</b>	<b>12,29</b>	<b>2.566</b>	<b>11,20</b>	<b>1.943</b>	<b>10,19</b>	<b>1.237</b>	<b>9,28</b>
37,5	<b>2.880</b>	<b>16,71</b>	<b>3.872</b>	<b>16,88</b>	<b>4.293</b>	<b>15,94</b>	<b>4.295</b>	<b>14,68</b>	<b>4.000</b>	<b>13,40</b>	<b>3.497</b>	<b>12,20</b>	<b>2.854</b>	<b>11,10</b>	<b>2.120</b>	<b>10,12</b>
40,0	<b>3.625</b>	<b>18,63</b>	<b>4.716</b>	<b>18,48</b>	<b>5.197</b>	<b>17,30</b>	<b>5.228</b>	<b>15,87</b>	<b>4.940</b>	<b>14,45</b>	<b>4.428</b>	<b>13,14</b>	<b>3.765</b>	<b>11,95</b>	<b>3.004</b>	<b>10,90</b>
42,5	<b>4.370</b>	<b>20,45</b>	<b>5.561</b>	<b>19,99</b>	<b>6.101</b>	<b>18,58</b>	<b>6.161</b>	<b>16,98</b>	<b>5.880</b>	<b>15,43</b>	<b>5.359</b>	<b>14,02</b>	<b>4.676</b>	<b>12,75</b>	<b>3.887</b>	<b>11,63</b>
45,0	<b>5.115</b>	<b>22,18</b>	<b>6.406</b>	<b>21,41</b>	<b>7.004</b>	<b>19,79</b>	<b>7.094</b>	<b>18,03</b>	<b>6.819</b>	<b>16,36</b>	<b>6.290</b>	<b>14,85</b>	<b>5.587</b>	<b>13,50</b>	<b>4.770</b>	<b>12,31</b>
47,5	<b>5.860</b>	<b>23,82</b>	<b>7.250</b>	<b>22,77</b>	<b>7.908</b>	<b>20,94</b>	<b>8.027</b>	<b>19,02</b>	<b>7.759</b>	<b>17,23</b>	<b>7.221</b>	<b>15,63</b>	<b>6.498</b>	<b>14,21</b>	<b>5.653</b>	<b>12,96</b>
50,0	<b>6.605</b>	<b>25,40</b>	<b>8.095</b>	<b>24,07</b>	<b>8.812</b>	<b>22,04</b>	<b>8.960</b>	<b>19,97</b>	<b>8.699</b>	<b>18,07</b>	<b>8.152</b>	<b>16,37</b>	<b>7.409</b>	<b>14,89</b>	<b>6.537</b>	<b>13,58</b>

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

A relevância dos tipos específicos de incerteza pode ter uma importância variável, dependente das escalas espaciais e temporais do processo de tomada de decisão. Para um pequeno ou médio produtor florestal, as incertezas de preços no curto prazo podem ser uma preocupação importante para a tomada de decisões no curto prazo, enquanto a incerteza relacionada ao crescimento potencial pode ser de maior importância para decisões no longo prazo (Eyvindson et al., 2018). Além disso, de acordo com Hahn et al. (2014), as preferências de risco de um tomador de decisão flutuam com o tempo e a necessidade de opções de replanejamento pode agregar valor nas tomadas de decisão, significando que os resultados das análises podem ser flutuantes com o passar do tempo.

Quando a variável considerada é a idade de corte, a seguinte análise deve ser levada a efeito: quanto menor for a idade de corte maior deverá ser o preço de venda e incremento médio anual para que a viabilidade do projeto seja alcançada. Porém, com a idade de corte elevada, sua colheita se justificará em qualquer faixa de produtividade da floresta e desde que o preço de venda da madeira seja acima da média de mercado.

De acordo com Gonçalves et al. (2017), a rotação economicamente ótima (REO) tende a ser inversamente proporcional à produtividade dos sítios, ou seja, quanto maior a produtividade do sítio, menor a rotação econômica. Segundo Gomes et al. (2002), isso ocorre porque, nos melhores sítios, a idade de máximo IMA ocorre mais cedo do que nos sítios menos produtivos, o que faz com que a idade ótima de corte dos sítios mais produtivos seja inferior quando comparada à idade ótima dos sítios menos produtivos, ao passo que nestes sítios, a floresta demanda um período de tempo superior para alcançar o máximo IMA.

Ao analisar a variável IMA, a colheita da madeira será vantajosa quando o preço de venda estiver alto, sendo acima do preço de mercado, com a idade de corte variando em torno dos 8 anos. Entretanto, em caso de florestas com elevados ganhos volumétricos, a madeira poderá ser colhida em qualquer cenário, sendo os melhores resultados econômicos com preços de venda mais elevados e com idade de corte entre 7 e 8 anos, embora não seja ruim com idades superiores.

Variações no preço da madeira e na taxa de juros mostram comportamento inversamente proporcional à REO, mantidas as demais variáveis constantes. 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 REO. Por outro lado, o aumento do preço da madeira torna a atividade mais atraente, fazendo com que a redução da REO permita uma aceleração dos ciclos e a possibilidade de períodos de reinvestimento mais curtos (Rodriguez et al., 1997).

Para definir qual o ciclo de corte ideal, deve-se ter em mente que essa decisão é função da rentabilidade esperada ou aceita para o investimento, da produtividade das rotações subsequentes, do valor da madeira, da taxa de desconto e da estratégia de abastecimento adotada. A estratégia de abastecimento está fundamentalmente ligada ao planejamento a longo prazo e, portanto, devido às

características da cultura florestal (ciclo longo), a antecipação de informações torna-se de fundamental importância para definição da estratégia a ser adotada (Resende et al., 2004).

Ainda, afirmam os autores, a escolha do melhor ciclo não pode ser feita sem se considerar a demanda de madeira, nem as características operacionais de colheita da área em questão. Deste modo, as estimativas devem ser sempre verificadas, para que possa estar operando dentro de limites aceitáveis de rentabilidade norteados por estimativas confiáveis de disponibilidade de madeira e capacidade operacional.

Finalmente, o planejamento do desempenho econômico dos projetos florestais deve prever um grau de flexibilidade, para que os níveis de colheita sejam ajustados para acomodar mudanças nas condições de mercado (Knoke et al., 2006). A flexibilidade de gerenciamento pode ser de especial importância em um futuro mais imprevisível, por exemplo, com as mudanças climáticas ou novas incidências de pragas (Jacobsen et al., 2003; Wagner et al., 2014), além das incertezas de comportamento da economia global.

## CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado, conclui-se que:

- O preço de venda da madeira foi a variável que mais influenciou o resultado econômico dos projetos florestais.
- A produtividade das florestas também apresentou forte correlação positiva com o resultado econômico do negócio florestal.
- A idade de corte, isoladamente, foi a variável que menos influenciou o resultado econômico dos projetos florestais, possuindo correlação negativa com as variáveis de estudo.
- É possível antecipar ou postergar a colheita de um projeto de reflorestamento sem prejuízo a sua rentabilidade, levando em consideração os fatores preço de venda da madeira e produtividade das florestas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casarotto Filho N et al. (2010). Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, estratégia empresarial. 11 ed. São Paulo: Atlas. 432p.
- Eyvindson K et al. (2018). Guidelines for risk management in forest planning - what is risk and when is risk management useful? *Canadian Journal of Forest Research*, 48: 309-316.
- Fontan ICI et al. (2011). Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in southeastern Brazil. *Agroforestry Systems*, 83(2): 121-131.

- Gomes FS et al. (2002). Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *Pinus taeda* L. *Cerne*, 8(1): 13-31.
- Gonçalves JC et al. (2017). Análise econômica da rotação florestal de povoamentos de eucalipto utilizando a simulação de Monte Carlo. *Ciência Florestal*, 27(4): 1339-1347.
- Graça LR et al. (2000). Custos florestais de produção: conceituação e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas. 32p.
- Hahn WA et al. (2014). Financially optimized management planning under risk aversion results in even-flow sustained timber yield. *Forest Policy and Economics*, 42: 30-41.
- Jacobsen JB et al. (2003). A danish example of optimal thinning strategies in mixed-species forest under changing growth conditions caused by climate change. *Forest Ecology and Management*, 180(1): 375-388.
- Knoke T et al. (2006). Mixed forests and a flexible harvest policy: a problem for conventional risk analysis? *European Journal of Forest Research*, 125(3): 303-315.
- Malinovski JR et al. (2014). Sistemas. Machado CC (ed.). *Colheita Florestal*. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV. 178-205p.
- Marques AS et al. (2014). Tactical and operational harvest planning. Borges J et al. (eds). *The Management of Industrial Forest Plantations. Managing Forest Ecosystems*. Berlim: Springer. 239-267p.
- Meira Junior MSD et al. (2017). O. Impacto do fogo em campo sujo no Parque Estadual do Biribiri, Minas Gerais, Brasil. *Floresta e Ambiente*, 24: e00110814.
- Nascimento AC et al. (2011). Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher. *Cerne*, 17(1): 9-15.
- Resende RR et al. (2004). Emprego de um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto. *Revista Árvore*, 28(2): 219-225.
- Rezende JLP et al. (2013). Análise econômica e social de projetos florestais. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV. 385p.
- Rijal B et al. (2017). Improving sustainability of value-added forest supply chain through coordinated production planning policy between forests and mills. *Forest Policy and Economics*, 83: 45-57.
- Rodriguez LCE et al. (1997). Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. *Scientia Forestalis*, 51: 15-28.
- Seber GAF et al. (2003). *Nonlinear regression*. Auckland: Wiley-Blackwell. 768p.
- STATSOFT Inc. (1995). *STATISTICA for Windows, Release 5.0 - Computer program manual*. Tulsa, OK: StatSoft Inc. 69p.
- Valverde SR et al. (2004). O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. *Biomassa & Energia*, 14): 393-403.
- Virgens AP et al. (2016). Análise Econômica e de Sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. *Floresta e Ambiente*, 23(2): 211-219.

- Wagner S et al. (2014). Forest management approaches for coping with the uncertainty of climate change: trade-offs in service provisioning and adaptability. *Ecology and Society*, 19(1): 32-48.
- Yousefpour R et al. (2012). A review of decision-making approaches to handle uncertainty and risk in adaptive forest management under climate change. *Annals of Forest Science*, 69: 1-15.