


## Valoração da madeira produzida por pequenos produtores florestais no semiárido mineiro

Recebido em: 08/03/2023

Aceito em: 26/03/2023

 10.46420/9786581460860cap4

Lucas de Jesus Freitas 

Stanley Schettino 

### INTRODUÇÃO

A indústria de base florestal brasileira desponta como uma das mais competitivas no mundo, e conta com aproximadamente cerca de 10 milhões de hectares destinadas a árvores plantadas, segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2022), sendo uma importante parcela desse total proveniente de plantios realizados por produtores florestais independentes, geralmente pequenos e médios produtores rurais. Entre as espécies plantadas no Brasil, 75,8% da área é composta pelo cultivo de eucalipto, com 7,53 milhões de hectares, e 19,4% de pinus, com aproximadamente 1,93 milhão de hectares. Além desses cultivos, existem cerca de 475 mil hectares plantados de outras espécies, entre elas a seringueira, acácia, teca e paricá.

Como a produção de madeira realizada por produtores florestais independentes envolve diversas variáveis, torna-se necessário a utilização de técnicas de manejo adequadas, que vão desde o cumprimento das legislações vigentes, passando pelo uso racional dos recursos a curto, médio e longo prazos, visando a obtenção e a garantia de produtos que estejam de acordo com as especificidades estabelecidas pelos clientes e que ao mesmo tempo sejam capazes de remunerar esses produtores, respeitando as exigências técnicas, ambientais e sociais (Gonçalves et al., 2017). Essas técnicas de manejo requerem um considerável aporte de recursos financeiros e o entendimento de como isso influencia na atratividade do negócio é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade do negócio (Janoselli et al., 2016).

Dessa forma, analisar a estrutura econômica do investimento permite avaliar a viabilidade técnica, econômica, social e ambiental da produção de madeira por produtores florestais independentes, permitindo, a partir do estabelecimento do adequado preço de venda da madeira, estabelecer níveis mínimos de remuneração capazes de garantir a sustentabilidade do negócio florestal sob todas as óticas avaliadas.

Para que isso não venha a ocorrer, este estudo apresentou como objetivos: desenvolver um mecanismo para a determinação do preço mínimo de venda da madeira de forma a garantir a rentabilidade do negócio florestal para o produtor; e apresentar variáveis econômicas que podem ser utilizadas para avaliar a viabilidade econômica do negócio florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

Os dados foram coletados em áreas de plantios florestais localizadas na região do vale do Rio Jequitinhonha, 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 média anual que varia de 750 mm até 1.400 mm. Segundo a classificação climática de Köppen, os tipos climáticos predominantes na região é 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 (Meira Junior et al., 2016). Na área de estudo, as florestas são, em sua totalidade, cultivadas com eucaliptos em povoamentos de clones híbridos (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) com produtividade média de 245 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, em regime de alto fuste com rotação de sete anos de idade, espaçamento 3 m × 3 m, sempre em relevo plano a suave ondulado.

### 2.2. Custos e receitas da 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.

**Tabela 1.** Custos de formação e colheita de florestas de eucalipto na área de estudo. Fonte: os autores.

| Itens   | Valores                       |
|---|-------------------------------|
| Custo de Implantação                                  | R\$ 3.950,00 ha <sup>-1</sup> |
| Custo de manutenção – ano 1                           | R\$ 1.931,00 ha <sup>-1</sup> |
| Custo de manutenção – ano 2 até a colheita (anual)    | R\$ 327,00 ha <sup>-1</sup>   |
| Gastos administrativos – ano 1 até a colheita (anual) | R\$ 149,00 ha <sup>-1</sup> a |
| Taxa de Juros   | 8,0 % a.a                     |
| Custo de colheita*                                    | R\$ 25,00/ m <sup>3</sup>     |
| Custo de carregamento da madeira                      | R\$ 3,00/ m <sup>3</sup>      |

\* Valor médio praticado na região do estudo. Obs.: Para este estudo, não foi considerado o valor terra.

Os custos (de implantação e manutenção no ano 1 até a época de colheita) foram convertidos em custos por hectare (R\$ ha<sup>-1</sup>) e agrupados para analisar as diferentes variáveis, através da análise econômica dos fluxos de caixa, admitindo que a taxa de juros do mercado é fixa (8%), sendo esta taxa usual em projetos técnicos e científicos para a análise de projetos florestais. Foram utilizadas estimativas de produtividades dos povoamentos: IMA – Incremento médio anual (desde 30 até 50 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.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.

### 2.3. Análises estatísticas

A técnica de regressão linear utilizada foi desenvolvida por SEBER e WILD (2003) e seu ajuste foi realizado para Preço, VPL e TIR, sendo propostos os seguintes modelos:

$$\text{Preço} = \beta_0 + (\beta_1 * \text{IMA}) + (\beta_2 * \text{ICORTE}) + (\beta_3 * \text{TIR}) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{VPL} = \beta_0 + (\beta_1 * \text{IMA}) + (\beta_2 * \text{ICORTE}) + (\beta_3 * \text{PREÇO}) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{TIR} = \beta_0 + (\beta_1 * \text{IMA}) + (\beta_2 * \text{ICORTE}) + (\beta_3 * \text{PREÇO}) \quad (\text{Eq. 3})$$

onde: VPL = Valor Presente Líquido; TIR = Taxa Interna de Retorno; Preço = preço mínimo para uma TIR esperada; e  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  = parâmetros dos modelos.

A obtenção do preço de venda capaz de remunerar o produtor florestal se deu pela observância dos seguintes aspectos:

- A partir de uma TIR esperada, normalmente igual ou maior que a taxa mínima de atratividade do mercado financeiro, foi possível estimar o preço de venda da madeira, através da inserção dessa TIR, do valor de IMA e da idade de corte da floresta, na equação 1, supracitada.
- Após a obtenção do valor de preço de venda, utilizou-se a equação 2 para verificação do VPL. Caso fosse alcançado valores positivos (maiores que zero), obtém-se então o valor final de venda da madeira. Do contrário, se fosse obtido valores negativos, seria necessário proceder com um ajuste no preço proposto e, novamente, seria realizada a inserção desse novo valor na equação 2 para a conferência. Esse processo deve ser realizado diversas vezes até a obtenção de um VPL positivo quando então, fica demonstrado que o preço de venda da madeira conseguiria compensar financeira e economicamente o produtor florestal.
- Por último, o valor de preço de venda da madeira, foi inserido na equação 3, para a obtenção do valor final da TIR.

As equações ajustadas foram avaliadas através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 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).

Para a análise da interferência das variáveis no preço de venda da madeira, foi obtido o grau de associação efetuando-se a verificação da matriz de coeficientes da correlação de Pearson ( $r$ ) e pelo teste “t” a 5% de probabilidade, sendo analisados e correlacionados o VPL e a TIR com a variável preço de venda da madeira e com os valores de IMA e idade de corte.

### 2.4. Análise econômica

Para atender às finalidades deste estudo, foram considerados na análise econômica todos os custos inerentes ao projeto (implantação, manutenção das florestas, gastos administrativos e colheita),

bem como as receitas resultantes da venda da madeira ao longo de um horizonte de planejamento variável (de 5 a 12 anos). Levando-se em conta 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 do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do incremento médio anual (IMA) e idade de corte, além do preço de venda da madeira.

O VPL representa a diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos custos, a uma determinada taxa de desconto (Equação 4). 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. Também pode ser entendida como a taxa percentual de retorno do capital investido (Equação 5).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (\text{Eq. 4})$$

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.

$$\sum_{j=0}^n R_j(1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j(1+TIR)^{-j} \quad (\text{Eq. 5})$$

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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos dados que compunham o fluxo de caixa contendo as entradas e saídas monetárias ao longo do horizonte de planejamento, foi possível elaborar os ajustes das equações para a análise econômica, para cada combinação de preço, idade de corte e IMA, sendo os resultados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Equações ajustadas para a determinação do preço de venda da madeira (P, em R\$/m<sup>3</sup>) a partir da TIR estimada (em %), do incremento médio anual (IMA, em m<sup>3</sup>/ha/ano) e a idade de corte da madeira (Ic, em anos) e para checagem da TIR e VPL (em R\$/ha) em função do preço de venda da madeira, do IMA e da idade de corte. Fonte: os autores.

| Equações  | R <sup>2</sup> | R <sub>yy</sub> <sup>2</sup> | r <sup>1/</sup> | r <sup>2/</sup>    | r <sup>3/</sup>     |
|---|----------------|------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| $P = 129,608 - 1,501 \cdot \text{IMA} + 0,8022 \cdot \text{Ic} + 3,176 \cdot \text{TIR}$        | 0,92           | 71,3                         | --              | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>  |
| $\text{VPL} = -23571,7 + 267,3 \cdot \text{IMA} - 244,7 \cdot \text{Ic} + 148,5 \cdot \text{P}$ | 0,97           | 68,5                         | 0,74*           | 0,61*              | -0,20 <sup>ns</sup> |
| $\text{TIR} = -35,750 + 0,473 \cdot \text{IMA} - 0,253 \cdot \text{Ic} + 0,264 \cdot \text{P}$  | 0,95           | 93,8                         | 0,73*           | 0,59*              | -0,12 <sup>ns</sup> |

Onde: R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação.

R<sub>yy</sub><sup>2</sup> = Coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados ao quadrado

<sup>1/</sup> Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e o preço de venda da madeira.

<sup>2/</sup> Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e o IMA.

<sup>3/</sup> Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e a idade de corte.

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “t” com n-2 graus de liberdade.

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “t” com n-2 graus de liberdade.

As equações ajustadas para os conjuntos de dados apresentaram boa qualidade de ajuste, haja vista as estimativas dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), indicando um bom ajuste do modelo à amostra e explicando uma grande parte da variabilidade dos dados de resposta ao redor de suas respectivas médias.

A verificação dos resultados permitiu inferir que o coeficiente de correlação de Pearson (r) apresentou sinal positivo entre as variáveis TIR e VPL com a variável preço de venda da madeira, demonstrando haver aumento da TIR e VPL, juntamente com o aumento do preço de venda da madeira, sendo essa correlação positiva e forte, dados os valores dos coeficientes próximos da unidade. A mesma interpretação se dá para a correlação entre a TIR e o VPL com o IMA das florestas, indicando que para a obtenção de um bom resultado econômico-financeiro é de fundamental importância um bom manejo das florestas.

No entanto, uma simples verificação dos resultados não pode ser instrumento para se chegar a uma análise conclusiva. Segundo Coelho et al. (2019), os incrementos no volume das florestas não ocorrem de forma linear, representando que nem sempre, quanto mais velho for o plantio, maior será o lucro com a venda da madeira e, por este motivo, os dados devem ser analisados de forma precisa, para não haver uma interpretação equivocada e inferir em atitudes infundadas, quanto a qual variável está sendo determinada para fazer a venda da madeira.

De acordo com Virgens et al. (2016), cenários de viabilidade econômica que apresentam diferentes taxas de juros aplicadas, tendem a viabilizar o projeto, quando comparado com as demais variáveis, portanto, variações nos custos e receitas que impactam a viabilidade de um projeto florestal, também podem sofrer influência dos aspectos edafoclimáticos, do tipo de material genético empregado, da diversidade climática, como também o nível tecnológico utilizado no processo produtivo.

As estimativas de VPL e TIR avaliadas, juntamente comparadas às variáveis, idade de corte, IMA e preço da madeira, são apresentados nas Tabelas 3 a 7.

A análise dos cenários apresentados neste estudo demonstra que a idade de corte, isoladamente, foi a variável que menos influenciou o resultado econômico dos projetos florestais, embora possua correlação negativa com as variáveis de estudo.

Em outra vertente, a produtividade das florestas também apresentou forte correlação positiva com o resultado econômico do negócio florestal. De fato, Oliveira et al. (2008) ao analisarem as variáveis de influência sobre a rentabilidade dos negócios florestais, concluíram que os plantios situados em terras pouco produtivas são inviáveis economicamente.

Entretanto, o preço de venda da madeira foi a variável que mais influenciou os resultados econômico e financeiro dos projetos florestais. Almeida et al. (2010), afirmam que esta variável consiste em um elemento chave e estratégico para o sucesso de empreendimentos florestais, sendo fortemente influenciada pela duração dos horizontes de planejamento, ou seja, corroborando a importância da idade de corte no resultado econômico do negócio florestal.

Cordeiro et al. (2010), estudando o efeito da elasticidade das variáveis preço, produtividade, taxa de juros, custo de colheita e implantação sobre o VPL de projetos florestais destinados a produção de carvão e madeira para celulose, afirmaram que o preço e produtividade são nesta ordem, componentes de maior importância na viabilidade financeira destes projetos. Ainda, afirmam os autores, o preço e a produtividade possuem relação direta com o VPL, ou seja, o incremento nestes, resulta em um maior retorno financeiro.

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 (Oliveira et al., 2008).

Por outro lado, ao se fixar o preço mínimo de venda da madeira a partir de uma TIR esperada (igual ou maior ao valor de uma Taxa Mínima de Atratividade – TMA de mercado), busca-se remunerar o produtor florestal na medida do capital investido. Conforme Casarotto Filho & Kopittke (2000), quando se avalia uma proposta de investimento precisa ser analisado o fato de se estar perdendo a chance de ter retornos pelo aproveitamento do mesmo capital em outros projetos. Ou seja, para ser atrativa, a proposta precisa render, no mínimo, um percentual equivalente ao rendimento das aplicações correntes e de pouco risco. Os autores consideram ainda que, no Brasil, é usual propor a rentabilidade da caderneta de poupança como sendo a TMA para análise de projetos.

**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<sup>-1</sup> e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

| IMA<br>(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                            | -4.256                | -9,71 | -4.159 | -5,45 | -4.286 | -3,35 | -4.572 | -2,29 | -4.966 | -1,77 | -5.432 | -1,54 | -5.490 | -1,47 | -6.470 | -1,49 |
| 32,5                            | -3.851                | -7,48 | -3.699 | -3,53 | -3.794 | -1,67 | -4.064 | -0,80 | -4.455 | -0,42 | -4.925 | -0,31 | -5.444 | -0,34 | -5.989 | -0,44 |
| 35,0                            | -3.445                | -5,41 | -3.239 | -1,76 | -3.301 | -0,13 | -3.556 | 0,57  | -3.943 | 0,81  | -4.418 | 0,82  | -4.948 | 0,70  | -5.508 | 0,53  |
| 37,5                            | -3.039                | -3,48 | -2.779 | -0,11 | -2.809 | 1,31  | -3.048 | 1,85  | -3.431 | 1,96  | -3.911 | 1,86  | -4.452 | 1,66  | -5.028 | 1,41  |
| 40,0                            | -2.634                | -1,67 | -2.319 | 1,43  | -2.317 | 2,65  | -2.540 | 3,03  | -2.919 | 3,02  | -3.404 | 2,82  | -3.956 | 2,55  | -4.547 | 2,24  |
| 42,5                            | -2.228                | -0,03 | -1.860 | 2,88  | -1.825 | 3,91  | -2.032 | 4,14  | -2.408 | 4,02  | -2.897 | 3,73  | -3.459 | 3,38  | -4.066 | 3,00  |
| 45,0                            | -1.822                | 1,65  | -1.400 | 4,25  | -1.333 | 5,09  | -1.524 | 5,19  | -1.896 | 4,95  | -2.390 | 4,58  | -2.963 | 4,15  | -3.585 | 3,72  |
| 47,5                            | -1.147                | 3,18  | -940   | 5,54  | -841   | 6,21  | -1.016 | 6,17  | -1.384 | 5,83  | -1.887 | 5,38  | -2.467 | 4,88  | -3.104 | 4,40  |
| 50,0                            | -1.011                | 4,64  | -480   | 6,78  | -349   | 7,28  | -508   | 7,11  | -872   | 6,67  | -1.376 | 6,13  | -1.971 | 5,58  | -2.623 | 5,04  |

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<sup>-1</sup> e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %

| IMA<br>(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                            | -3.320                | -4,80              | -3.098              | -1,24               | -3.150              | 0,33                | -3.400              | 0,98                | -3.785              | 1,17               | -4.262            | 1,15               | -4.795 | 1,00 | -5.361 | 0,81 |
| 32,5                            | -2.836                | -2,56              | -2.549              | 0,67                | -2.563              | 1,99                | -2.794              | 2,45                | -3.175              | 2,50               | -3.657            | 2,35               | -4.204 | 2,11 | -4.787 | 1,83 |
| 35,0                            | -2.353                | -0,48              | -2.001              | 2,44                | -1.976              | 3,53                | -2.188              | 3,81                | -2.565              | 3,72               | -3.053            | 3,46               | -3.612 | 3,13 | -4.214 | 2,77 |
| 37,5                            | -1.869                | 1,46               | -1.453              | 4,09                | -1.390              | 4,96                | -1.583              | 5,07                | -1.955              | 4,85               | -2.449            | 4,48               | -3.021 | 4,07 | -3.640 | 3,64 |
| 40,0                            | -1.386                | 3,29               | -904                | 5,64                | -803                | 6,30                | -977                | 6,25                | -1.345              | 5,90               | -1.844            | 5,44               | -2.429 | 4,94 | -3.067 | 4,45 |
| 42,5                            | -902                  | 5,02               | -356                | 7,10                | -216                | 7,56                | -371                | 7,35                | -735                | 6,89               | -1.240            | 6,33               | -1.838 | 5,76 | -2.493 | 5,20 |
| 45,0                            | -418                  | 6,65               | <b><u>192</u></b>   | <b><u>8,47</u></b>  | <b><u>371</u></b>   | <b><u>8,74</u></b>  | <b><u>234</u></b>   | <b><u>8,40</u></b>  | -125                | 7,82               | -635              | 7,17               | -1.246 | 6,52 | -1.920 | 5,91 |
| 47,5                            | <b><u>65</u></b>      | <b><u>8,21</u></b> | <b><u>741</u></b>   | <b><u>9,78</u></b>  | <b><u>958</u></b>   | <b><u>9,86</u></b>  | <b><u>840</u></b>   | <b><u>9,38</u></b>  | <b><u>486</u></b>   | <b><u>8,69</u></b> | -31               | 7,96               | -655   | 7,25 | -1.346 | 6,57 |
| 50,0                            | <b><u>549</u></b>     | <b><u>9,69</u></b> | <b><u>1.289</u></b> | <b><u>11,02</u></b> | <b><u>1.544</u></b> | <b><u>10,93</u></b> | <b><u>1.445</u></b> | <b><u>10,31</u></b> | <b><u>1.096</u></b> | <b><u>9,53</u></b> | <b><u>574</u></b> | <b><u>8,71</u></b> | -63    | 7,93 | -773   | 7,20 |

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<sup>-1</sup> e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

| IMA<br>(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                            | -2.384                | -0,61        | -2.036       | 2,33         | -2.014       | 3,43         | -2.227       | 3,72         | -2.605       | 3,64         | -3.092       | 3,39         | -3.650       | 3,06        | -4.251       | 2,71        |
| 32,5                            | -1.822                | 1,65         | -1.400       | 4,25         | -1.333       | 5,09         | -1.524       | 5,19         | -1896        | 4,95         | -2.390       | 4,58         | -2.963       | 4,15        | -3.585       | 3,72        |
| 35,0                            | -1.261                | 3,75         | -763         | 6,02         | -651         | 6,63         | -821         | 6,54         | -1.187       | 6,16         | -1.688       | 5,67         | -2.277       | 5,16        | -2.919       | 4,65        |
| 37,5                            | -699                  | 5,71         | -126         | 7,68         | <b>30</b>    | <b>8,06</b>  | -118         | 7,80         | -479         | 7,28         | -986         | 6,69         | -1.590       | 6,08        | -2.253       | 5,50        |
| 40,0                            | -138                  | 7,56         | <b>511</b>   | <b>9,24</b>  | <b>712</b>   | <b>9,40</b>  | <b>586</b>   | <b>8,97</b>  | <b>230</b>   | <b>8,33</b>  | -284         | 7,63         | -903         | 6,95        | -1.587       | 6,30        |
| 42,5                            | <b>424</b>            | <b>9,31</b>  | <b>1.148</b> | <b>10,71</b> | <b>1.393</b> | <b>10,66</b> | <b>1.289</b> | <b>10,08</b> | <b>938</b>   | <b>9,32</b>  | <b>418</b>   | <b>8,52</b>  | -216         | 7,76        | -921         | 7,04        |
| 45,0                            | <b>986</b>            | <b>10,97</b> | <b>1.784</b> | <b>12,10</b> | <b>2.074</b> | <b>11,85</b> | <b>1.992</b> | <b>11,12</b> | <b>1.647</b> | <b>10,24</b> | <b>1.120</b> | <b>9,36</b>  | <b>471</b>   | <b>8,52</b> | -255         | 7,74        |
| 47,5                            | <b>1.547</b>          | <b>12,54</b> | <b>2.421</b> | <b>13,41</b> | <b>2.756</b> | <b>12,98</b> | <b>2.696</b> | <b>12,10</b> | <b>2.355</b> | <b>11,12</b> | <b>1.821</b> | <b>10,14</b> | <b>1.158</b> | <b>9,23</b> | <b>411</b>   | <b>8,40</b> |
| 50,0                            | <b>2.109</b>          | <b>14,04</b> | <b>3.058</b> | <b>14,67</b> | <b>3.437</b> | <b>14,05</b> | <b>3.399</b> | <b>13,04</b> | <b>3.064</b> | <b>11,95</b> | <b>2.523</b> | <b>10,89</b> | <b>1.844</b> | <b>9,91</b> | <b>1.077</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 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<sup>-1</sup> e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

| IMA<br>(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                            | -1.488                | 3,06         | -975         | 5,45         | -879         | 6,13         | -1.055       | 6,10         | -1.424       | 5,77         | -1.922       | 5,32         | -2.506       | 4,83         | -3.141       | 4,35         |
| 32,5                            | -808                  | 5,34         | -250         | 7,37         | -102         | 7,79         | -254         | 7,56         | -617         | 7,07         | -1.123       | 6,50         | -1.723       | 5,91         | -2.382       | 5,34         |
| 35,0                            | -169                  | 7,46         | <b>475</b>   | <b>9,16</b>  | <b>674</b>   | <b>9,33</b>  | <b>547</b>   | <b>8,91</b>  | <b>190</b>   | <b>8,28</b>  | -323         | 7,58         | -941         | 6,90         | -1.624       | 6,26         |
| 37,5                            | <b>471</b>            | <b>9,45</b>  | <b>1.201</b> | <b>10,83</b> | <b>1.450</b> | <b>10,76</b> | <b>1.348</b> | <b>10,17</b> | <b>997</b>   | <b>9,39</b>  | <b>476</b>   | <b>8,59</b>  | -159         | 7,82         | -866         | 7,10         |
| 40,0                            | <b>1.111</b>          | <b>11,32</b> | <b>1.926</b> | <b>12,40</b> | <b>2.226</b> | <b>12,11</b> | <b>2.149</b> | <b>11,34</b> | <b>1.804</b> | <b>10,44</b> | <b>1.275</b> | <b>9,53</b>  | <b>623</b>   | <b>8,86</b>  | -107         | 7,89         |
| 42,5                            | <b>1.750</b>          | <b>13,09</b> | <b>2.651</b> | <b>13,87</b> | <b>3.002</b> | <b>13,37</b> | <b>2.950</b> | <b>12,45</b> | <b>2.611</b> | <b>11,42</b> | <b>2.075</b> | <b>10,42</b> | <b>1.406</b> | <b>9,48</b>  | <b>651</b>   | <b>8,63</b>  |
| 45,0                            | <b>2.390</b>          | <b>14,77</b> | <b>3.376</b> | <b>15,27</b> | <b>3.778</b> | <b>14,57</b> | <b>3.751</b> | <b>13,49</b> | <b>3.418</b> | <b>12,35</b> | <b>2.874</b> | <b>11,25</b> | <b>2.188</b> | <b>10,24</b> | <b>1.410</b> | <b>9,33</b>  |
| 47,5                            | <b>3.029</b>          | <b>16,37</b> | <b>4.102</b> | <b>16,60</b> | <b>4.554</b> | <b>15,70</b> | <b>4.552</b> | <b>14,48</b> | <b>4.225</b> | <b>13,22</b> | <b>3.674</b> | <b>12,03</b> | <b>2.970</b> | <b>10,95</b> | <b>2.168</b> | <b>9,98</b>  |
| 50,0                            | <b>3.669</b>          | <b>17,89</b> | <b>4.827</b> | <b>17,87</b> | <b>5.330</b> | <b>16,78</b> | <b>5.353</b> | <b>15,42</b> | <b>5.032</b> | <b>14,05</b> | <b>4.473</b> | <b>12,78</b> | <b>3.752</b> | <b>11,63</b> | <b>2.927</b> | <b>10,60</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<sup>-1</sup> e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

| IMA<br>(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                            | -512                  | 6,34         | <b>86</b>    | <b>8,21</b>  | <b>257</b>   | <b>8,52</b>  | <b>117</b>   | <b>8,20</b>  | -243         | 7,64         | -752         | 7,01         | -1.361       | 6,38         | -2.031       | 5,77         |
| 32,5                            | <b>206</b>            | <b>8,64</b>  | <b>900</b>   | <b>10,15</b> | <b>1.128</b> | <b>10,18</b> | <b>1.016</b> | <b>9,66</b>  | <b>663</b>   | <b>8,94</b>  | <b>145</b>   | <b>8,18</b>  | -483         | 7,45         | -1.180       | 6,76         |
| 35,0                            | <b>923</b>            | <b>10,79</b> | <b>1.714</b> | <b>11,95</b> | <b>1.999</b> | <b>11,72</b> | <b>1.914</b> | <b>11,01</b> | <b>1.568</b> | <b>10,14</b> | <b>1.042</b> | <b>9,26</b>  | <b>394</b>   | <b>8,43</b>  | <b>-329</b>  | <b>7,67</b>  |
| 37,5                            | <b>1.641</b>          | <b>12,80</b> | <b>2.527</b> | <b>13,63</b> | <b>2.869</b> | <b>13,16</b> | <b>2.813</b> | <b>12,26</b> | <b>2.474</b> | <b>11,26</b> | <b>1.938</b> | <b>10,27</b> | <b>1.272</b> | <b>9,35</b>  | <b>522</b>   | <b>8,51</b>  |
| 40,0                            | <b>2.359</b>          | <b>14,69</b> | <b>3.341</b> | <b>15,21</b> | <b>3.740</b> | <b>14,51</b> | <b>3.712</b> | <b>13,44</b> | <b>3.379</b> | <b>12,30</b> | <b>2.835</b> | <b>11,21</b> | <b>2.150</b> | <b>10,20</b> | <b>1.373</b> | <b>9,29</b>  |
| 42,5                            | <b>3.076</b>          | <b>16,48</b> | <b>4.155</b> | <b>16,70</b> | <b>4.611</b> | <b>15,78</b> | <b>4.610</b> | <b>14,55</b> | <b>4.284</b> | <b>13,28</b> | <b>3.732</b> | <b>12,09</b> | <b>3.027</b> | <b>11,00</b> | <b>2.224</b> | <b>10,03</b> |
| 45,0                            | <b>3.794</b>          | <b>18,18</b> | <b>4.968</b> | <b>18,11</b> | <b>5.482</b> | <b>16,99</b> | <b>5.509</b> | <b>15,59</b> | <b>5.190</b> | <b>14,21</b> | <b>4.629</b> | <b>12,92</b> | <b>3.905</b> | <b>11,76</b> | <b>3.075</b> | <b>10,72</b> |
| 47,5                            | <b>4.512</b>          | <b>19,80</b> | <b>5.782</b> | <b>19,45</b> | <b>6.352</b> | <b>18,13</b> | <b>6.408</b> | <b>16,58</b> | <b>6.095</b> | <b>15,08</b> | <b>5.526</b> | <b>13,70</b> | <b>4.783</b> | <b>12,47</b> | <b>3.925</b> | <b>11,37</b> |
| 50,0                            | <b>5.229</b>          | <b>21,35</b> | <b>6.596</b> | <b>20,73</b> | <b>7.223</b> | <b>19,21</b> | <b>7.306</b> | <b>17,53</b> | <b>7.000</b> | <b>15,91</b> | <b>6.423</b> | <b>14,45</b> | <b>5.660</b> | <b>13,14</b> | <b>4.776</b> | <b>11,49</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.

Tais narrativas corroboram a utilização da TIR como ferramenta decisória para a determinação do preço de venda da madeira. Sob essa ótica em de acordo com Galesne et al. (1999), o caráter rentável de um investimento depende da posição relativa da taxa interna de retorno do projeto e da TMA que o dirigente da empresa exige para seus investimentos. Para os autores, todo o projeto cuja taxa interna de retorno seja superior a essa taxa é tido como rentável. Sendo assim, entre as variantes comparáveis e lucrativas de um mesmo projeto de investimento, o produtor florestal que emprega esse critério de análise de rentabilidade optará por aquele preço de venda da madeira capaz de proporcionar uma maior TIR.

Por fim, é de fundamental importância que seja feito um planejamento florestal minucioso de todas as atividades envolvidas no processo de produção de madeira para que resultem em menor custo de risco, minimização dos custos operacionais, melhoria da produtividade de trabalho e racionalização do fluxo de produção (Oliveira et al., 2008). Nesse sentido, onde e quando possível, a mecanização das atividades é uma possibilidade pois, no caso da colheita florestal por exemplo, Souza; Pires (2009) relatam a tendência de redução do custo da atividade pelo processo de mecanização, sobretudo, pelo ganho de produtividade.

Portanto, para uma boa condução de um empreendimento florestal, seja por grandes empresas ou por pequenos produtores florestais, alguns aspectos devem ser levados em conta como, por exemplo, qual a melhor época para se fazer a colheita e venda da madeira, se atentando a demanda do produto pelo mercado, sem deixar de relacionar os pontos que permeiam a operação florestal, possibilitando que eles estejam dentro dos limites de economicidade do projeto

## CONCLUSÕES

O preço de venda da madeira mostrou-se relevante para a análise decisória, permitindo nortear o produtor florestal em relação aos reais ganhos quando da comercialização de sua matéria prima, configurando assim como uma importante ferramenta de planejamento econômico para garantia do sucesso dos empreendimentos florestais.

As equações ajustadas contribuíram de forma a determinar o valor de venda da madeira por produtores florestais na região do semiárido norte mineiro frente às variações na taxa mínima de atratividade, aos custos de produção, a produtividade das florestas e a idade de corte, permitindo uma grande assertividade na tomada de decisões com vistas a sustentabilidade do negócio.

A viabilidade econômica do negócio florestal nessa região é mais dependente da produtividade das florestas, dos custos de produção e do preço de venda da madeira, em detrimento da idade de corte, isoladamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, N. A., Silva, J. C. G. L., Ângelo, H., & Nuñez, B. E. C. (2010). Análise de fatores que influenciam o preço da madeira em tora para processamento mecânico no Paraná. *Cerne*, 16: 243-250.

- Casarotto Filho, N., & Kopittke, B. H. (2000). *Análise de investimentos* (9a ed). São Paulo: Atlas. 408 p.
- Coelho, P. D., Ribeiro, G. B. D., Isbaex, C., Ribeiro, L. C., & Valverde, S. R. (2019). Comparative analysis of forest plantations cutting age based on volumetric and gravimetric units. *Floresta*, 49, 597-606.
- Cordeiro, S. A., Silva, M. L., Jacovine, L. A. G., Valverde, R. V., & Soares, N. S. (2010). Contribuição do fomento do órgão florestal de minas gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. *Árvore*, 34: 367-376.
- Galesne, A., Fensterseifer, J. E., & Lamb, R. (1999). *Decisões de investimentos da empresa*. São Paulo: Atlas. 295 p.
- Gonçalves, J. C., Oliveira, A. D., Carvalho, S. P. C., & Gomide, L. R. (2017). Análise econômica da rotação florestal de povoamentos de eucalipto utilizando a simulação de Monte Carlo. *Ciência Florestal*, 27(4): 1339-1347.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. (2022). *Relatório Anual 2022*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). 90 p.
- Janoselli, H. R. D., Harbs, R., & Mendes, F. L. (2016). Viabilidade econômica da produção de eucalipto no interior de São Paulo. *Revista iPecege*, 2(2): 24-45.
- Meira Junior, M. S. D., Pereira, I. M., Machado, E. L. M., Mota, S. D. L. L., Ribeiro, P. S. S. D. P., & Otoni, T. J. O. (2016). Impacto do fogo em campo sujo no Parque Estadual do Biribiri, Minas Gerais, Brasil. *Floresta e Ambiente*, 24: e00110814.
- Oliveira, A. D., Ferreira, T. C., Scolforo, J. R. S., Mello, J. M., & Rezende, J. L. P. (2008). Avaliação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. *Cerne*, 14(1): 82-91.
- Seber, G. A. F., & Wild, C. J. (2003). *Nonlinear regression*. Auckland: Wiley-Blackwell. 792 p.
- Souza, M. A., & Pires, C. B. (2009). Colheita Florestal: mensuração e análise dos custos incorridos na atividade mecanizada de extração. *Revista Custos e @gronegócios*, 5: 104-132.
- STATSOFT, Inc. (1995). *STATISTICA for Windows, Release 5.0. Computer program manual*. Tulsa, OK: StatSoft, Inc. 102 p.
- Virgens, A. P., Freitas, L. C., Leite, Â. M. P. (2016). Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. *Floresta e Ambiente* [online], 23: 211-219.