

## ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICO DE SISTEMAS DE COLHEITA: TORAS CURTAS E TORAS LONGAS SOB MÉTODO MECANIZADO E SEMIMECANIZADO.

DIEGO W. FERREIRA DO NASCIMENTO SANTOS<sup>1</sup>, ELTON DA SILVA LEITE<sup>2</sup>,  
DEOCLIDES RICARDO SOUZA<sup>3</sup>, HAROLDO C. FERNANDES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestrando, Universidade Federal de Viçosa, (75) 91640317, diegowesley89@hotmail.com

<sup>2</sup>Professor adjunto, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, (75) 92274848, elton@ufrb.edu.br

<sup>3</sup>Professor adjunto, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, (75) 88435058, drsouza@ufrb.edu.br

<sup>4</sup>Professor associado, Universidade Federal de Viçosa, (31), haroldo@ufv.br

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil.

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar técnico-economicamente sistemas de colheita de toras curtas e toras longas sob método mecanizado e semimecanizado. Avaliou-se quatro módulos de colheita florestal: 1) toras curtas mecanizado (*harvester e forwarder*); 2) toras longas mecanizado (*feller-buncher e skidder*); 3) toras curtas semimecanizado (motosserra e guindaste) e 4) toras longas semimecanizado (motosserra e cabo aéreo). A análise econômica foi baseada na determinação dos custos operacionais, custo de produção, taxa interna de retorno e ponto de equilíbrio. Observou-se maior custo operacional por hora efetiva de trabalho pelo módulo 2, porém, o mesmo apresentou o menor custo de produção e maior taxa interna de retorno. O preço da máquina e o custo com manutenção e reparos foram as variáveis mais influentes no custo operacional do sistema mecanizado, já no sistema semimecanizado, o valor da máquina e o custo com mão-de-obra foram as variáveis mais influentes no custo final do sistema. O módulo 3 semimecanizado apresentou o menor ponto de equilíbrio.

**PALAVRAS-CHAVE:** COLHEITA FLORESTAL, CUSTOS.

**TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS OF CROP SYSTEMS: SHORT LOGS AND LONG LOGS UNDER MECHANIZED AND SEMI-MECHANIZED METHOD.**

**ABSTRACT:** *This study aimed to assess technical- economicamente harvest of short logs and long logs under mechanized and semi-mechanized method systems . We evaluated four modules of forest harvest : 1 ) short log mechanized ( eforwarder harvester ) ; 2 ) long logs mechanized ( feller - buncher and skidder ) ; 3 ) short logs semi-mechanized ( chainsaw and crane ) , and 4 ) long logs semi-mechanized ( chainsaw air and cable ) . The economic analysis was based on the determination of operating costs , cost of production , internal rate of return and equilibrium. Observed a higher operating cost per effective working hour by module 2 , however , it had the lowest cost of production and maior internal rate of return . The price of the machine and the cost of maintenance and repairs were the most influential variables in the operating cost of the mechanized system , already in the semi-mechanized system, the value of the machine and the cost of hand labor were the most influential variables in the final cost of the system . Module 3 semi mechanized showed the lowest equilibrium.*

**KEYWORDS:** HARVESTING, COSTS.

### INTRODUÇÃO

As boas condições edafoclimáticas de cultivo, os altos investimentos e o desenvolvimento de tecnologias fez com que o Brasil atingisse 6,6 milhões de hectares de floresta plantada em 2012 (ABRAF, 2013). A mecanização do setor foi um dos fatores que mais contribuiu para o país atingir essa marca, pois proporcionou maiores produtividades, grandes melhorias na qualidade de plantio e da

mão de obra, além de contribuir para redução de custos destacando, principalmente, a etapa de colheita.

São necessários altos investimentos para adquirir máquinas e equipamentos de colheita florestal, mesmo assim o Brasil vem se destacando como grande consumidor de máquinas especializadas no corte, extração e carregamento de madeira. Para que não ocorram problemas operacionais e ineficiência na colheita florestal, é necessário realizar planejamento e avaliações que definam de forma precisa qual será a máquina, método e sistema de colheita adequado.

O conhecimento dos custos operacionais das máquinas é importante para realizar o planejamento e controle de sua utilização, sendo o mesmo influenciado, principalmente, pela eficiência operacional e pela jornada de trabalho (HARRY et al., 1991). Também é necessário ter o conhecimento sobre a taxa interna de retorno, pois a mesma expressa o retorno que será obtido com o investimento, além de identificar a viabilidade do mesmo.

A partir dos aspectos citados, percebe-se a importância de se realizar estudos que visem contribuir para o desenvolvimento do setor florestal, principalmente, no que se refere a estudos econômicos. Mediante isso objetivou-se com o presente trabalho analisar técnico-economicamente sistemas de colheita de toras curtas e toras longas sob os métodos: mecanizado e semimecanizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constituiu pela análise de quatro módulos de colheita. Módulo 1, utilizou o *harvester* da marca John Deere, modelo 1270 e o *forwarder* da marca John Deere, modelo 1710. O módulo 2, utilizou o *feller-buncher* de esteira da marca John Deere, modelo 953k e o *skidder* de garras da marca John Deere, modelo 748H. O módulo 3, utilizou a motosserra da marca Stihl, modelo MS 360 e o guindaste da marca Terex, modelo RT 230. O módulo 4, utilizou a motosserra da marca Stihl, modelo MS 360 e o cabo aéreo marca Penzsaaur, modelo K301 T.

Os custos operacionais foram estimados com base em dados fornecidos por fabricantes de máquinas florestais e empresas do setor florestal. Os valores das variáveis estão apresentados na tabela 1. Utilizou a taxa de câmbio, Dólar (R\$ 2,34), cotados em 12 de dezembro de 2013.

O custo total compreendeu pelo somatório do custo fixo e do custo variável e expressos em dólares por hora efetiva de trabalho (US\$ h<sup>-1</sup>), segundo a metodologia usada por Leite (2012), adaptada de American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2001). O custo de mão-de-obra da motosserra foi somado com os custos de equipamentos de seguranças e materiais auxiliares.

Para análise de sensibilidade considerou-se uma variação de 40% (20% para mais e para menos) nos valores dos principais componentes do custo operacional. A partir desses dados, foi apresentado graficamente as curvas.

Para obtenção da produtividade média das máquinas foi realizada uma revisão de literatura em 21 artigos. Para o *harvester* utilizou a produtividade média de 29,81 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; *forwarder* 32,39 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; *feller-buncher* 51,76 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; *skidder* 45,65 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; motosserra 6,39 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; guindaste 20 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; cabo aéreo 19,51 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>. O custo de produção foi determinado pelo quociente do custo operacional e produtividade.

A TIR foi determinada por meio da metodologia citada por, Silva *et al.* (2005), expressa de forma porcentual, sendo simulado uma receita líquida de 10% sobre o custo de produção.

Para obtenção do ponto de equilíbrio, utilizou-se a equação 1.

$$H = \frac{CF + He}{PU - PM - CV} \quad (1)$$

em que: H = horas trabalhadas por ano (h ano<sup>-1</sup>); CF = custo fixo (US\$ h<sup>-1</sup>); He = horas efetivas de uso anual da máquina (h); PU = Custo por metro cúbico (US\$ m<sup>-3</sup>); PM = rendimento (m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>); e CV = custo variável (US\$ h<sup>-1</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Custo de produção e custo operacional

O módulo 1 apresentou um custo de produção de US\$ 6,61 m<sup>3</sup> sc e custo por hora efetiva de trabalho de 204,29 (R\$ 478,03). O custo de produção e as distribuições dos custos operacionais do sistema estão apresentados na tabela 03.

O trator florestal *harvester* foi mais representativo no custo final do sistema, representando 56,88% (US\$ 3,76 m<sup>3</sup> sc) do custo de produção e 54,77% (US\$ 111,90) do custo operacional do módulo. O *forwarder* representou 43,12% (US\$ 2,85 m<sup>3</sup> sc) do custo de produção e 45,23% (US\$ 92,39) do custo operacional do módulo.

Dentro do custo operacional do sistema o custo com manutenção e reparos foi o mais expressivo, representando 40,03% do custo operacional do sistema, seguido depreciação 17,62% e do custo com combustível, 15,69%.

Para o módulo 2 chegou-se a um custo de produção igual a US\$ 5,59 m<sup>3</sup> cc e um custo operacional de US\$ 272,75 por hora efetiva de trabalho. O *feller-buncher* foi mais figurativa que o *skidder* nos custos desse módulo, sendo responsável por 51% do custo de produção e 54,01% do custo operacional.

Tendo em visto o custo operacional do módulo 2 verificou-se que os custos variáveis corresponderam a 80,89% do custo total do sistema, sendo o custo com manutenção e reparos o mais representativo com 42,52% devido, principalmente, ao elevado valor de aquisição das máquinas, seguido do custo com combustível 18,80% e depreciação 13,20% do custo total do sistema.

Estimou-se para o módulo 3 um custo de produção de US\$ 7,49 m<sup>3</sup> cc (R\$ 17,50) e o custo operacional por hora efetiva de trabalho igual a US\$ 117,18 (R\$ 274,69). O guindaste representou 68% e 86,90% do custo de produção e do custo operacional do sistema, respectivamente. Os maiores custos dessa máquina é devido à mesma apresentar custos maiores que a motosserra com manutenção e reparos, devido a longa vida útil da máquina e mão-de-obra, sendo necessário 5 operadores para realizar as operações do guindaste.

Com relação ao custo operacional, os custos variáveis representaram 75,13% do custo total do sistema, e os custos fixos 24,87%. O custo com manutenção e reparos foi o que mais contribui para o custo final do sistema 33,93%, seguido da mão-de-obra 28,66%, depreciação 12,56%.

Para o módulo 4, chegou-se a um custo de produção de US\$ 6,16 m<sup>3</sup> cc (R\$ 14,41) e a um custo operacional de US\$ 88,79 (R\$ 207,77). O cabo aéreo correspondeu 61,04% do custo de produção e 82,71% do custo operacional.

Nos custos operacionais desse sistema, os custos variáveis corresponderam a 60,78% do custo total do módulo, sendo que o custo com mão-de-obra representou 37,49% do custo final do módulo, seguido de manutenção e reparos (31,90%), depreciação (11,26%). O custo com óleo hidráulico foi o menos representativo 0,59%.

### **Análise de sensibilidade**

Para o *harvester*, *feller-buncher*, *forwarder* e *skidder* a variável valor da máquina foi a que proporcionou maior impacto no custo operacional, seguido do custo com manutenção e reparos, custo com combustível e depreciação.

Para a motosserra os componentes que mais influenciaram no custo final foram: custo com mão-de-obra, custo com combustível, valor da máquina e custo com manutenção e reparos, sendo que a mão-de-obra apresenta maior ângulo de inclinação, tendo alta influência no custo final. Na análise de sensibilidade para o guindaste e cabo aéreo as variáveis que mais influenciaram no custo operacional foram: valor de aquisição da máquina, custo com manutenção e reparos, custo com mão-de-obra e depreciação.

### **Taxa Interna de Retorno**

Verificou-se que as máquinas *harvester*, *forwarder*, *feller-buncher* e *skidder* tiveram maior receita líquida entre o segundo e o terceiro ano. A motosserra apresentou maior receita líquida no primeiro ano de vida útil, devido, principalmente ao seu baixo custo de aquisição e menor período de operação. O cabo aéreo e o guindaste apresentaram maior receita líquida entre o quarto e o quinto ano de vida útil.

O módulo 1 apresentou uma taxa interna de retorno de 81,43% no final da vida útil de ambas as máquinas. O *forwarder* apresentou uma taxa interna de retorno, aos 4 anos, de 47,49%, valor superior a do *harvester* que foi de 39,23%, no mesmo ano. Isso se deve ao fato do *forwarder* apresentar um custo menor por hectare que o *harvester*, devido, principalmente, ao menor consumo de lubrificantes e menor custo com manutenção e reparos.

No quarto ano obteve-se maior taxa interna de retorno de 131,22%, para o módulo 2, comprovando a viabilidade do investimento. A partir da figura 3, percebe-se que o *skidder* apresenta maior taxa interna de retorno no terceiro ano, 76,99%, esse valor é superior ao apresentado pelo *feller-buncher* no

mesmo período, devido principalmente a alta produtividade da máquina e menores custos operacionais. A maior taxa interna de retorno apresentada pelo *feller-buncher* foi ao quarto ano, 58,55%.

Nota-se a partir da Figura 3, que a curva da taxa interna de retorno do *skidder* após 3,5 anos tende a decair indicando o fim da vida útil da máquina, sendo necessária a troca da mesma.

A motosserra apresentou a TIR de 35% no segundo ano (Figura 3), sendo que este valor caiu para 19,14% ao terceiro ano, isso indica sua vida útil, sendo necessário a troca da máquina a cada 2,3 anos para obter a maior TIR. Já a TIR do guindaste foi de 34% aos 8,3 anos, dados similar ao do cabo aéreo indicando a necessidade de troca da máquina aos 8,1 anos, sendo que a curva da TIR tende a estabilizar após o sexto ano de uso da máquina e começa a decair após o oitavo ano.

O cabo aéreo apresentou uma TIR de 30% aos 10 anos de vida útil da máquina, vale ressaltar que após os 10 de anos de vida útil da máquina a curva da TIR continua em ascensão, o que indica vida útil em operação superior aos 10 anos.

Para o módulo 1, verificou-se que o ponto em que igualam as receitas e os custos foi de 4711,68 horas ano<sup>-1</sup> para ambas as máquinas.

Para o módulo 2 a quantidade mínima de uso anual das máquinas foi de 4503,08 horas efetivas por ano, sendo que o *feller-buncher* apresentou um ponto de equilíbrio igual a 5006,16 horas ano<sup>-1</sup>.

Para o módulo 3 o período mínimo de operação efetiva das máquinas deve ser de 1680,50 horas efetiva ano<sup>-1</sup>, caso as máquinas foram trabalhar menos que isso, se torna injustificada a compra das mesmas. A motosserra apresentou um ponto de equilíbrio igual a 1770,81 horas efetiva ano<sup>-1</sup>, e o guindaste 1590,20 horas efetiva ano<sup>-1</sup>.

Para o módulo 4 o tempo mínimo de operação efetiva das máquinas foi de 1690,31 horas efetiva ano, caso contrário é mais lucrativo alugar as máquinas. O ponto de equilíbrio do cabo aéreo foi de 1609,82 horas por ano de trabalho.

## CONCLUSÕES:

O sistema toras longas mecanizado, composto pelos tratores florestais *feller-buncher* e *skidder*, foi o que apresentou maior custo operacional, porém teve o menor custo de produção.

O sistema toras longas semimecanizado, módulo composto pela motosserra e cabo aéreo teve o menor custo operacional.

O sistema toras curtas mecanizado, combinado pelas máquinas *harvester* e *forwarder* apresentou o maior custo de produção, justificado devido o módulo realizar o processamento completo da madeira.

O sistema toras longas mecanizado, formado pelo subsistema *feller-buncher* e *skidder* teve a maior taxa interna de retorno.

O módulo 3 apresentou flexibilidade de operação, explicado pelo menor ponto de equilíbrio.

O valor da máquina e o custo com manutenção e reparos foram às variáveis mais influentes no custo operacional da colheita mecanizada.

## APOIO

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2001**: machinery, equipment and buildings: operating costs. Iowa: Ames, 2001. p. 164-226.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTOS DE FLORESTAL PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF**. 2013 ano base 2012. Brasília:ABRAF, 2013. 149 p.

HARRY, G.G.; FONTES, J. M.; MACHADO, C.C.; SANTOS, S. L. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: Simpósio brasileiro sobre exploração e transporte florestal, 1., 1991, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991. p. 57-75.

LEITE, Elton Silva. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas**. 2012. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 178 p.