

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA MECANIZAÇÃO DO
PROCESSO DE COLHEITA FLORESTAL COM *HARVESTER* EM UMA
INDÚSTRIA MADEIREIRA**

**ECONOMIC FEASIBILITY OF THE PROCESS OF HARVEST MECHANIZATION
OF FOREST HARVEST WITH A WOOD INDUSTRY**

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA MECANIZACIÓN DEL
PROCESO DE LA COSECHA FORESTAL CON *HARVESTER* EN UNA
INDUSTRIA MADERERA**

PATRÍCIA AMANDA DOMINGUES MAGALHÃES¹
IEOSCHUA KATZ²

Recebido em junho de 2010. Aprovado em outubro de 2010.

¹ Graduada em Tecnologia em Logística e Transportes pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

² Professor Assistente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Graduado em Agronomia. Pós-Graduado em Propaganda e Marketing. Mestre e Doutor em Agronomia pela UNESP-Botucatu. End: Avenida José Ítalo Bacchi S/N, CEP: 18606-855. Botucatu – SP Fone: (14) 3814-3004. E-mail: iekatz@fatecbt.edu.br.

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA MECANIZAÇÃO DO PROCESSO DE COLHEITA FLORESTAL COM *HARVESTER* EM UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA

RESUMO

Estudos recentes apontam que os custos com a colheita florestal correspondem de 60 a 70% dos custos totais da operação. Desta forma, as empresas do setor madeireiro buscam processos para reduzir estes custos, adotando metodologias que melhorem as operações logísticas entre eles. Neste estudo, foi analisado economicamente um trator florestal para colheita, usado na mecanização do processo, chamado de *Harvester*. Os dados foram obtidos através de pesquisa documental e avaliados do ponto de vista qualitativo e quantitativo. A pesquisa documental envolveu os custos nos dois métodos da colheita, estabelecendo a estimativa dos custos operacionais, tais como: taxa de juros, depreciação, custos com combustíveis, lubrificação e manutenção, horas efetiva de trabalho, custos de mão-de-obra, além das estimativas do *payback* e do *ROI (Return On Investment)*, o qual foi constatado como investimento economicamente viável, considerando a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) de 15% para a empresa. O uso desse maquinário de tecnologia apurada fez com que aumentassem os rendimentos operacionais, a produtividade, a segurança no trabalho e também culminou com um forte impacto na redução de custos operacionais e nos custos de produtividade se comparado ao sistema atual utilizado na empresa, com a utilização de motosserra. Também se efetuou pesquisa de campo, com análises do método atual usado na empresa, com captura de fotografias e informações *in loco*. Os dados foram avaliados no programa computacional *Microsoft Excel* (nas versões 2003 e 2007).

PALAVRAS-CHAVE: Colheita florestal. *Harvester*. Motosserra.

ECONOMIC FEASIBILITY OF THE PROCESS OF HARVEST MECHANIZATION OF FOREST HARVEST WITH A WOOD INDUSTRY

ABSTRACT

Recent studies indicate that the cost of timber harvesting represent 60-70% of the total costs of operation so that companies in the timber sector to seek processes decrease these costs by adopting methodologies that improve the logistics operations between them. This study analyzed economically to harvest a skidder, used in the mechanization of the process, called the Harvester. Data were collected through desk research, and evaluated in terms of quality and quantity. The desk research involved the costs for both methods of collection, setting the estimated operating costs such as interest rate, depreciation, fuel costs, lubrication and maintenance, actual hours of work, labor costs, and estimates of payback and ROI (Return On Investment), where it was found that the investment is economically viable, considering the TMA (hurdle rate) of 15% for the company. Using this technology machinery established made to increase operating earnings, productivity, safety at work and also led to a strong impact on reducing operating costs and costs of productivity compared to the current system used in the company, with use of chainsaws. It also has made the field research, with analysis of the current method used in the company, taking photographs and information on the spot. The data were evaluated in the computer program Microsoft Excel (versions 2003 and 2007).

KEYWORDS: Chainsaw. Forest harvesting. Harvester.

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA MECANIZACIÓN DEL PROCESO DE LA COSECHA FORESTAL CON *HARVESTER* EN UNA INDUSTRIA MADERERA

RESUMEN

Estudios recientes apuntan que los costos con la cosecha forestal corresponden de 60 a 70% de los costos totales de operación. De esta forma, las empresas del sector maderero buscan procesos para reducir estos costos, adoptando metodologías que mejoren las operaciones logísticas entre ellos. En este estudio, fue analizado económicamente un tractor forestal para cosecha, usado en la mecanización del proceso, llamado de *Harvester*. Los datos fueron obtenidos a través de pesquisa documental y evaluados del punto de vista cualitativo y cuantitativo. La pesquisa documental involucró los costos en los dos métodos de la cosecha, estableciendo la estimativa de los costos operacionales, tales como: intereses, depreciación, costos con combustibles, lubricación y mantenimiento, horas efectivas de trabajo, costos de mano de obra, además de las estimativas del *payback* y del *ROI (Return On Investment)*, el cual fue constatado como inversión económicamente viable, considerando la TMA (Tasa Mínima de Atracción) de 15 % para la empresa. El uso de ese maquinismo de tecnología apurada hizo con que aumentasen los rendimientos operacionales, la productividad, la seguridad en el trabajo y también culminó con un fuerte impacto en la reducción de costos operacionales y en los costos de productividad si comparado al sistema actual utilizado en la empresa, con la utilización de motosierra. También se hizo pesquisa de campo, con análisis del método actual usado en la empresa, con captura de fotografías e informaciones *in loco*. Los datos fueron evaluados en el programa computacional Microsoft Excel (en las versiones 2003 y 2007).

PALABRAS-CLAVE: Cosecha forestal. *Harvester*. Motosierra.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento florestal tornou-se uma ferramenta indispensável para a implantação técnica e econômica nas florestas. A escolha das melhores áreas com vocação florestal, as menores distâncias até a fábrica, a especificação do sentido de plantio, implantação da rede viária e a manutenção das áreas de conservação são realizadas visando aperfeiçoar as operações logísticas entre a colheita e o transporte.

A colheita, que há muitos anos era executada com ferramentas manuais e motosserras, foi mecanizada na maioria das grandes empresas florestais brasileiras. A utilização de equipamentos de alta tecnologia, como o *Harvester*, aumentou o rendimento operacional, a segurança no trabalho e colocou os custos entre os mais competitivos do mundo. Essas máquinas de concepção florestal, adequadas para as diferentes situações de solo e topografia, permitiram a mecanização de grande parte das áreas florestais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No setor florestal, a colheita de madeira é a fase mais importante do ponto de vista econômico, haja vista sua alta participação no custo final do produto e os riscos de perda envolvidos nessa atividade (DUARTE, 1994).

Portanto, faz-se necessária e urgente a procura de técnicas que tornem a colheita e o transporte da madeira mais racional, visando o maior aproveitamento do material lenhoso (JACOVINE et al., 2001). Dentre essas novas técnicas, a mecanização das atividades de colheita vem ganhando destaque nos últimos anos, por proporcionar vantagens em relação aos métodos utilizados até o momento (MOREIRA, 1998).

A colheita de produtos florestais (madeira para serraria, laminação, celulose e painéis), pode ser definida como o resultado esperado de um plano de manejo e parte integrante de um processo produtivo, consistindo num conjunto de operações efetuadas na floresta, para colher e extrair madeira, até o local de transporte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na fazenda de propriedade de uma empresa madeireira, situada em Botucatu, interior de São Paulo, com uma área total de 6.133,79 hectares, e uma área de plantio efetivo de 3.334,49 hectares. A área está localizada nas coordenadas geográficas 23° 11" de latitude Sul e 48° 35" de longitude Oeste. A topografia é plana e o tipo de solo é a terra arisca conhecido por arenito de Botucatu (o solo do tipo arenito Botucatu aparece em localidades com topografia bem plana, propícia à mecanização agrícola). A temperatura média é de 19° C.

Para a escolha da área experimental, foram estabelecidos os seguintes parâmetros: floresta homogênea, da mesma espécie, talhão de primeira rotação, relevo plano e solo arenoso. Também foi considerado que a empresa possui 55 motosserras no campo, para atender a demanda mensal de madeira no pátio industrial, que é de 40.000 m³/mês. Porém de acordo com informações coletadas, o pátio industrial tem capacidade para receber 45.000 m³/mês. É nesta meta que o presente estudo se embasa.

Atualmente a empresa possui métodos de corte através da colheita semi mecanizada, com utilização de motosserra para o corte e processamento da tora. O

sistema de colheita adotado atualmente é o sistema de Toras Curtas (*Cut-to-length*).

Os dados foram obtidos através de pesquisa documental e avaliados do ponto de vista qualitativo e quantitativo. Também se efetuou pesquisa de campo, com análises do método atual usado na empresa (colheita semi mecanizada com motosserra), com captura de fotografias e informações *in loco*. Os dados foram avaliados no programa computacional *Microsoft Excel* (nas versões 2003 e 2007).

A pesquisa documental envolveu os custos nos dois métodos da colheita, estabelecendo a estimativa dos custos operacionais das máquinas florestais; tais como: taxa de juros, depreciação, custos com combustíveis, lubrificação e manutenção, horas efetiva de trabalho, e custos de mão-de-obra, além dos cálculos do *payback* e taxa de retorno para o investimento.

3.1 Custos Operacionais

Os juros foram calculados pela aplicação de uma taxa de juros ao investimento, conforme Equação 1.

$$J = \frac{(Ca \times i \times f)}{Vu} \quad \dots(1)$$

Onde:

Ca = Custo de aquisição da máquina;

i = Taxa anual de juros (%);

f = Fator de correção;

Vu = Vida útil da máquina.

Depreciação

O custo da depreciação estimou a perda de valor no decorrer da vida útil da máquina florestal. A estimativa do custo de depreciação foi um procedimento utilizado para recuperar o investimento inicial da máquina, à medida que ela se torna obsoleta, conforme Equação 2. O método de depreciação usado foi o linear, em que o valor depreciável é obtido ao se subtrair do valor de aquisição da máquina seu valor residual. Dividindo o valor depreciável pela vida útil estimada, obtém-se a quota de depreciação a ser deduzida anualmente:

$$D = \frac{(Ca - Vr)}{Vu} \quad \dots(2)$$

Onde:

Ca = Custo de aquisição da máquina;

Vr = Valor residual;

Vu = Vida útil.

Para efeito de cálculo, foi considerado:

Vr = 20% de Ca ao ano

Combustível

O custo de combustível foi estimado baseado na quantidade de óleo diesel consumido nas máquinas florestais, conforme Equação 3, e os dados foram baseados através da pesquisa documental levantada com uma empresa que terceiriza serviços de mecanização florestal.

$$Comb = Cmm \times Pu \quad \dots(3)$$

Onde:

Comb = Custo com combustível por hora efetiva;

Cmm = Consumo médio horário da máquina;

Pu = Preço por litro de combustível.

Lubrificante

Com base em indicador médio de consumo e de informações técnicas do fabricante, os custos de lubrificantes estimados com fator de ajuste de 15 % dos custos do combustível consumido por hora de trabalho, conforme a metodologia proposta pela ASAE (2001). Nos custos de lubrificação, estão inclusos os dispêndios com óleo de motor, óleo de transmissão, graxas e filtros, estimados através da Equação 4.

$$OLH = (Om + Oh + Oc + Ol) \quad \dots(4)$$

Onde:

OLH = Custo de óleos hidráulicos e lubrificantes;

Om = Óleo motor;

Oh = Óleo hidráulico;

Oc = Óleo comandos;

OI = Outros Óleos.

Mão-de-obra

Nos custos de mão-de-obra, estão inclusos os salários diretos e indiretos, e todos os benefícios que os operadores recebem, baseados na quantidade de horas trabalhadas.

$$MDO = \left[\frac{Sop \times Es}{HTM} \right] \quad \dots(5)$$

Onde:

MDO = Custo de mão-de-obra por hora efetiva;

Sop = Somatório dos salários mensais dos operadores (folha de pagamento);

Es = Taxa de encargos sociais;

HTM = Horas efetivas trabalhadas no mês.

Reparos e manutenção

Os custos de reparo e manutenção incidem devido ao uso em condições normais ou em consequência de desgastes dos componentes, acidentes ou

deterioração natural da máquina florestal, representado pela Equação 6.

$$Man = \frac{(Sof \times Es) + Off}{HTM} \quad \dots(6)$$

Onde:

Man = Custo de manutenção e reparo por hora efetiva;

Sof = Somas dos salários mensais dos mecânicos;

Es = Taxa de encargos sociais;

Off = Despesas diversas de oficina e serviços de terceiros;

HTM = Horas efetivas trabalhadas no mês.

Também foi utilizado o seguinte cálculo para determinação da produtividade.

$$Prod = \frac{(Na \times Va)}{Het} \quad \dots(7)$$

Onde:

Prod = Produtividade;

Na = Número de árvores;

Va = Volume médio por árvore;

Het = Horas efetivas trabalhadas.

3.2 Determinação dos custos de colheita

A determinação dos custos do processo de colheita foi obtida através do somatório dos custos operacionais (fixos + variáveis) e o resultado foi dividido pela

produtividade de cada equipamento, conforme Equação 8.

$$CC = \left(\frac{J + D + MDO + Man + Comb + OLH}{Prod} \right) \quad \dots(8)$$

Onde:

CC = Custo de colheita (R\$ m³);

J = Custo com juros;

D = Custo de depreciação;

MDO = Custo com mão-de-obra;

Peças = Custo com peças;

Comb = Custo com combustível;

OHL = Custo com lubrificantes e óleo hidráulico;

Prod = Produtividade.

Onde:

DM = Disponibilidade mecânica;

HT = Horas totais de trabalho;

HM = Horas em manutenção.

3.3 Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica foi obtida por meio da relação entre o tempo de trabalho total destinado para a realização das atividades, em que a máquina se encontrava apta para o desempenho de suas funções, e o período em que a mesma interrompia o trabalho por encontrar-se em manutenção. Foi utilizada a seguinte expressão

$$DM = \left(\frac{HT - HM}{HT} \right) \times 100 \quad \dots(9)$$

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Através da pesquisa realizada no campo, pode-se inferir que o corte semi mecanizado apresenta alguns aspectos negativos em relação ao sistema mecanizado como, por exemplo, maiores riscos de acidentes, condições ergonômicas desfavoráveis e baixa produtividade.

No que tange os aspectos positivos, vale citar os menores custos de aquisição e manutenção em relação aos sistemas mecanizados e a capacidade de executar todas as operações de corte florestal, com o diferencial de poder atuar em áreas de difícil acesso em relação às condições topográficas.

Outro detalhe é que o trabalhador necessita transportar a motosserra junto a ele, o que torna a operação ainda mais difícil, além disso, foi observada a

periculosidade em que os operadores de motosserra ficam sujeitos. Essa afirmação pôde ser comprovada e analisada na empresa onde foi elaborado o estudo, conforme o descritivo das etapas da operação com motosserra.

Souza (1992) analisou características do uso de motosserra, onde concluiu que o sistema é caracterizado pela sua grande exigência física, por ser pesado e geralmente com alto risco de acidentes, principalmente pelo meio ambiente rústico e pelas grandes dimensões do produto que é tratado, a árvore, ressaltando também que é

considerado como um dos trabalhos mais pesados e de mais alto risco de acidentes entre as atividades industriais brasileiras, afirmação comprovada também analisando o artigo publicado na Revista Proteção (2000), no qual conclui que o extrativismo com motosserra continua sendo uma das atividades recordistas em acidentes de trabalho. Na Tabela 1, podem ser analisadas as vantagens e as desvantagens do equipamento, como resultado da pesquisa elaborada em campo, observando a utilização da motosserra.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do uso da motosserra

VANTAGENS	DESVANTAGENS
✓ Baixo custo de aquisição	✓ Periculosidade
✓ Atuação em qualquer tipo de terreno	✓ Elevado nível de ruído (85 decibéis)
✓ Executa todas as operações de corte	✓ Elevado esforço físico
✓ Alta produtividade em comparação com outros métodos manuais	✓ Baixo rendimento em relação aos métodos mecanizados
	✓ Funcionário sujeito à picada de animais peçonhentos

O módulo típico no sistema de toras curtas é composto pela máquina ilustrada na Figura 1. O *Harvester* corta e processa cada árvore individualmente dentro da área, deixando o resíduo e as toras distribuídos em faixas.

Portanto, todo o ciclo analisado no operacional da colheita atual na empresa

deixaria de existir, dando lugar ao *Harvester*, que ficaria responsável por todas as etapas que envolvem o uso de motosserra. As etapas que seriam substituídas pelo *Harvester* são: roçada pré-corte, corte e derrubamento, desgalhamento, traçamento e enleiramento, ambos os processos realizados manualmente por operadores.



Figura 1 – Máquina utilizada na colheita mecanizada – *Harvester*.

4.1 Definição dos custos operacionais para motosserra

Na Tabela 2, são apresentados os valores e os percentuais dos custos fixos obtidos para motosserra. O custo fixo por hora foi de R\$ 1,00. Os custos variáveis para motosserra foram de R\$ 37,38 por hora.

Na Tabela 3, podem ser observados detalhadamente os custos variáveis obtidos para motosserra.

Diante do somatório dos custos fixos e variáveis, a motosserra apresentou

um custo operacional de R\$ 38,38 por hora. Os custos gastos com operadores (mão-de-obra) representaram 63% da composição total dos custos. Vale-se salientar que, para esta estimativa de custo operacional, foi considerado o sistema atual na empresa, ou seja, uma motosserra e uma equipe de operadores, formada por um operador de motosserra mais um ajudante, totalizando dois funcionários por equipamento, em 8 horas de trabalho diário, durante 21 dias trabalhados.

Tabela 2 – Custos fixos e percentuais da motosserra.

CUSTOS FIXOS (CF)	R\$. h. ⁻¹	% CF
Depreciação	0,88	2
Juros	0,13	1
Total	1,00	3

Tabela 3 – Custos variáveis e percentuais para motosserra.

CUSTOS VARIÁVEIS	R\$. h. ⁻¹	% CV
Operadores	24,23	63
Manutenção	6,44	17
Combustíveis	4,32	11
Lubrificantes	2,40	6
Total	37,38	97

4.2 Custos operacionais para *Harvester*

Na Tabela 4, são apresentados os valores e os percentuais dos custos fixos obtidos para o *Harvester*. O custo fixo por hora foi de R\$ 47,96.

Os custos variáveis para *Harvester* foram de R\$ 114,21 h.⁻¹. Na Tabela 5 podem ser observados detalhadamente os custos variáveis obtidos para o *Harvester*.

Diante do somatório dos custos fixos e variáveis, o *Harvester* apresentou

um custo operacional de R\$ 162,17 h.⁻¹. Os dispêndios com manutenção, depreciação e combustíveis equipararam-se, representando o percentual de 27 % para cada item. Importante salientar que para esta estimativa de foi considerado um *Harvester*, que opera 24 horas por dia, formado por uma equipe de quatro operadores, divididos em três turnos diários de 8 horas, durante 30 dias por mês.

Tabela 4 – Custos fixos e percentuais do *Harvester*

CUSTOS FIXOS (CF)	R\$. h. ⁻¹	% CF
Depreciação	44,00	25
Juros	3,96	2
Total	47,96	27

Tabela 5 – Custos variáveis e percentuais para o *Harvester*

CUSTOS VARIÁVEIS	R\$. h. ⁻¹	% CF
Operadores	20,66	12

Manutenção	44,10	26
Combustíveis	43,56	25
Lubrificantes	5,89	4
Total	114,21	70

Diante do somatório dos custos fixos e variáveis, o *Harvester* apresentou um custo operacional de R\$ 162,17 h.⁻¹. Os dispêndios com manutenção, depreciação e combustíveis equipararam-se, representando o percentual de 27 % para cada item. Importante salientar que, para esta estimativa, foi considerado um *Harvester* que opera 24 horas por dia, formado por uma equipe de quatro operadores, divididos em três turnos diários de 8 horas, durante 30 dias por mês.

4.3 Produtividade para motosserra

Para estimativa dos custos de produtividade, foi considerado o volume de 0,210 m³ por árvore. As horas efetivas de trabalho foram multiplicadas pela disponibilidade operacional do operador de

motosserra, e essa estimativa foi analisada em campo, encontrando-se quantas vezes o operador teve que parar para abastecer e afiar o equipamento, e o período desta parada. Desta forma, foram subtraídas as horas de trabalho em campo, que são 8 horas diárias, do tempo necessário de manutenção, e o total dividido pelas horas totais trabalhadas subsequentemente multiplicada por 100, resultando numa disponibilidade operacional de 82%. Essa taxa foi multiplicada pelas horas totais trabalhadas ao dia, resultando em 6,56 horas efetivas de trabalho. O número de árvores foi estimado segundo observação em 167 árvores ao dia por equipamento.

A Tabela 6 mostra a produtividade para uma motosserra, onde o volume encontrado foi de 5,35 m³ por hora e 35,07 m³ por dia.

Tabela 6 – Produtividade da operação de corte com motosserra

Produtividade/dia/equipe		Na x Va /HET
Número de árvores	Na	167
Volume por arvores m ³	Va	0,210
Horas efetivas de trabalho	HET	6,56
TOTAL m ³ / hora		5,35
TOTAL m ³ / dia		35,07

4.4 Produtividade para *Harvester*

Para estimativa dos custos de produtividade, foi considerado o volume de 0,210 m³ por árvore. Para as horas

efetivas do *Harvester*, foi considerado 68% de disponibilidade operacional, conforme dado fornecido pela empresa prestadora de serviços de mecanização bem como o número de árvores por hora. Tendo em vista que a máquina opera 24 horas ao dia, e considerando a taxa de disponibilidade de 68%, tem-se 16,32 horas efetivas de trabalho. Na Tabela 8, pode ser analisada a produtividade com o *Harvester*. A Tabela

7 mostra a produtividade para um *Harvester*, em que o volume encontrado foi de 19 m³ por hora e 308,45 m³ por dia.

Através do comparativo de produtividade entre a motosserra e o *Harvester*, estimados em m³ por dia, observou-se que o processo de colheita com um trator *Harvester* é 880% mais produtivo que a mesma operação efetuado com uma motosserra.

Tabela 7 – Produtividade da operação de corte com *Harvester*

Produtividade/dia/equipe		Na x Va /HET
Número de árvores	Na	1469
Volume por arvores m ³	Va	0,210
Horas efetivas trabalho	HET	16,32
TOTAL m ³ / hora		19
TOTAL m ³ / dia		308,45

4.5 Custo total da colheita

Para estimativa do custo total da colheita, foi equacionada a divisão do custo operacional total por hora, pela produtividade de cada equipamento, o

resultado deu-se em reais por m³, conforme demonstrado na Tabela 8, onde o total do custo da colheita para motosserra foi de 7,18 R\$. (m³)⁻¹, e para o *Harvester*, 8,54 R\$. (m³)⁻¹.

Tabela 8 – Custo total da colheita.

	Custo operacional R\$.h ⁻¹	Produtividade m ³ .h ⁻¹	Custo da colheita R\$. (m ³) ⁻¹
Motosserra	38,38	5,35	7,18
<i>Harvester</i>	162,17	19	8,54

4.6 Dimensionamento da frota

Com os cálculos da produtividade, foi possível dimensionar a quantidade de equipamento para atender a demanda de 45.000 m³ proposta neste trabalho. Para estimativa da produtividade ao mês, multiplicou-se a produtividade ao dia pelos números de dias trabalhados. Esta metodologia foi usada para os dois métodos de corte na colheita, ou seja, produtividade ao mês para uso da motosserra, e produtividade ao mês para uso do *Harvester*. Em seguida calculou-se o número de equipamento necessário para atender a demanda, estimando, portanto, o dimensionamento da frota necessário para

abastecer a indústria com base na demanda proposta, conforme Tabela 9.

Com base nestes cálculos, foi possível determinar que seriam necessárias 62 motosserras e 4 *Harvester* para que a demanda fosse atendida.

Para determinar o custo operacional por hora nos dois equipamentos, foi multiplicado o custo operacional unitário, pela quantidade de equipamentos necessários, e foi observado que o custo operacional por hora com corte, utilizando a motosserra, é aproximadamente 28% maior que usando *Harvester*. Na Figura 2, é possível visualizar o custo operacional por hora, considerando 4 *Harvester* e 62 motosserras.

Tabela 9 – Dimensionamento da frota.

Demanda	Produtividade	Dias	Produtividade	Equipamentos Necessários
45.000 m ³	por dia(m ³)	Trabalhados	por mês(m ³)	E = A/ D
A	B	C	D = B X C	
Motosserra	35,07	21	736,47	62
<i>Harvester</i>	308,45	30	11.214,00	4

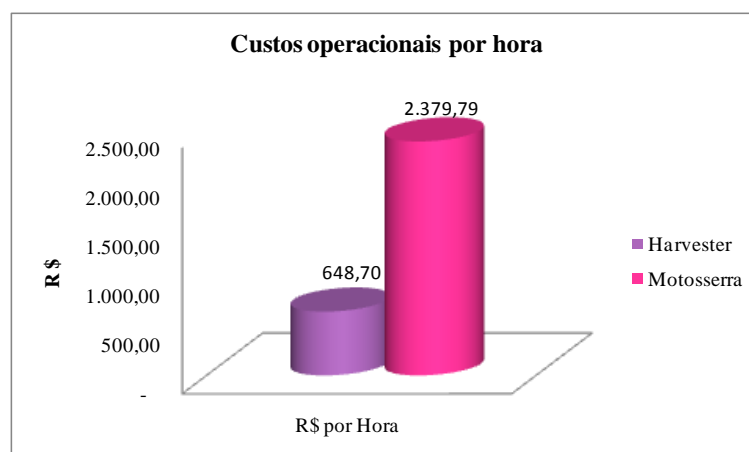


Figura 2 - Comparativo dos custos operacionais por hora da motosserra x *Harvester*.

3.7 Comparativo de investimento

Tendo como base o dimensionamento da frota, foi possível dimensionar o investimento total necessário para os dois métodos da colheita. A Tabela 10 exemplifica estes custos.

Conforme analisado, o custo inicial para a implantação da colheita mecanizada com *Harvester* é maior que o comparado ao com motosserra, porém o

custo operacional por hora é menor, devido à elevada produtividade do *Harvester* em relação à motosserra. Para encontrar o custo da produtividade diário, levando-se em consideração o dimensionamento necessário para cada método, foi multiplicado o custo da produtividade por hora pela produtividade diária de cada equipamento. O resultado foi multiplicado pelo dimensionamento da frota, conforme mostrado na Tabela 11.

Tabela 10 – Total de investimento.

	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Motosserra	62	3.500,00	217.000,00
<i>Harvester</i>	4	1.100.000,00	4.400.000,00

Tabela 11 – Comparativo do custo da produtividade diária para motosserra e *Harvester*.

	Custo produtividade por hora R\$. m ³	Custo da produtividade por equipamento/dia R\$. m ³	Custo da produtividade da frota / dia R\$. m ³
Motosserra	7,17	251,45	15.589,90
<i>Harvester</i>	8,54	3.188,51	12.754,04

Com isso, pode ser observado que a colheita com *Harvester* é, em termos de produtividade, viável em relação à operação utilizando-se a motosserra, para atender a demanda atual da empresa. E em termos econômicos também, visto que o custo total da produtividade por dia com 62 motosserras é de R\$ 15.589,90, e para a operação com 4 *Harvester* é de R\$ 12.754,04, resultando na economia com os custos de produtividade em R\$ 2.835,86 por dia.

Multiplicando pelos dias trabalhados do *Harvester*, que equivale a 30 dias, este valor seria de R\$ 85.075,80 ao mês. Vale-se salientar também que uma motosserra equivale a uma equipe de funcionários, formada por um operador e um ajudante, num período de oito horas trabalhadas ao dia, e um *Harvester* equivale a quatro operadores divididos em três turnos diários de oito horas. Portanto, considerando o dimensionamento da frota estimado neste estudo, para que seja possível atender a demanda de recebimento de madeira, permanecendo com o sistema

semimecanizado, a empresa teria custos com um total de 124 funcionários, contra apenas 16 funcionários para o sistema mecanizado com *Harvester*.

Essa comparação pode ser analisada conforme Figura 3. Os valores foram estimados em reais por mês (R\$/mês) e demonstram um ganho de aproximadamente 20% em relação ao sistema semimecanizado. Esta economia representa o valor de R\$ 100.581,81 ao mês.

3.8 Retorno de investimento

Para a viabilidade deste investimento, foi necessário estimar os possíveis ganhos que a aquisição do *Harvester* forneceria ao investidor. Conforme já observado, obteve-se ganhos com produtividade e mão-de-obra com operadores, os quais representaram R\$ 85.075,80 em economia com os custos de produtividade ao mês, e R\$ 100.581,11 com os custos de mão-de-obra. Somando-se esses ganhos, obteve-se a economia de R\$ 185.656,91 ao mês.

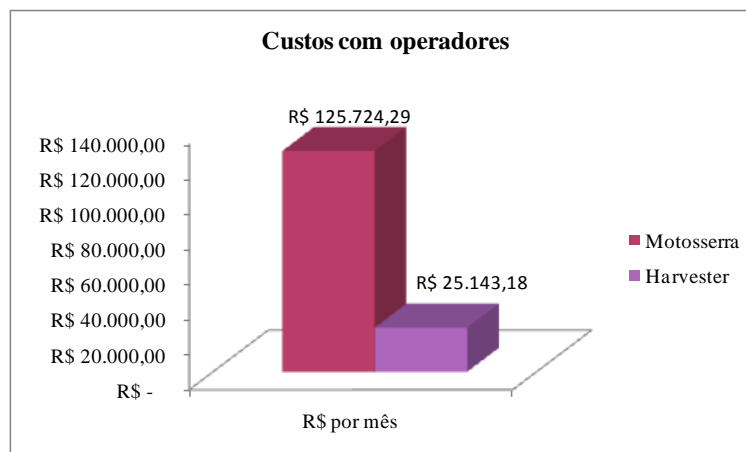


Figura 3 – Custos com funcionários.

Através dessa variável foi estimado o ROI (Return On Investment) e o *Payback*. Para este estudo, foi considerado uma TMA (taxa mínima de atratividade) de 15%. Essa TMA representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando se faz um investimento. Gitman (2002) afirma que, se o ROI for maior que a TMA (taxa mínima de atratividade), aceita-se o projeto; se for menor, rejeita-se o projeto. Esse critério garante que a empresa esteja obtendo, pelo menos, sua taxa requerida de retorno.

Gitman (1997) define que o período de *payback* é o período de tempo exato e necessário para a empresa recuperar seu investimento inicial.

Seguindo essa mesma linha de estudo, Hirschfeld (1998) caracteriza o *payback* como sendo o intervalo de tempo necessário para que os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos. As estimativas do ROI e do

payback podem ser analisadas na Tabela 12.

Analisando a Tabela 12, é possível verificar que o *payback* encontrado foi de aproximadamente 24 meses, ou seja, 2 anos, e ROI foi de 4% ao mês. Esse percentual significa o poder de ganho da empresa, que pode ser resumido da seguinte forma: para cada R\$ 1,00 investido, ela ganha R\$ 0,40.

Estimando-se que a TMA (taxa interna de atratividade) seja de 15 % anual para a empresa, o que daria 1,25% ao mês, observando-se que o ROI foi de 4% ao mês calculado neste estudo, e embasando-se nos estudos propostos por Gitman (2002), conclui-se que o investimento com o sistema de corte com a colheita mecanizada é economicamente viável, pois o ROI (4%) foi maior que a TMA (1,25%), o que caracteriza um projeto aceito e viável.

Tabela 12 – Estimativo do *ROI* e do *Payback* para o investimento.

Investimento (R\$)	Ganho Produtividade R\$	Ganho Mão-de-obra R\$	Payback Mês	<i>ROI</i> %
4.400.000,00	85.075,80	100.581,11	23,70	4,2

4 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, as principais conclusões foram às seguintes:

✓ O corte com motosserra apresentou baixa produtividade da colheita, 35,07 m³ ao dia por equipamento. Também se observou o elevado custo operacional que foi de R\$ 2.379,79 por hora considerando o dimensionamento da frota de 62 motosserras, para atender a demanda da indústria que é de 45.000 m³ ao mês. Esse elevado custo operacional deveu-se à infraestrutura necessária com mão-de-obra, a qual representou 63 % dos totais dos custos operacionais. O custo operacional por hora com corte utilizando a motosserra é aproximadamente 28% maior que usando *Harvester*. Outro ponto analisado foi o valor gasto em reais encontrado para os dispêndios com mão-de-obra, em que o mesmo representou R\$ 125.724,29 ao mês.

✓ O sistema de corte mecanizado, utilizando-se o trator florestal *Harvester*, apresentou-se altamente produtivo, com uma produtividade de 308,45 m³ ao dia por equipamento (*Harvester*), ou seja, 880% mais produtivo que uma motosserra. O *Tékhne e Lógos*, Botucatu, SP, v.2, n,1, out. 2010.

custo operacional foi de R\$ 648,70 por hora, considerando 4 *Harvester*, segundo dimensionamento da frota também para atender a demanda da indústria que é de 45.000 m³ ao mês. O valor gasto com os dispêndios de mão-de-obra foi de R\$ 25.143,18 ao mês, representando um ganho de 20% sobre os mesmos custos gastos com o sistema semimecanizado.

✓ Observando-se o *ROI* de 4% ao mês calculado, e embasando-se nos estudos propostos por Gitman (2002), conclui-se que o investimento com o sistema de corte com a colheita mecanizada é economicamente viável para empresa, pois o *ROI* (4%) foi maior que a TMA (1,25%), o que caracteriza um projeto aceito e viável. Através do *Payback* foi possível estimar que o período necessário para o retorno do investimento é de aproximadamente de 24 meses, ou seja, 2 anos.

5 REFERÊNCIAS

DUARTE, R. C. G. **Sistemas de corte florestal mecanizado**. 1994. 21f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

GITMAN, LJ. **Princípios de administração financeira**. 7.ed. São Paulo: Habra, 2002. 841p.

_____. **Princípios da administração financeira**. São Paulo: Habra, 1997.

JACOVINE, L. A. G. et al. Avaliação da perda de madeira em cinco subsistemas da colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p 463-470, 2001.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal**. 1998. 25f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.