

ANÁLISE OPERACIONAL E ECONÔMICA DO PROCESSAMENTO DE MADEIRA DE EUCALITPO COM "Hypro" EM REGIÃO MONTANHOSA¹

Danilo Simões², Paulo Torres Fenner³ e Carlos Adolfo Bantel⁴

RESUMO – O processo constante de avaliação técnica e econômica dos sistemas de colheita de madeira é intrínseco às empresas florestais, devido ao fato de corresponder a uma fase de suma importância que despende elevado investimento financeiro. No experimento deste trabalho, estudaram-se o rendimento operacional e custos operacionais e de produção do processador florestal *Hypro*. A análise técnica englobou estudos de tempos e movimentos pelo método de tempo contínuo. O rendimento operacional foi determinado através do volume, em metros cúbicos de madeira processada. A análise econômica incorporou os parâmetros do custo operacional, custo de processamento da madeira e rendimento energético. A análise dos dados evidenciou que o rendimento operacional por hora efetiva de trabalho foi de 38 árvores e, em metros cúbicos sem casca por hora efetiva de trabalho, de 11,68 m³ h⁻¹, com custo de processamento de madeira sem casca de US\$ 6.85 por metro cúbico.

Palavras-chave: Custos de produção, Mecanização florestal e Rendimentos operacionais

OPERATIONAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF EUCALYPTUS WOOD PROCESSING BY USING "Hypro" IN MOUNTAINOUS REGION

ABSTRACT – The constant process of technical and economical evaluation of the systems of timber harvesting is intrinsic to the timber industry because of being a very important phase which spends large financial investment. In this experiment, it was studied the operational yield and operational and production costs of *Hypro* forest processor. The technical analysis included a study of time and movements by the method of continuous time. The operational yield was determined by volume in cubic meters of processed wood. The economic analysis included the parameters of operational cost, cost of wood processing and energy consumption. Data analysis evidenced that the operational yield per effective work hour was 38 trees and, in debark cubic meters per effective hour of work was 11.68 m³ h⁻¹, with a cost of debark wood processing of US\$ 6.85 per cubic meter.

Keywords: Production costs, Forest mechanization and Operational yields.

1. INTRODUÇÃO

Dada à grande quantidade de máquinas e equipamentos de corte e extração disponíveis no mercado, as empresas podem empregar diferentes sistemas de colheita, cabendo a cada uma optar por aquele que seja mais adequado às suas peculiaridades (JACOVINE et al., 2001).

As máquinas florestais, em geral, têm sido avaliadas sob diversos aspectos, em diversas partes do mundo, com objetivos variados, como avaliar a produtividade,

necessidade de manutenção mecânica e eletrônica, entre outros (SILVA et al., 2007).

A mecanização florestal, na maioria das vezes, utiliza máquinas adaptadas ou importadas. O custo elevado dessas máquinas exige o máximo de aproveitamento de todas as suas funções durante a execução contínua das tarefas a elas atribuídas, bem como demanda estudos no sentido de adequá-las às condições de trabalho no Brasil (FONTANA; SEIXAS, 2007).

¹ Recebido em 11.02.2009 e aceito para publicação em 14.04.2011.

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. E-mail: <danilo@fca.unesp.br>.

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. E-mail: <fenner@fca.unesp.br>.

⁴ Instituto Federal do Acre, Campus Sena Madureira. E-mail: <bantel@ig.com.br>.



A colheita de madeira em áreas acidentadas, ou em condições topográficas desfavoráveis, exige alto nível de planejamento e detalhamento. Também é necessário o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para essas condições, com os objetivos de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão de obra e aumentar a produtividade (LIMA; LEITE, 2002).

No sistema de árvores inteiras, a árvore é derrubada e, em seguida, transportada para uma estrada ou pátio de processamento, onde ela é preparada para o transporte. De acordo com aqueles autores, algumas vantagens desse sistema são: deixar a área limpa de resíduos, diminuindo o risco de incêndios; se a indústria utilizar biomassa como fonte energética, existe o material disponível como subproduto; e concentração de várias operações em um único ponto, sendo excelente para condições topográficas desfavoráveis (MACHADO; CASTRO, 1985).

Entre os equipamentos empregados para o processamento de árvores inteiras está o processador florestal *Hypro*. Sua função é realizar concomitantemente o desgalhamento, descascamento, traçamento e empilhamento dos toretes, no interior dos talhões ou em pátios de processamento da madeira na área florestal. Por meio da instalação num trator agrícola e acoplado à tomada de potência, esse equipamento permitirá ao operador acionar as concernentes funções hidráulicas.

Diante da escassez de estudos relacionados ao processador florestal *Hypro*, o experimento foi realizado com o propósito de estimar o respectivo rendimento operacional e os custos compreendidos do processamento de madeira de eucalipto em região montanhosa.

1. MATERIALE MÉTODOS

1.1. Área experimental

O estudo foi desenvolvido numa floresta de *Eucalyptus grandis* de primeiro corte, num talhão com o mesmo sítio silvicultural (*site index*), formado por um povoamento homogêneo e equiâneo, seminal, com 88 meses de idade.

A área experimental estava localizada nas coordenadas geográficas 22°58'13.4 de Latitude Sul e 45°17'16.8 de Longitude Oeste, no Estado de São Paulo, com altitude média de 710 m acima do nível do

mar. O tipo de solo predominante na região, segundo a Embrapa (1999), é o argilo-arenoso de cor castanho-avermelhada, com topografia caracterizada como montanhosa.

1.2. Processador florestal *Hypro*

O processador florestal avaliado era da marca *Hypro* - modelo 450, instalado na parte traseira do trator agrícola e acoplado à tomada de potência, com grua para alcance máximo de 6 m de distância e capacidade para duas toneladas, possibilitando o seccionamento de árvores de até 40 cm de diâmetro, as quais eram alocadas na mesa processadora (Figura 1).

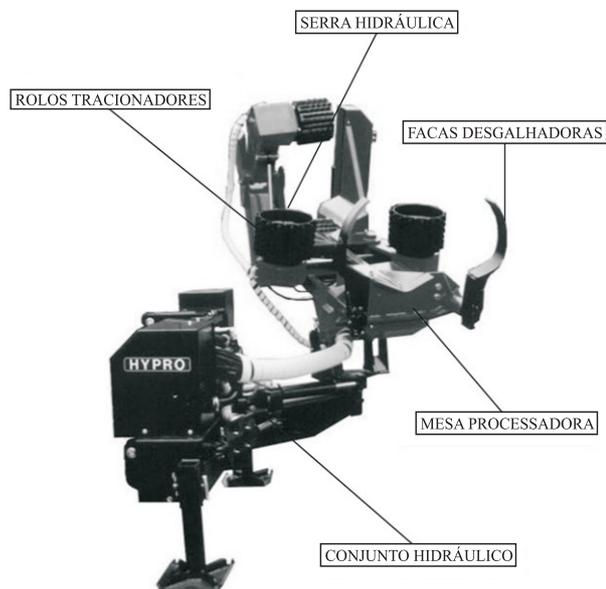


Figura 1 – Processador florestal *Hypro* estudado neste trabalho.
Figure 1 – *Hypro forest processor studied.*

As principais características técnicas do processador florestal *Hypro* avaliados estão detalhadas na Tabela 1. O tracionamento e descascamento das árvores foram executados através de quatro rolos, com força-motriz realizada por motores hidráulicos. O traçamento dos toretes era exercido por uma serra hidráulica (sabre com corrente) acionada por meio de motor hidráulico.

1.3. Descrição do trator agrícola

O trator agrícola empregado no estudo era da marca *Massey Ferguson* - modelo MF 297, equipado com motor diesel modelo 1006-6 e potência de rotação nominal de 88,3 kW e potência máxima na tomada de potência de 81 kW. O sistema de rodados era de pneus com tração 4 x 4 e peso com lastro de 6.496 kg.

1.4. Sistema de colheita e processamento

A colheita foi realizada por meio da motosserra, com eito de derrubada composto por três linhas de árvores. Após a derrubada, as árvores inteiras eram extraídas até a estrada principal, através de uma torre com cabo aéreo. Posteriormente, as árvores eram arrastadas secundariamente por um *Skidder*, para serem processadas no pátio de processamento às margens das estradas.

O processamento da madeira era composto pelas atividades de desgalhamento, descascamento, seccionamento e empilhamento dos toretes. As árvores eram seccionadas em toretes de 6 m de comprimento e dispostos em pilhas de madeira, prontas para serem carregadas nos veículos utilizados para o transporte até a fábrica.

1.5. Instrumental de medição

A coleta dos dados para estimar os rendimentos operacionais foi realizada empregando-se o método de cronometragem de tempo contínuo. Esse método

se caracteriza pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, isto é, de forma contínua (FENNER, 2002).

Os dados foram coletados nos mesmos horários e condições climáticas, as quais se mantiveram sem alterações, com pleno sol durante o período do estudo.

Foi utilizada a amostragem sistemática, sendo o número de ciclos operacionais estimados através da metodologia utilizada por Barnes (1968). Inicialmente, realizou-se um estudo-piloto dos ciclos operacionais, buscando estabelecer o número mínimo de ciclos para um erro de amostragem admissível fixado em 5%, a 95% de probabilidade, através da equação 1.

$$n \geq \frac{t^2 \times CV^2}{E^2} \quad (1)$$

em que:

n = número mínimo de ciclos operacionais necessários;

t = valor de t, *Student*, no nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação (%); e

E = erro admissível (%).

A operação de processamento de madeira com o processador florestal *Hypro* foi subdividida em atividades parciais e classificada em atividades efetivas e atividades gerais.

1.6. Eficiência operacional e disponibilidade mecânica

A eficiência operacional foi definida como o percentual do tempo das atividades efetivas, ou seja, englobou todas as atividades parciais que ocorreram repetitivamente durante o decurso do trabalho e que resultaram em produção (equação 2):

Tabela 1 – Características técnicas do processador florestal *Hypro*.

Table 1 – Technical characteristics of *Hypro* forest processor.

Marca <i>Hypro</i>	Modelo 450	Peso Total (kg) 1.130	Comprimento Máximo (m) 1,90	Largura Recuada (m) 1,60
Velocidade de alimentação (m/s) > 3,50	Ângulo de tombamento 60°	Ângulo de alcance horizontal 140°	Potência mínima (hp) 65	Abertura máxima da grua (cm) 45
Diâmetro máximo (cm) de corte 40	Diâmetro mínimo de corte 5	Pressão do sistema de corte (cm) 230	Rotação do motor hidráulico (bar) (U/min) 400	Sistema hidráulico (cc) 54

$$E_o = \frac{HE \times 100}{HT} \quad (2)$$

em que:

E_o = eficiência operacional (%);

HE = tempo efetivo de trabalho (horas); e

HT = tempo total de trabalho (horas).

A disponibilidade mecânica foi definida como o percentual do tempo de trabalho delineado na máquina mecanicamente apta a desenvolver suas operações, a qual consistiu em desconsiderar o tempo despendido para efetuar reparos ou manutenção (equação 3).

$$D_m = 100 - \left(\frac{HM \times 100}{HT} \right) \quad (3)$$

em que:

D_m = grau de disponibilidade mecânica (%);

HM = tempo de interrupção para efetuar reparos ou manutenção (horas); e

HT = tempo total de trabalho (horas).

1.7. Rendimento operacional

Para a obtenção do rendimento operacional da operação de processamento de madeira com o processador florestal *Hypro*, foi utilizada a metodologia utilizada por Simões (2008), conforme a equação 4.

$$R = \frac{v}{T} \text{ eq.} \quad (4)$$

em que:

R = rendimento operacional médio ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$);

v = volume, em metros cúbicos de madeira descascada (m^3); e

T = tempo em horas (h).

O volume de madeira foi obtido multiplicando-se o número de árvores processadas pelo volume de cada árvore, determinado por meio de cubagem rigorosa para seções tomadas até a altura comercial, através do método *Smalian*, de acordo com a equação 5.

$$V_i = \left(\frac{g_i + g_{i+1}}{2} \right) \times L \quad (5)$$

em que:

V_i = volume da seção considerada;

g_i = área seccional da seção mais fina, com casaca;

g_{i+1} = área seccional da seção mais grossa, com casca;

L = comprimento da seção.

1.8. Análise econômica

Os custos operacionais foram estimados através da metodologia proposta pela *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001) e expressos em dólar dos Estados Unidos por hora de trabalho ($\text{US\$ h}^{-1}$). Foi considerado como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira medido em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$1,9213 (20/12/2007).

Para a estimativa dos custos fixos, foi considerado um valor de revenda de 47% do valor inicial do trator agrícola e vida útil de cinco anos. O valor inicial do trator agrícola inclui o valor do cabeçote de processamento *Hypro*. Os valores foram fornecidos pela empresa onde se desenvolveu o estudo.

O rendimento energético foi obtido pela razão entre o consumo específico efetivo de combustível e o rendimento operacional efetivo.

Para o cálculo do consumo específico efetivo (CSE) foi utilizada a metodologia proposta pela *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE, 2007), conforme a equação 6.

$$CSE = \frac{G_f}{P_e} \quad (6)$$

em que:

CSE = consumo específico efetivo (g kW h^{-1});

G_f = consumo horário em combustível (g h^{-1}); e

P_e = potência efetiva (kW).

O rendimento energético foi obtido de acordo com o utilizado por Lopes (2007), conforme equação 7.

$$RE = \frac{CSE}{R} \quad (7)$$

em que:

RE = rendimento energético do trator analisado (g kWm^{-3});

CSE = consumo específico efetivo (g kW h⁻¹); e

R = rendimento operacional (m³ h⁻¹).

1.9. Custos fixos (CF)

Os custos fixos foram aqueles que não variaram com a quantidade de horas da operação e independeram da produção, sendo compostos pelos juros, depreciação, abrigo, taxas de administração e seguros.

a) Juros

Para a estimativa dos juros foi utilizada uma taxa de 10% a.a., que se refere à utilizada pela empresa onde foi desenvolvido o estudo (equação 8).

$$J = \frac{Vi + Vf}{2 \times h} \times r \quad (8)$$

em que:

J - juros (US\$ h⁻¹);

Vi = valor inicial do trator agrícola (US\$);

Vf = valor final do trator agrícola (US\$);

h = horas efetivas de uso anual; e

r = taxa de juros.

b) Depreciação

O custo de depreciação estimou a perda de valor no decorrer da vida útil do trator agrícola. A estimativa do custo de depreciação foi um procedimento utilizado para recuperar o investimento inicial do trator, à medida que ele se torna obsoleto. Foi utilizado o método da depreciação linear, pois se considerou que os recursos financeiros correspondentes ficavam no caixa da empresa com remuneração zero (equação 9).

$$D = \frac{Vi - Vf}{Vu \times h} \quad (9)$$

em que:

D = depreciação (US\$ h⁻¹);

Vi = valor inicial do trator agrícola (US\$);

Vf = valor final de venda ou de sucata do trator agrícola (US\$);

Vu = vida útil em anos; e

h = horas de uso anual.

c) Abrigo

Foi calculado o custo de abrigo pago em função do local de armazenamento requerido pelo trator agrícola. Foi considerado um fator de ajuste (FA) de 0,75% do valor inicial do trator agrícola (equação 10).

$$C_a = \frac{Vi \times FA}{h} \quad (10)$$

em que:

C_a = custo de abrigo do trator agrícola (US\$ h⁻¹);

Vi = valor inicial do trator agrícola (US\$);

FA = fator de ajuste; e

h = horas de uso anual.

d) Taxas de administração

Em função dos encargos administrativos, foi considerado um percentual do valor inicial do trator agrícola, de acordo com o preconizado pela ASAE (2001), conforme a equação 11.

$$T = \frac{Vi \times FA}{h} \quad (11)$$

em que:

T = taxas de administração (US\$ h⁻¹);

Vi = valor inicial do trator agrícola (US\$);

FA = fator de ajuste 1,0% do valor inicial do trator agrícola; e

h = horas de uso anual.

e) Seguros

O custo do seguro foi estimado para a proteção contra os riscos associados com roubo, incêndio e outros (equação 12).

$$S = \frac{Vi \times FA}{h} \quad (12)$$

em que:

S = seguros (US\$ h⁻¹);

Vi = valor inicial do trator agrícola (US\$);

FA = fator de ajuste 0,25% do valor inicial do trator agrícola; e

h = horas de uso anual.



1.10. Custos variáveis (CV)

Os custos variáveis variaram proporcionalmente em relação ao nível da operação e do tempo despendido para a realização, ou seja, o custo operacional alterava-se de acordo com o desenvolvimento da operação. Foram considerados custos variáveis o custo do combustível, custos de mão de obra, lubrificação, reparos e manutenções.

a) Mão de obra

No custo-horário 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.

Devido ao tempo despendido para abastecimento de combustível, lubrificação, manutenção, ausência do trator no campo e transporte, foi adotado um fator de ajuste de 25% proposto pela ASAE (2001), conforme a equação 13.

$$C_{mo} = \{W \times FA\} \quad (13)$$

em que:

C_{mo} = custo da mão de obra (US\$ h⁻¹);

W = salário médio do operador (US\$ h⁻¹); e

FA = fator de ajuste.

b) Combustíveis

O custo de combustível foi estimado baseado na quantidade de óleo diesel consumido pelo trator agrícola (equação 14).

O trator agrícola empregado no estudo possui um módulo de controle eletrônico do motor, o que possibilita armazenar e transmitir informações sobre o consumo médio de combustível, sendo essas informações fornecidas preliminarmente pela empresa onde foi desenvolvido o estudo. Esse consumo foi em função da potência do motor, tipo de combustível, capacidade operacional e operação desenvolvida, entre outros.

$$C_c = Q_m \times P_c \quad (12)$$

em que:

C_c = custo de combustível (US\$ h⁻¹);

Q_m = consumo médio de diesel (l h⁻¹); e

P_c = preço do óleo diesel (US\$ l⁻¹).

c) Lubrificação

Devido à demanda de grande quantidade de trabalho, não justificada em função dos pequenos valores envolvidos para determinar a quantidade dos produtos consumidos e a cada quanto tempo se faz a lubrificação do trator, a empresa não realiza o controle dessas informações.

Com base em indicadores médios de consumo e das informações técnicas do fabricante, os custos de lubrificantes foram estimados com FA de 15% dos custos do combustível consumido por hora de trabalho, conforme o proposto 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 15.

$$C_l = FA \times C_c \quad (15)$$

em que:

C_l = custo de lubrificação (US\$ h⁻¹);

FA = fator de ajuste; e

C_c = preço do óleo diesel (US\$ l⁻¹).

d) 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 do trator agrícola, representados na equação 16.

$$C_{rm} = \frac{\left(P \times FR_1 \left(\frac{h+u}{1000} \right)^{FR_2} \right) - \left(P \times FR_1 \left(\frac{h}{1000} \right)^{FR_2} \right)}{u} \quad (14)$$

P = valor inicial do trator agrícola (US\$);

FR_1 = fator de reparo 1 (0,007);

h = horas de uso acumulada até o início do ano em análise;

FR_2 = fator de reparo 2 (2,0); e

u = horas de uso no ano em análise.

1.11. Custo operacional total

Este custo foi obtido pelo somatório dos custos fixos e variáveis relativos ao trator agrícola avaliado (equação 17).

$$Cot = CF + CV \quad (17)$$

em que:

Cot = custo operacional total (US\$ h⁻¹);

CF = custos fixos (US\$ h⁻¹); e

CV = custos variáveis (US\$ h⁻¹).

1.12. Custos de processamento da madeira

O custo de processamento da madeira (US\$ m⁻³) foi obtido através da divisão dos custos operacionais e pelo rendimento operacional efetivo, conforme a equação 18.

$$Ccm = \frac{CopTA}{R} \quad (18)$$

em que:

Ccm = custo de processamento da madeira (US\$ m³);

CopTA = custo operacional (US\$ h⁻¹); e

R = rendimento operacional (m³ h⁻¹).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi estabelecido para um erro de amostragem admissível em 5% o número mínimo de 59 ciclos operacionais. Durante o estudo foram observados 76 ciclos, número superior ao fixado como necessário.

A altura média das árvores era de 21,5 m e o volume médio de 0,3033 m³, as quais foram seccionadas em toretes de 6 m de comprimento.

2.1. Estudo de tempos e movimentos

O problema de avaliação do tempo foi discorrido por Steiner (1959), Becker (1965) e Harrison e Quarmby (1972), sem, contudo, chegarem a um consenso sobre a qual melhor metodologia para avaliá-lo.

Os resultados dos rendimentos operacionais são referentes ao tempo total em horas das atividades parciais efetivas e foram obtidos através do estudo de tempos e movimentos, de acordo com a metodologia proposta por Barnes (1977), que assegura ser possível a determinação do tempo-padrão para a realização de uma tarefa específica.

Entre as atividades parciais efetivas que compuseram o ciclo operacional do processador *Hypro*, verificou-se que a atividade parcial que consumiu maior parte do

tempo do ciclo operacional foi a “descascar”, com 51,45% do tempo total. A segunda atividade parcial foi “posicionar árvores” na mesa traçadora, com 9,83%, seguida das atividades parciais “pegar árvores” com 9,72%, “traçar” com 9,36% e “movimentar grua” com 6,56% do tempo total (Figura 2).

Seixas et al. (2004) consideram o estudo de tempos e movimentos técnica muito importante no desenvolvimento de sistemas de colheita de madeira, pois o tempo consumido para cada um dos elementos do ciclo operacional permite a organização do trabalho, bem como deduzir a produtividade e o custo por unidade produzida.

Na Tabela 2 podem ser observados a equação que relaciona o número de árvores processadas e o tempo de processamento. Pode-se verificar que existe forte correlação entre essas duas variáveis, realçada pela equação da linha reta ascendente com R² = 0,876, valor esse próximo de 1, indicando um bom ajuste.

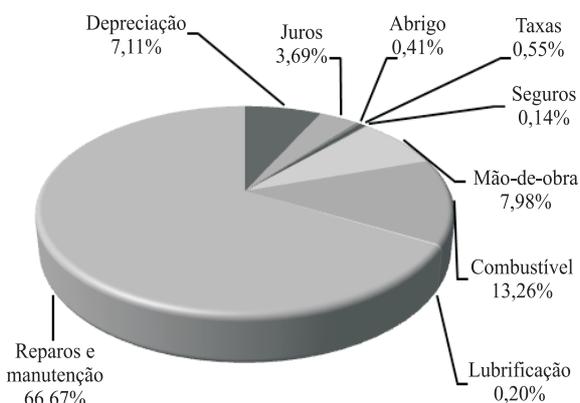


Figura 2 – Percentual de tempos das atividades parciais do processador florestal *Hypro*.

Figure 2 – Time percentage of the partial activities of *Hypro* forest processor.

Tabela 2 – Equações estimadas para o ciclo operacional do processador florestal *Hypro*.

Table 2 – Equations estimated for the operational cycle of the *Hypro* forest processor.

Processador florestal <i>Hypro</i>	Equação Estimada	R ²	C.V. (%)
	$Y = 1,6948 + 62,003.X$	0,876	6,14

* Y = número de árvores; X = tempo (h); R² – coeficiente de determinação; e C.V. coeficiente de variação.

2.2. Eficiência operacional e disponibilidade mecânica

Segundo Machado (1989), a eficiência operacional de máquinas e equipamentos para a colheita e extração de madeira não deve ser inferior a 70%. Ponderando todas as atividades parciais efetivas, foi observado no processador florestal *Hypro* eficiência operacional de 86,92%. Esse percentual está de acordo com o encontrado por outros autores, como ASAE (1999), Molin e Milan (2002) e Silveira (2001), que obtiveram percentuais de 70 a 90%. A disponibilidade mecânica obtida foi de 91,54%.

2.3. Rendimento operacional

Silva et al. (2004) ressaltaram que a essencialidade de análises de custos aliadas a estudos de rendimentos operacionais como forma de planejar a produção visa à minimização dos custos e à maximização do rendimento operacional das atividades, tornando, assim, o projeto viável tanto técnica quanto economicamente.

Trabalhando em floresta de primeiro corte, num pátio de processamento de madeira às margens da estrada principal e sem chuva, o rendimento operacional efetivo do processador florestal *Hypro* foi de 11,68 m³ h⁻¹.

2.4. Custo operacional

O conhecimento do custo operacional de máquinas é de suma importância no processo de tomada de decisão, auxiliando, de forma fundamental, o controle e planejamento da utilização desses equipamentos (MACHADO; MALINOVSKI, 1988). Segundo Freitas et al. (2004), geralmente tais custos são expressos em termos de unidade de horas efetivas de trabalho da máquina. Portanto, diante do somatório dos custos fixos e variáveis, o processador florestal *Hypro* apresentou custo operacional de US\$79.92 por hora de trabalho.

Na Figura 3 é apresentado o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos para o processador *Hypro*. O custo fixo correspondeu a 19,87% e o custo variável, 80,13%.

Devido ao fato de o trator agrícola empregado no estudo apresentar mais de 24.000 h de uso, os custos de reparos e manutenção foram os que mais impactaram sobre os custos operacionais. Lopes et al. (2008), em estudo avaliando técnica e economicamente uma garra traçadora, afirmaram que o item manutenção e reparos é o de maior percentual na composição de custos da máquina florestal.

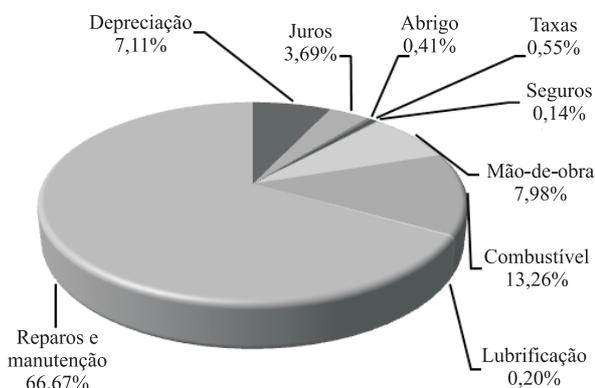


Figura 3 – Percentuais dos custos fixos e variáveis do processador florestal *Hypro*.

Figure 3 – Percentage of the fixed and variable costs of *Hypro* forest processor.

O percentual obtido mostra que a partir de determinada quantidade de horas de uso os custos com reparos e manutenção serão sempre superiores aos demais itens que compõem os custos operacionais.

2.5. Custo de processamento da madeira

Considerado o rendimento operacional efetivo obtido neste estudo, o custo de processamento de madeira resultou em US\$6.85 por metro cúbico. O consumo específico de combustível do processador florestal *Hypro* foi de 94,68 (g kW h⁻¹), que resultou num rendimento energético de 8,11 (g kW m⁻³).

Souza et al. (2004) afirmaram que o custo de produção decresce à medida que aumenta a produtividade. Esse fato por ser observado na Figura 4,

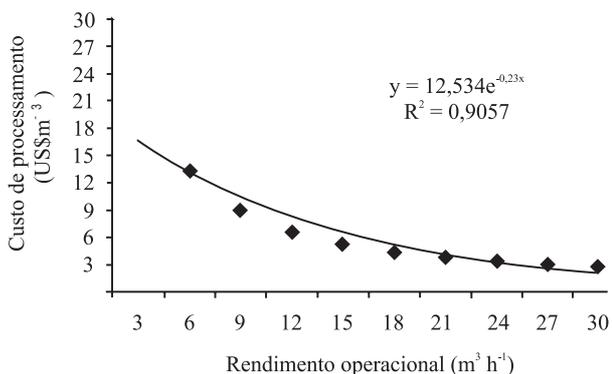


Figura 4 – Comportamento do custo de processamento de madeira em função do rendimento operacional.

Figure 4 – Wood processing cost behavior as a function of operational yield.

que apresenta uma curva do tipo exponencial relacionando o custo de processamento da madeira em função do rendimento operacional efetivo do processador florestal *Hypro*.

O custo variou de US\$26.64 para uma faixa de rendimento operacional de 3 m³ h⁻¹ a uma faixa de maior rendimento operacional de 30 m³ h⁻¹ a US\$2.66, na faixa de melhores condições de operação. Foi traçada uma linha de tendência que gerou a equação representada na Figura 4.

3. CONCLUSÕES

- O custo de processamento de madeira descascada com 6 m de comprimento foi de US\$6.85 por metro cúbico.
- A atividade parcial descascar despendeu aproximadamente 50% do tempo total do ciclo operacional do processador florestal *Hypro*.
- O rendimento operacional estimado para o processador florestal *Hypro* por hora efetiva de trabalho foi de 38 árvores, enquanto em metros cúbicos sem casca por hora efetiva de trabalho foi de 11,68 m³ h⁻¹.

4. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE Standards 1999**.

Agricultural machinery management data. St. Joseph, USA, 1999. p.332-339. (ASAE D497.2).

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2001**: machinery, equipment, and buildings: operating costs. Ames, Iowa, USA, 2001. p. 164-226. (ASAE D472-3).

BARNES, R. M.; **Motion and time study**: design and measurement of work. 6.ed. New York: John Wiley and Sons, 1968. 799 p.

BARNES, R. M. **Projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 635 p.

BECKER, G. S. A theory of allocation of time. **Economic Journal**, v. 75. p. 493-517, 1965.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1999. 412 p.

FENNER, P. T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002. 14 p. Notas de aula da Disciplina Exploração Florestal.

FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de “forwarder” e “skidder”. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p. 71-81, 2007.

FREITAS, L. C. et al; Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 855-863, 2004.

HARRISON, A. J.; QUARMBY, D. A. The value of time. In: LAYARD, R. (Ed.). **Cost-Benefit analysis**. London: Penguin, 1972. 496 p.

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

LIMA, J. S.S., LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Org). **Colheita florestal**, Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 33-54.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

LOPES, S. E. et al. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, v.36, n.79, p. 215-222, 2008.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1989. Pt.6, 34p.



MACHADO, C. C.; CASTRO, P. S. **Exploração florestal**, 4. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1985. 32 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65p.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. Trator-implemento: dimensionamento. Capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Org.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais, 2002. p. 409-436.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R. F.; RUMMER R. Tecnologia protege saúde do operador. **Revista da madeira**, v.14, n.82, p.68-73, 2004.

SILVA, J. R.; FENNER, P. T.; CAETANO, A. Avaliação do desempenho operacional de trator florestal Feller-buncher. **Revista de Ciência Agroveterinária**, v.6, n.1, p.29-34. 2007.

SILVA, K. R. et al.; Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 361-366, 2004.

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com o trator**. 1.ed., Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001. 309p.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas/Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2008.

SOUZA, A. P. et al. Análise do desempenho da máquina 'slingshot' em subsistemas subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.316-320, 2004.

STEINER, P. Choosing among alternative investment in the water-resource field. **American Economic Review**, v. 49, n. 5, p. 893-919, 1959.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **63rd session. Fuel consumption for vehicle powered refrigeration units based on a conception of standard vehicle engine**. INF.3, Geneva, Switzerland, 2007.