

**DESEMPENHO E CUSTOS OPERACIONAIS DE UM HARVESTER EM FLORESTA DE BAIXA PRODUTIVIDADE**Eduardo Moreira da Costa¹, Felipe Leitão da Cunha Marzano², Carlos Cardoso Machado³ & Elton da Silva Leite⁴¹ Engenheiro Florestal, MSc, Universidade Federal de Viçosa, eduardo@st-erg.com.br;² Engenheiro Florestal, MSc, Universidade Federal de Viçosa, felipe.marzano@ufv.br;³ Engenheiro Florestal, Ds, Universidade Federal de Viçosa, machado@ufv.br;⁴ Engenheiro Florestal, Ds, Universidade Federal do Recôncavo Bahiano, elton.leite@ufrb.br**Palavras-chave:**colheita florestal
mecanização florestal
produção florestal**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e os custos de um *harvester* em floresta de eucalipto de baixa produtividade. Um estudo temporal foi realizado para se conhecer o tempo de cada elemento do ciclo operacional. Dados de custo operacional e de produção foram fornecidos pela empresa onde foi realizada a pesquisa. A etapa que consumiu mais tempo foi a de processamento (66%), seguida pelo deslocamento (20%), abate (9%) e paradas (5%). A produtividade média foi de 7,92 m³sc h⁻¹, com um volume individual médio de 0,125 m³sc arv.⁻¹ e eficiência operacional média de 57%. O custo da hora efetivamente trabalhada foi de R\$ 218,99 e o custo de produção foi de R\$ 27,72 m³sc. O custo de produção se mostrou sensível às pequenas mudanças de produtividade. Os custos variáveis representam 69% do total, seguidos dos custos fixos (18%), de administração (9%) e de mão de obra (4%).

Keywords:timber harvesting
forest mechanization
forest production**PERFORMANCE AND COSTS OF A HARVESTER IN A LOW PRODUCTIVITY FOREST****ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the performance and cost of a harvester in eucalyptus forest with low productivity. A time study was carried out in order to know the time spent by each element of the operating cycle. Results showed processing as the most time-consuming step, followed by displacement, slaughter and the stops. The average productivity was 7.92 m³ h⁻¹ sc, with an average of individual volume of 0,125 m³sc arv.⁻¹, and an average operating efficiency of 57%. The cost for hours actually worked was R\$ 218,99 and the cost of production was R\$ 27,72 m³sc. The production cost proved quite sensitive to small changes in productivity. Variable costs represent 69% of the total cost, followed by fixed costs (18%), administrative costs (9%) and labor costs (4%).

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque no setor florestal mundial e, nas últimas décadas, tornou-se referência de elevada produtividade a custos reduzidos, o que aumenta a competitividade das empresas que aqui se instalam. O Incremento Médio Anual dos plantios de folhosas no Brasil chega a 40,7 m³.ha.ano⁻¹, superando países como, China (30,8), Indonésia (25,0) e Austrália (22,0). O custo de produção da madeira no Brasil, inferior a 60 dólares por ano, é maior do que o custo de produção em apenas três países: Rússia, Indonésia e Nova Zelândia (ABRAF, 2013). Diversas multinacionais vêm realizando investimentos importantes na América do Sul, inclusive no Brasil, com grandes projetos e vastas plantações de eucalipto (SPINELLI *et al.*, 2009).

Hoje, as principais espécies implantadas em nosso país são dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, perfazendo mais de 6,5 milhões de hectares, sendo que aproximadamente 73% dessa área são ocupadas pelo primeiro e 27% pelo segundo (ABRAF, 2011).

A colheita florestal pode ser entendida como um conjunto de operações que visa basicamente cortar e extrair árvores do local de derrubada até as margens dos talhões. Essa etapa representa a operação final de um longo ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade do manejo florestal (MACHADO *et al.*, 2008).

Com os aumentos nos custos sociais e a falta de mão de obra, a mecanização das atividades de colheita florestal tornou-se item de fundamental importância no acréscimo de produtividade e no maior controle dos custos (MACHADO *et al.*, 2008). Atualmente, nas maiores empresas produtoras de madeira do Brasil são utilizadas as mais modernas tecnologias para a colheita florestal (PENNA *et al.*, 2011).

Florestas com baixa produtividade e baixo volume individual constituem um desafio para a colheita florestal, com destaque para as florestas energéticas e os povoamentos que não atingiram os incrementos desejáveis. Tais características podem não só redefinir os sistemas de colheita, como também influenciar a mudança no porte das máquinas (LOPES, 2012).

Nesse contexto, a mecanização da colheita florestal utiliza hoje máquinas de elevada tecnologia, como é o caso dos *harvesters*, que elevaram o rendimento operacional, reduzindo os custos de produção, além de trazer ganhos na segurança do trabalhador (MAGALHÃES & KATZ, 2010). No sistema de toras curtas, o Harvester é a principal máquina utilizada na derrubada e processamento, que consiste, em alguns casos, no descascamento das árvores, no desgalhamento e no corte em toras de comprimento predeterminado, deixando as toras agrupadas e prontas para serem retiradas da floresta (SILVA *et al.*, 2010).

Por serem máquinas de elevado valor de aquisição e de complexo sistema de planejamento, muitas empresas do setor florestal passaram a terceirizar suas atividades de colheita e transporte florestal. Ainda assim, muitas das empresas prestadoras de serviços sofrem com problemas técnicos e operacionais (FILHO e SEIXAS, 2009). Dessa forma, é necessário um melhor e mais detalhado planejamento das operações de colheita florestal, buscando antecipar os problemas que normalmente afetam-na, objetivando, assim, minimizar os custos envolvidos (LEITE, 2010).

Fica evidente a importância de se conhecer melhor o grau de influência que os povoamentos florestais de baixo volume individual exercem sobre a capacidade produtiva do *harvester* nas operações de colheita florestal mecanizada, da forma como a mesma é realizada no Brasil, e o quanto isto interfere nos custos de produção.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho e os custos operacionais de um *harvester*, operando em floresta de eucalipto de baixa produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo estava situada no município de Inhambupe, norte do estado da Bahia, com coordenadas geográficas de 38°17'56" de longitude e 11°58'32" de latitude. O relevo é classificado como plano, com declividades inferiores a 5% e com altitude variando em torno de 150 metros acima do nível do mar, de clima tropical úmido e com uma precipitação anual média de 926 mm, com até três meses de seca (IBGE, 1978).

A área de colheita pertencia a uma empresa do setor florestal. Os dados foram coletados em um povoamento clonal de híbridos de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, com idade de 7 anos e espaçamento de 3m x 3m. De acordo com o inventário pré-corte, a área de estudo possuía em média, 988 árvores ha⁻¹, com um volume médio de 0,125 m³ arv.⁻¹ (sem casca), totalizando um volume médio de 123,5 m³ha⁻¹.

O sistema de colheita adotado foi o de toras curtas (*cut-to-length*), no qual as operações de corte e extração eram mecanizadas. Na operação de corte era utilizada a máquina florestal *harvester*, que abatia, descascava e processava as árvores em toras de seis metros de comprimento, de acordo com a sequência apresentada na Figura 1. A extração das toras era realizada com a máquina florestal *forwarder*, que extraía a madeira até as margens do talhão.

Nesse trabalho avaliou-se o trator florestal *harvester* da marca Ponsse, modelo ERGO C33, acionado por um motor Mercedes Benz, com potência de 275 hp (202 kW), com rodados de pneus e tração 6x6. O *harvester* possuía velocidade

de tração em primeira marcha de 0 a 9 kmh⁻¹ e em segunda marcha de 0 a 28 kmh⁻¹. Seu tanque de combustível possuía capacidade para 400 litros de óleo diesel.

A máquina possuía uma grua com um ângulo de giro de 280° e inclinação de 30°, com um alcance de até 11 metros. A grua era acionada por uma bomba hidráulica e na ponta possuía um cabeçote para o corte e processamento das árvores.

O cabeçote era dotado de braços metálicos que possuíam a finalidade de agarrar e desgalhar a árvore, com abertura máxima de 750mm, sendo o abate e o traçamento realizados por um conjunto de corte composto por um sabre e uma corrente, acionados por um sistema hidráulico. Assim que se realizava o abate da árvore, os rolos faca eram acionados com a função de tracionar e descascar o fuste.

O acionamento destes mecanismos era realizado pelo operador de dentro de uma cabine, através de dois *joysticks* e uma série de botões de comando no painel. Na época da pesquisa, a máquina possuía aproximadamente 5.000 horas de trabalho.

No estudo do ciclo operacional do *harvester* foi

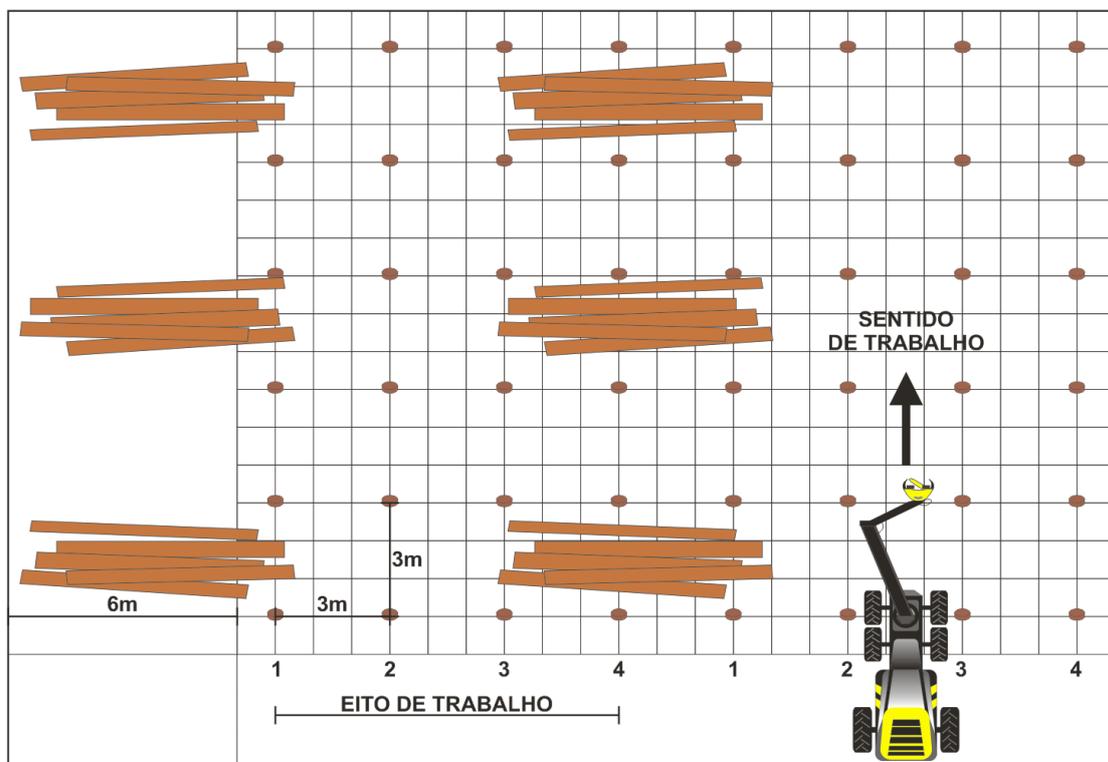


Figura 1. Ilustração do posicionamento no eito de trabalho e da sequência operacional do *harvester*, do sentido de corte e da disposição da madeira no campo.



Figura 2. *Harvester* da marca Ponsse, modelo C33, operando no corte e processamento de eucalipto.

utilizado o método de tempo contínuo, devido ao curto espaço de tempo entre os elementos parciais do ciclo operacional. Realizou-se previamente um estudo-piloto, no qual foram feitas cinco tomadas de tempo do ciclo operacional a fim de se estabelecer estatisticamente o total de repetições necessárias. Os elementos descritos no ciclo operacional do trator florestal *harvester* foram:

- **Abate:** iniciava-se no instante em que havia o posicionamento do cabeçote, com fechamento das garras e o acionamento do sabre para o abate, até o tombamento da árvore para o processamento;
- **Processamento:** o primeiro movimento do rolo de tração marca o início do processamento, que pode ser dividido em:
 - **Descascamento e desgalhamento:** a árvore era descascada e desgalhada, com o acionamento dos rolos de tração;
 - **Traçamento:** acionamento do sabre, para seccionar o fuste em toras de até seis metros;
 - **Enfeixamento:** enleiramento das toras à esquerda do eito de corte, formando um feixe.
- **Deslocamento:** com o final do processamento, o trator iniciava o deslocamento até a próxima árvore ou eito de trabalho;

- **Paradas:** podem ser divididas em:
 - **Pausas técnicas:** atividades secundárias não relacionadas diretamente com a produção, como: troca do sabre ou corrente de corte;
 - **Pausas comuns:** tempo utilizado pelo operador em atividades pessoais, tais como: refeições, comunicações via rádio, pausas ergonômicas e necessidades fisiológicas.

A determinação do custo operacional foi adaptada da metodologia da FAO (1974), sendo os custos divididos em custos fixos e variáveis, expressos em reais por hora efetiva de trabalho (R\$ he^{-1}).

O custo fixo foi composto dos seguintes itens: depreciação linear, abrigo, juros e seguros, em reais por hora efetiva de trabalho. Para os cálculos dos custos fixos foi considerado um valor de revenda de 20% do valor inicial e uma vida útil de 5 anos, sendo os valores da máquina e da mão de obra fornecidos pela empresa onde foi realizado o estudo (SIMÕES e FENNER, 2010; LEITE, 2012).

O custo variável, expresso em reais por hora efetiva de trabalho, foi composto dos seguintes itens, que se alteram diretamente com a utilização do maquinário.

- a) **Custo de combustível:** calculado em função do consumo de óleo diesel.
- b) **Custo de lubrificantes e graxas:** estimado em 20% do custo de combustível.
- c) **Custo do óleo hidráulico:** estimado em 20% do custo de combustível.
- d) **Custo do conjunto pneus:** calculado em função

do preço dos pneus, do número de pneus utilizados e da vida útil dos mesmos.

e) Custo com manutenção e reparos: referem-se aos custos que incidem devido ao desgaste dos componentes, acidentes ou à própria deterioração natural da máquina.

Os custos de mão de obra foram formados pelos custos diretos e indiretos com o operador da máquina e de ajudantes.

O custo de administração correspondeu aos gastos com trabalhos administrativos de escritório e de supervisão das atividades de campo.

O grau de disponibilidade mecânica é definido como o tempo de trabalho em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, desconsiderando o tempo em que ela está em manutenção, de acordo com a Equação 1 (BERARD, 1970):

$$DM = \frac{H - TPM}{H} \times 100 \quad (1)$$

em que,

DM = disponibilidade mecânica (%);

H = horas totais; e

TPM = tempo de permanência em manutenção (h).

Grau de utilização é a porcentagem do tempo em que a máquina estava efetivamente trabalhando, ou seja, em produção, conforme Equação 2.

$$GU = \frac{H_e}{(H_e + H_p)} \times 100 \quad (2)$$

em que,

GU = Grau de utilização (%);

H_e = horas efetivas de trabalho (h); e

H_p = Horas de paradas operacionais (h).

A eficiência operacional consiste na porcentagem de tempo realmente trabalhada, relacionando-se com o tempo total programado para o trabalho, conforme Equação 3 (BERARD, 1970):

$$EO = \frac{DM \times GU}{100} \quad (3)$$

em que,

EO = eficiência operacional (%);

DM = disponibilidade mecânica (%); e

GU = Grau de utilização (%).

Para se expressar a produtividade operacional foi utilizada a Equação 4:

$$\text{Prod (m}^3\text{sc/he)} = \frac{NA \times VA}{HE} \quad (4)$$

em que,

Prod = produtividade operacional, expressa em m³ de madeira sem casca por tempo de trabalho efetivo;

NA = número de árvores obtido em um censo realizado a priori em cada parcela experimental;

VA = volume médio por árvore, determinado a partir de análise do inventário (m³sc); e

HE = tempo de trabalho efetivo (horas).

O custo de produção da máquina (R\$ m⁻³sc) foi determinado a partir da divisão dos custos operacionais (R\$ he⁻¹) pela produtividade (m³sc he⁻¹), de acordo com a Equação 5.

$$CPr = \frac{CT}{\text{Prod}} \quad (5)$$

em que,

CPr = custo de produção (R\$ m⁻³sc);

CT = custo operacional (R\$ he⁻¹); e

Prod = produtividade média (m³sc he⁻¹).

A análise de sensibilidade foi realizada com base na variação de 40% (20 % para mais e para menos) das quatro principais variáveis que compõem os custos de produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 331 ciclos para o modelo de *harvester* avaliado. Este número de amostras atendeu ao número mínimo exigido na amostragem piloto, que foi de 184 amostras, para se atingir o nível de confiança de 95% e o erro relativo igual a 5%.

Os percentuais de tempo gasto em cada elemento do ciclo operacional da máquina encontram-se na Figura 3.

O processamento foi o elemento responsável pela maior parte do tempo gasto no ciclo operacional do *harvester*, com uma média de 66% do tempo gasto

no ciclo operacional. O tempo de processamento encontrado por Burla (2008), em florestas de baixa produtividade, foi de 46% do ciclo de trabalho, resultado inferior ao do presente estudo. O tempo de processamento também foi superior aos estudos de Simões e Fenner (2010) e Paula (2011), que não foram conduzidos em florestas de baixa produtividade. A maior dificuldade no processamento, segundo os operadores, se devia as características do povoamento florestal colhido, pois os fustes apresentavam tortuosidades e havia dificuldade de descascar e desgallar a madeira.

Com a utilização de uma taxa anual de juros de 12 % ao ano e um valor residual de revenda da máquina de 20% obteve-se uma estimativa de custo operacional para o *harvester* de R\$ 218,99 por hora de trabalho efetivo. Os elementos do custo operacional podem ser visualizados na Tabela 1.

A produtividade operacional do *harvester* para um povoamento com volume médio de 0,125 m³sc árvore⁻¹ foi de 7,89 m³sc he⁻¹. A equação 6 demonstra a correlação da produtividade com o volume médio por árvore, com um coeficiente de determinação de 70,64%. A Figura 4 apresenta a tendência da produtividade em função do volume médio por árvore.

$$P = 51,017x + 1,7574 \quad (6)$$

em que,

P = Produtividade (m³sc he⁻¹); e

V = volume médio por árvore (m³sc).

A produtividade média, de 7,89 m³ he⁻¹, foi considerada baixa, em relação à outras pesquisas publicadas. Magalhães e Katz (2010) encontraram produtividade média de 19,00 m³ he⁻¹ em povoamento com volume médio de 0,210 m³ por árvore. A variável que melhor explicou a baixa produtividade do *harvester* foi o volume individual médio do povoamento colhido.

A média geral da eficiência operacional foi de 56,9%, enquanto o grau de utilização foi de 84,6% e a disponibilidade mecânica foi de 67,3%.

O grau de utilização apresenta valores aceitáveis, demonstrando que o tempo gasto com paradas operacionais não está acima do normal. No entanto, a disponibilidade mecânica pode ser aumentada, reduzindo-se o número de falhas, bem como o tempo gasto em sua correção, buscando-se melhorar os procedimentos de trabalho e logística e aumentando-se a eficiência na reposição de peças.

O custo de produção do *harvester* foi de R\$ 27,72 m⁻³sc, para um povoamento com volume médio de 0,125 m³sc árvore⁻¹.

Tabela 1. Distribuição percentual dos componentes do custo operacional do *Harvester*.

	Custos	R\$ h⁻¹
CF	Depreciação (D)	24,25
	Juros, Seguros e Impostos (JS)	12,36
	Abrigo (A)	1,87
		38,46
CV	Custo de combustível (CC)	57,16
	Custo de lubrificantes e de graxas (CLG)	11,44
	Custo de óleo hidráulico (COH)	11,44
	Custo de manutenção e reparos (CMR)	66,05
	Custo de pneus e ou esteiras (CPE)	4,31
		150,37
CMO	Custo de Mão de obra (CMO)	9,64
CAD	Custo de administração (CAD)	19,86
CT	Custo total (CT)	218,99

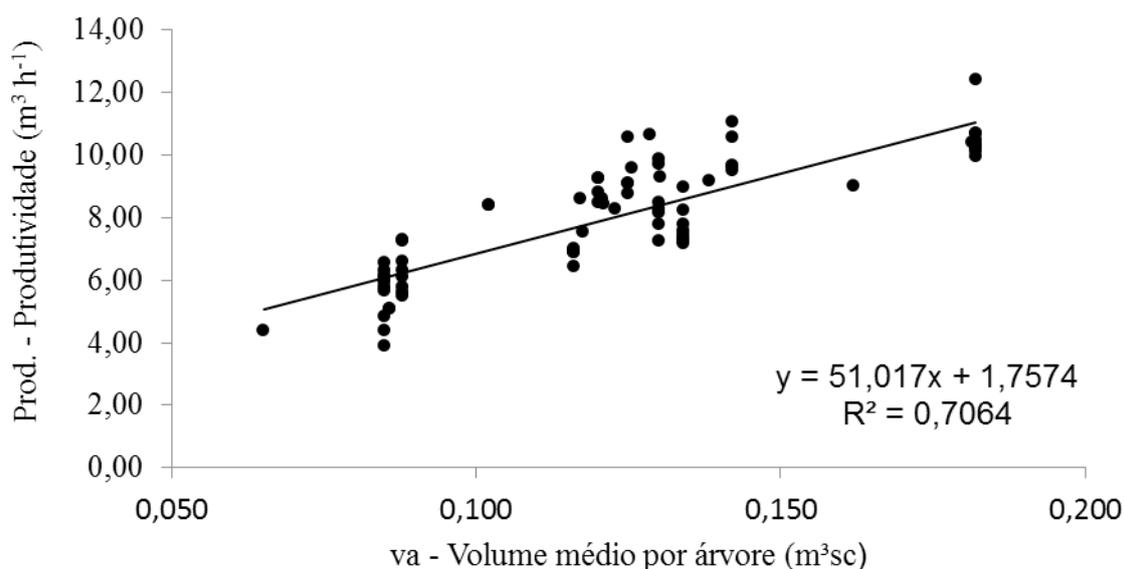


Figura 4. Comportamento da produtividade em função do volume médio por árvore.

Os custos variáveis representaram 69% do total, seguidos dos custos fixos (18%). Os custos de administração e de mão de obra representaram, respectivamente, 9% e 4 % do total. O custo operacional do *harvester* Ponsse, modelo ERGO C33 H8, mostrou-se próximo dos encontrados por Burla (2008) e Leite (2012), cujos estudos também foram realizados em florestas de baixa produtividade. O custo de produção foi superior ao encontrado por Simões e Fenner (2010) e Paula (2011). Nesses estudos, o volume individual das árvores era superior ao do presente trabalho, assim como a produtividade média, o que explica a diferença no custo de produção total.

Os custos com manutenção e reparos foram os de maior representatividade, totalizando 30,16% do custo de produção total da máquina. Esses custos poderiam ser reduzidos prevendo a vida útil das peças e realizando a substituição antes que elas falhem, o que reduziria o tempo de permanência em manutenção. A melhor maneira de realizar essa substituição seria nas revisões periódicas, no entanto elas não eram realizadas na época do presente estudo.

A cada fração de 1% aumentando-se os custos com manutenção e reparos, no custo de combustível e na depreciação ocorre o aumento de respectivamente, R\$ 0,65 h⁻¹, R\$ 0,57 h⁻¹ e R\$ 0,23 h⁻¹ no custo operacional do *harvester*. O aumento de 1% na eficiência operacional da máquina

proporciona uma redução de R\$ 0,65 h⁻¹ no custo operacional do *harvester*.

Ao realizar uma análise integrada baseada nos resultados obtidos para as variáveis que compõem o custo operacional (manutenção e reparos, combustível, depreciação e eficiência operacional), em uma situação simulada, na qual a empresa consiga uma economia real de 10% em cada um destes itens de custos e, ao mesmo tempo, eleve a eficiência operacional em 10 %, implicaria em uma redução de 8,87% no custo operacional do *harvester*, representando uma economia de R\$ 19,43 he⁻¹.

CONCLUSÕES

A baixa eficiência operacional apresentada pela máquina é resultado da baixa disponibilidade mecânica, devido ao elevado tempo de permanência em manutenção.

O custo operacional se mostra sensível à alteração na eficiência operacional do *harvester*, sendo que o aumento de 1% na eficiência ocasiona uma redução de R\$ 0,65 no custo operacional.

As variáveis que exerceram maior influência no custo operacional do *harvester* são as manutenções e reparos, o preço do combustível, a depreciação e a eficiência operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário Estatístico**: ano base 2012/ABRAF. Brasília, DF, 2013. 142p.
- BERARD, J. A. **Standard definition for machine availability and utilization**. Montreal, Canadian Pulp and Paper Associations, 1970.
- BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do harvester na colheita e processamento de madeira em diferentes condições de declividade e produtividade florestal**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- FAO. **Logging and log transport in man-made forests in developing countries**. Rome, 1974. 90p. (Forestry Paper - FAO, 18).
- FILHO, A. D. M.; SEIXAS, F. Análise técnica e econômica de prestadores de serviços na colheita florestal. *Ciência Florestal*, v. 19, n. 1. p. 99-108, 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 1978.
- LEITE, E. S. **Desenvolvimento de planos de colheita florestal de precisão utilizando tecnologias de geoprocessamento**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- LEITE, E. S. **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, 2012.
- LOPES, E. S. Colheita de baixo volume individual. **Rev. Opiniões**, Ribeirão Preto, SP, v. 27, p. 21, mar./mai. 2012. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=821>>.
- Acesso em: 06 jul. 2012.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Coord.) **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. Cap. 1, p. 15-42.
- MAGALHÃES, P. A. D.; KATZ, I. **Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita com harvester em uma indústria madeireira**. *Tékhne Lógos*, Botucatu, SP, v. 2, n. 1, out. 2010, p. 72 a 91.
- MORAES, A. C. **Análise do treinamento de operadores de máquinas de colheita de madeira**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- PAULA, E. N. S. O. **Avaliação técnica, de custos e ambiental de dois modelos de harvester na colheita florestal**. 2011. 83 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- PENNA, E. S.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; SILVA, E.; SILVA, E. N. Avaliação ergonômica de modelos de cabos aéreos utilizados na extração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.565-571, 2011.
- SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *pinus sp.* com harvester. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.745-753, 2010.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, v. 38, n.85, p.107-114, 2010.
- SPINELLI, R.; WARDB, S. M.; OWENDEC, P. M. A harvest and transport cost model for Eucalyptus spp. fast-growing short rotation plantations. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, 2009.