

Avaliação técnica e econômica de um “*Harvester*” em diferentes condições de terreno e produtividade da FlorestaTechnical and economic evaluation of a *harvester* under different terrain and forest productivity conditionsHaroldo Carlos Fernandes<sup>1</sup>, Everson Ramos Burla<sup>2</sup>,  
Elton da Silva Leite<sup>3</sup> e Luciano José Minette<sup>4</sup>**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi avaliar técnica e economicamente o *harvester* na colheita florestal em diferentes condições de topografia e produtividade de povoamentos florestais de eucalipto. O ensaio consistiu em um fatorial 3 x 3, a variável declividade do terreno foi estratificada em “plana”, “ondulada” e “acidentada”, e a produtividade do povoamento em “baixa”, “média” e “alta”. As análises consistiram no estudo de tempo e movimentos do ciclo operacional e da produtividade da máquina, custos operacionais e custos de produção. As características de declividade “plana” e “alta” produtividade do povoamento resultaram em maiores produtividades e menores custos de produção do *harvester*. Locais “acidentados” e de “baixa” produtividade da floresta elevaram os custos em mais de 200%.

**Palavras-chave:** colheita florestal; toras curtas, produtividade e custo.

**Abstract**

The aim of this study was to evaluate technically and economically the harvester when harvesting under varied topographies and productivities of forest stands of eucalyptus. The test consisted of a 3 x 3 factorial; the variable slope of the land was divided into "flat", "wavy" and "rugged", and productivity of the forest in "low", "medium" and "high". The analysis in the study consisted of time and movement of the operating cycle and the productivity of the machine, operating costs and production costs. The slope characteristics of "flat" and "high" productivity resulted in higher yields and lower production costs of the harvester. Locations classified as "rugged" and "low" forest productivity increased costs by more than 200%.

**Keywords:** *harvester* forest; cut-to-length; productivity and cost.

**INTRODUÇÃO**

Entre as atividades do ciclo florestal, a colheita é a fase considerada mais importante, por se tratar da mais onerosa em relação aos custos de produção (FREITAS, 2005). A mecanização tem contribuído para eficiência no processo de colheita de madeira, reduzindo os custos e facilitando a gestão das operações (SPINELLI, 2009).

O sistema de toras curtas (“*cut-to-length*”) tornou-se amplamente utilizado em muitos países, como Suécia (98%), Irlanda (95%) e Finlândia (91%), em comparação com o método semimecanizado (KARJALAINEN *et al.*, 2001), sendo

largamente utilizado na colheita do eucalipto no Brasil (SIMÕES, *et al.*, 2010).

O sistema de toras curtas se caracteriza pelo emprego do *harvester* para desempenhar a derubada e o processamento das árvores. Sua produtividade irá depender de diversos fatores dos quais se destacam a produtividade do povoamento e declividade (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002; JIROUŠEK *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2009; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2003; SIMÕES; FENNER, 2010).

Martins *et al.* (2009) destacam que proporcionalmente à medida que o volume por árvore aumenta a produtividade cresce e, consequente-

<sup>1</sup>Professor Associado. UFV – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola – Viçosa, MG – 36570-000 - E-mail: [haroldo@ufv.br](mailto:haroldo@ufv.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal. Mestre em Engenharia Agrícola. UFV – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG – 36570-000 – E-mail: [everson.burla@ufv.br](mailto:everson.burla@ufv.br)

<sup>3</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola. UFV – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola / – Viçosa, MG – 36570-000 - E-mail: [eltonleite@gmail.com](mailto:eltonleite@gmail.com)

<sup>4</sup>Professor Adjunto. UFV – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Elétrica e de Produção - Viçosa, MG – 36570-000 - E-mail: [minetti@ufv.br](mailto:minetti@ufv.br)

mente, os custos de produção diminuem. Contudo, em estudo realizado por Simões e Fenner (2010), a produtividade do *harvester* decresceu com o aumento da inclinação do terreno.

O objetivo deste trabalho foi avaliar técnica e economicamente o *harvester* na colheita florestal em diferentes condições de topografia e produtividade em povoamentos de eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Locais

O trabalho foi realizado em plantios de eucalipto nos municípios de Divinolândia de Minas, Sabinópolis e Guanhães, no Estado de Minas Gerais, entre os paralelos 22°55' de latitude sul, 48°50' de longitude oeste, altitudes variando de 600 a 800 m. O clima é classificado como Aw, clima tropical com estação seca de inverno (KÖPPEN, 1948), sendo o período chuvoso de novembro a janeiro e o período seco de julho a setembro, precipitação média anual de 1200 mm. Na região predomina o solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, Typic Hapludox (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

O experimento foi conduzido em povoamentos de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* tendo como característica genética a alta produtividade em regime de primeira rotação no espaçamento 3,0 x 3,33 m, que passou pelos mesmos tratamentos silviculturais. As parcelas foram inventariadas, determinando altura das árvores, diâmetro a altura do peito (DAP), volume por árvore e volume por hectare.

### Características e operação do *harvester*

Foi utilizado um *harvester*, da marca John Deere, modelo 1270 D, tração 6x6, rodado de pneus equipados com semiesteiras, motor de 160 kW em regime de 1400 a 2000 rpm, cabeçote de corte modelo 762 C (figura 1).



Figura 1. Harvester John Deere 1270D.  
Figure 1. Harvester John Deere 1270D.

A máquina foi utilizada no sistema de toras curtas, executando as atividades de corte, descascamento, desganhamento e seccionamento das árvores, cortadas com 4,40 m de comprimento. O eito de trabalho era composto de quatro fileiras de árvores. A madeira, após o processamento, foi depositada à esquerda do sentido de deslocamento da máquina.

### Estudo de tempos e movimentos

Utilizou-se a marcação do tempo pelo método de multimomento, com observações em intervalos de 15 segundos durante o trabalho em toda a parcela. O ciclo operacional foi feito por meio do quociente entre o tempo de observação pelo número de árvores na parcela.

As atividades consideradas no ciclo operacional foram divididas em: “deslocamento”, que representa o tempo despendido com deslocamentos da máquina; “posicionamento”, tempo referente da movimentação do cabeçote para corte da próxima árvore; “corte”, que é o tempo consumido na secção do fuste próximo ao solo; “tombamento”, tempo referente a queda da árvore; “descascamento”, tempo despendido no desganhamento e descascamento; “traçamento”, representado pelo tempo decorrido no processamento do fuste em toretes de 4,40 m; “pausas”, considerado o tempo de pausas pessoais e técnicas.

### Produtividades

Para a quantificação da produtividade operacional foi cronometrado o tempo gasto pelo *harvester* para processar cada parcela, sendo o tempo iniciado no momento em que o cabeçote era posicionado na primeira árvore e encerrado após processar a última tora da última árvore da parcela.

### Análises estatísticas

O ensaio consistiu em um fatorial 3 x 3, com três classes de produtividade da floresta e três classes de declividade do terreno. As classes de produção por hectare foram divididas em “baixa” (< 210 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), “média” (211 - 320 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e “alta” (> 321 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). As classes de declividade foram divididas em “plano” até 10,0 graus (<22,3%), “ondulado” entre 10,1 e 20,0 graus (22,3 - 44,4%) e “acidentado” entre 20,1 e 30,0 graus (>44,4%), com 10 repetições. Cada parcela retangular foi demarcada em campo contendo 100 covas, dispostas em quatro linhas de 25 covas cada uma.

Os resultados foram submetidos à técnica da análise de variância, nos casos em que houve di-

ferências foi efetuado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, por meio do programa computacional SAS 9.2 (SAS, 2011).

### Custos

Os custos operacionais (CO) foram divididos em fixos e variáveis estimados pela metodologia proposta pela FAO citado por Machado e Malinovski (1988), expressos em dólar por hora efetiva trabalhada, operando no período de 24 horas diárias. Utilizou-se a seguinte taxa de câmbio: Dólar (R\$ 2,033), Euro (R\$ 2,592), cotação obtida em 07 de novembro de 2012. Os custos fixos (CF) foram divididos em:

#### a) Juros

Os juros foram calculados pela aplicação de uma taxa anual de 12%, correspondente ao capital proporcionado por agência financeira (Equação 1).

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

em que:  $J$  = juros (US\$ h<sup>-1</sup>);  $Ca$  = custo de aquisição da máquina (US\$ 480.000,00);  $i$  = taxa anual de juros (12%aa.);  $f$  = fator de correção para juros compostos (0,6); e  $Vu$  = vida útil da máquina (20.000h).

#### b) Depreciação

O método de depreciação usado foi o linear, em que o valor depreciável é obtido pela equação 2.

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

em que:  $D$  = depreciação (US\$ h<sup>-1</sup>);  $Ca$  = custo de aquisição da máquina (US\$);  $Vr$  = valor residual (20% de  $Ca$ ); e  $Vu$  = vida útil (h).

#### c) Abrigo

O valor do abrigo é calculado e pago em função do local de armazenamento, vigias e estrutura requerida pela máquina florestal (Equação 3).

$$A = \frac{Ca - Fa}{Vu} \quad (3)$$

em que:  $A$  = abrigo (US\$ h<sup>-1</sup>);  $Ca$  = custo de aquisição da máquina (US\$);  $Fa$  = fator de ajuste (0,75%); e  $Vu$  = vida útil (h).

Os custos variáveis (CV) foram divididos em:

#### a) Operadores

Os custos de operadores foram calculados pela equação 4.

$$Op = \frac{Ss \cdot Es}{HTM} \quad (4)$$

em que:  $Op$  = custo de operadores por hora efetiva trabalhada (US\$ h<sup>-1</sup>);  $Ss$  = somatório dos salários mensais (US\$ 2.100,00 três por máquina);  $Es$  = encargos sociais (1,50); e  $HTM$  = horas efetivas trabalhadas no mês (420 h).

#### b) Manutenção e Peças

##### b.1) Manutenção

Os custos de manutenção por hora trabalhada foram determinados pela equação 5.

$$Man = \frac{(Ss \cdot Es) + Off}{HTM} \quad (5)$$

em que:  $Man$  = custo de manutenção por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>);  $Sof$  = somas dos salários mensais (US\$);  $Es$  = taxa de encargos sociais (150% de  $Ss$ );  $Off$  = despesas diversas de oficina e serviços de terceiros (US\$); e  $HTM$  = horas efetivas trabalhadas no mês (h).

##### b.2) Peças de reposição

As despesas com peças foram determinadas pela equação 6.

$$P = Comb \cdot Fp \quad (6)$$

em que:  $Peças$  = valor com gastos em peças (US\$);  $Comb$  = valor com gastos em combustível (US\$); e  $Fp$  = fator de relação histórico (1,5).

#### c) Combustível e óleo hidráulico

##### c.1) Combustível

Os gastos com combustível foram determinados pela equação 7.

$$Comb = Cmm \cdot Pu \quad (7)$$

em que:  $Comb$  = custo com combustível por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>);  $Cmm$  = consumo médio horário da máquina por hora efetiva (18 L h<sup>-1</sup>); e  $Pu$  = preço por litro de combustível (US\$ 0,95 L<sup>-1</sup>).

##### c.2) Óleo hidráulico

A equação a seguir foi usada na obtenção do custo com gastos com lubrificantes, graxas e óleos hidráulicos (Equação 8).

$$Ohl = Comb \cdot Fo \quad (8)$$

em que:  $Ohl$  = custo de óleos hidráulicos, graxas e lubrificantes (US\$);  $Comb$  = custo com combustível por hora efetiva (US\$ h<sup>-1</sup>); e  $Fo$  = fator de relação histórico (0,25).

A determinação dos custos de produção foi obtida pela seguinte equação:

$$CP = \frac{Co}{Prod} \quad (9)$$

em que:  $CP$  = custo de produção (US\$ m<sup>-3</sup>);  $Co$  = custo operacional (US\$ h<sup>-1</sup>); e  $Prod$  = produtividade (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do inventário, porcentual de sobrevivência, diâmetro médio, altura média, volume da parcela e densidade média de plantio estão demonstrados na Tabela 1.

Os valores médios do estudo de tempo e movimento do ciclo operacional do *harvester* estão apresentados na Figura 2. O tempo médio para processamento das parcelas foi de 49,14 minutos, o tempo mínimo apresentando foi de 36,87 e o máximo foi de 65,73 minutos, com um coeficiente de variação de 14,2 %. No campo, as operações foram conduzidas com total ausência de pluviosidade.

Através do estudo de tempo determinou-se que as atividades de derrubada (corte e tomba-

mento) consumiram 18% e o processamento (desgalhamento, descascamento e traçamento) consumiram 52%, juntas totalizando 70% do tempo de colheita.

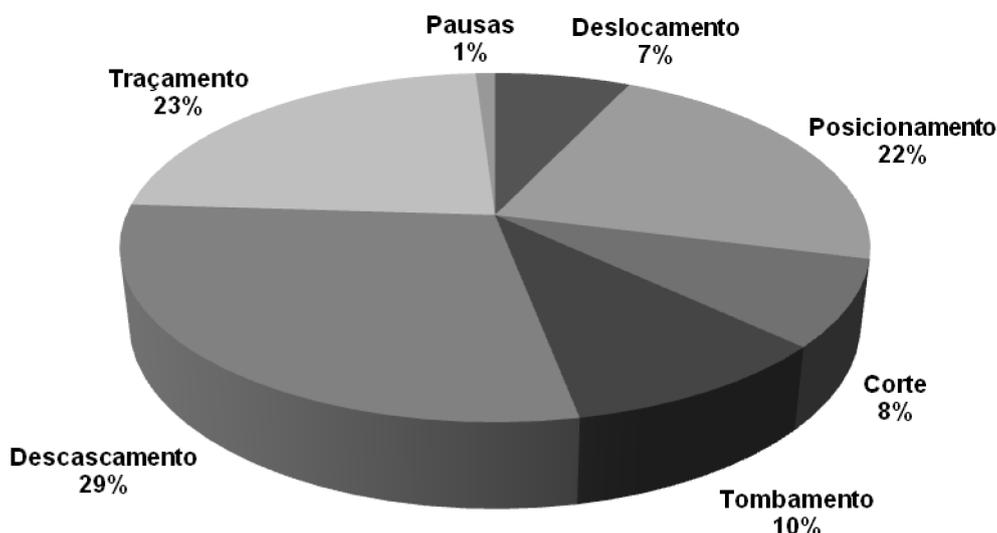
Estes dados diferem daqueles encontrados por Simões *et al.* (2010), com 26% do tempo para o “posicionamento” e 63% para a derrubada e processamento com o *harvester* Caterpillar CAT 320 CL, rodado de esteiras. Esta diferença está relacionada ao tipo de rodado, com o *harvester* do presente estudo apresentando maior agilidade na operação de deslocamento, destinando mais tempo para a derrubada e processamento das árvores, fato que reflete em ganhos de produtividade.

Na Tabela 2 verifica-se a influência da produtividade da floresta e a declividade no tempo gasto das atividades do ciclo operacional do *harvester*. Observam-se diferenças, principalmente, nas atividades de “deslocamento” da máquina, o “posicionamento” do cabeçote e “corte”. O tempo de deslocamento aumenta quando a declividade é maior, indicando a resistência ofe-

**Tabela 1.** Inventário das parcelas em diferentes condições de produtividade florestal e declividade do terreno.  
**Table 1.** Inventory of plots under different forest productivity and land slope.

Situação	Sobrevivência		DAP		Altura		Volume da parcela		Densidade	
	Média (%)	C.V. (%)	Médio (cm)	C.V. (%)	Média (m)	C.V. (%)	Médio (m)	C.V. (%)	Média (árv ha <sup>-1</sup> )	C.V. (%)
Baixa e Plano	96,00	3,80	14,08	2,67	20,98	2,25	13,04	4,37	1000	0,00
Baixa e Ondulado	99,31	1,90	15,04	2,67	21,93	2,72	14,63	3,10	1018	6,53
Baixa e Acidentado	80,73	10,64	14,78	3,22	22,81	3,16	15,80	10,67	1148	2,32
Media e Plano	87,06	5,73	17,40	4,06	27,19	4,60	24,01	9,28	1082	9,60
Média e Ondulado	91,39	6,24	16,15	3,69	26,01	3,80	21,90	14,04	1241	3,41
Media e Acidentado	87,82	11,46	16,89	6,51	26,38	5,43	22,76	12,89	1117	5,49
Alta e Plano	89,67	6,00	18,16	3,25	28,20	3,31	27,47	9,85	1180	5,52
Alta e Ondulado	91,45	4,30	17,31	3,83	27,49	2,82	25,03	8,18	1218	2,91
Alta e Acidentado	84,60	7,77	17,25	4,60	27,81	3,41	24,22	8,12	1166	0,00

DAP = diâmetro a 1,30 metros; CV = coeficiente de variação.



**Figura 2.** Percentual das atividades do ciclo operacional do harvester.  
**Figure 2.** Percentage of the activities of the operating cycle of harvester.

recida pela inclinação do terreno. A declividade máxima em aclave foi de 25° (56%) e em declive foi de 30° (67%).

O "posicionamento" indica que maiores volumes da floresta e menores inclinações do terreno demandam menores tempos com a atividade, pois o operador tem mais facilidade de posicionar o cabeçote em árvores mais grossas e em menores inclinações do terreno. O inverso ocorre na atividade de "corte", árvores de maiores diâmetros necessitam de mais tempo para execução desta atividade.

Visualiza-se na figura 3 uma tendência a queda na produtividade por hora efetiva do *harvester* em florestas de "baixa" produtividade e em áreas "acidentadas", ou seja, onde há elevada inclinação do terreno, fato que também foi comprovado por Bramucci e Seixas (2002), Jiroušek

*et al.* (2007), Martins *et al.* (2009), Oliveira Neto *et al.* (2003), Simões e Fenner (2010). Este resultado reflete no número de árvores processadas por hora (figura 4), onde o baixo volume individual das árvores reduziu o tempo do ciclo operacional da máquina e maiores inclinações aumentaram o tempo, reduzindo a produtividade.

Em um estudo conduzido por Martins *et al.* (2009) com o mesmo tipo de colhedora, John Deere 1270D, estes obtiveram uma produtividade de 30,71 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> em uma floresta de eucalipto com volume médio de madeira de 0,32 m<sup>3</sup> por árvore e declividade do terreno de 25% (11,25°), resultados que demonstram uma similaridade com os deste trabalho.

Este resultado difere do encontrado por Simões e Fenner (2010), que ao estudarem a produtividade do *harvester* John Deere modelo

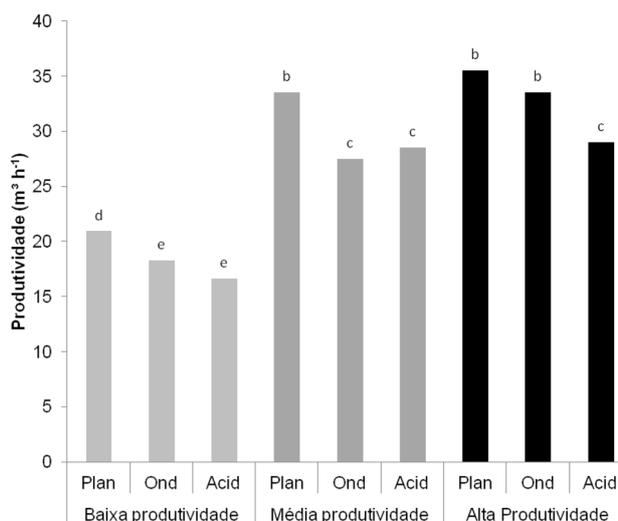
**Tabela 2.** Análise do Percentual das atividades do ciclo operacional do harvester em função das classes de produtividades da floresta de declividade do terreno

**Table 2.** Percentage analysis of activity of the operating cycle of the harvester related to forest productivity classes land slope.

Situação	Desl	Posic	Corte	Tomb	Descas	Traç	Pausas
Baixa e Plano	6,65 cd*	23,65 bcd	6,91 cd	12,86 a	25,79 a	22,30 ab	1,84 a
Baixa e Ondulado	7,31 bc	26,45 ab	6,29 d	10,07 ab	26,10 a	22,42 ab	1,36 a
Baixa e Acidentado	9,19 a	27,70 a	5,27 e	11,87 ab	25,34 a	20,05 b	0,58 a
Média e Plano	5,41 de	21,63 cde	8,86 b	10,01 ab	29,22 a	24,34 a	0,53 a
Média e Ondulado	7,14 bc	24,16 abc	8,94 b	9,10 ab	27,43 a	22,26 ab	0,97 a
Média e Acidentado	10,12 a	24,82 abc	7,19 c	7,36 b	27,47 a	22,20 ab	0,84 a
Alta e Plano	4,04 e	17,78 e	10,57 a	11,00 ab	30,72 a	24,67 a	1,22 a
Alta e Ondulado	6,06 cd	19,01 e	10,89 a	9,25 ab	29,97 a	24,20 a	0,62 a
Alta e Acidentado	8,78 ab	20,12 de	11,09 a	8,01 ab	27,95 a	23,67 ab	0,38 a

Desl = deslocamento; Posic = posicionamento; Tomb = Tombamento; Descas = descascamento; Traç = traçamento.

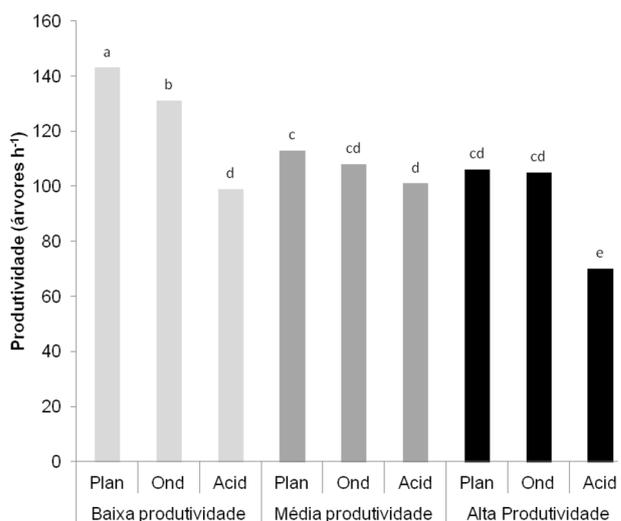
(\*) Médias seguidas de letra diferente na coluna são diferentes estatisticamente.



Plan = plano, Ond = ondulado e Acid = acidentado. Médias seguidas de letra diferente são diferentes estatisticamente.

**Figura 3.** Produtividade do harvester em diferentes classes de produtividade florestal e declividade do terreno.

**Figure 3.** Productivity of harvester under different classes of forest productivity and land slope.



Plan = plano, Ond = ondulado e Acid = acidentado. Médias seguidas de letra diferente são diferentes estatisticamente.

**Figura 4.** Produtividade do harvester em diferentes classes de produtividade florestal e declividade do terreno.

**Figure 4.** Productivity of the harvester in different classes of forest productivity and land slope.

200C LC, no espaçamento de 2,0 x 2,5 m em declividade de 10 a 20% (4,5-9,0°), apresentaram uma produtividade menor que a encontrada no presente estudo, fato explicado pelo menor arranjo espacial das árvores, pelas características da máquina, neste caso rodado de esteiras e também a ausência de nivelamento de cabine, que acaba afetando o campo visual, posição do operador e deslocamento da máquina.

Paula (2011), em trabalho de colheita de uma floresta de eucalipto, encontrou uma produtividade média de 18,57 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e 19,88 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> para os *harvesters* Komatsu PC200 e PC228, com rodado de esteira. Neste trabalho, observa-se uma maior produtividade (33,50 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) para as condições “planas” e “média” produtividade do povoamento. As diferenças se deram em função das diferentes características das máquinas. A máquina utilizada neste apresentou rodado de pneus, a maior potência, bomba hidráulica de maior vazão, garantindo maior agilidade nas operações.

Os custos operacionais calculados com base nos parâmetros estabelecidos são apresentados na figura 5. Para os parâmetros propostos o custo operacional do *harvester* ficou em US\$ 116,49 por hora efetiva trabalhada, sendo US\$ 18,74 h<sup>-1</sup> (19%) referentes aos custos fixos e US\$ 94,66 h<sup>-1</sup> (81%) referentes aos custos variáveis, sendo que os custos de peças e manutenção representaram 49% do custo total.

O custo médio de produção foi de US\$ 4,31 m<sup>-3</sup>, variando entre US\$ 3,28m<sup>-3</sup> na melhor condição (“plano” e “alta” produtividade) até US\$ 7,00 m<sup>-3</sup> nas piores condições (acidentado e baixa produtividade do povoamento).

Os custos operacionais neste estudo foram similares aos encontrados por Martins *et al.* (2009), na ordem de US\$ 113,28 h<sup>-1</sup>. A mes-

ma situação ocorreu quando comparado aos resultados de Lopes *et al.* (2007), com um custo operacional de US\$ 115,72 h<sup>-1</sup> para o *harvester* da marca Caterpillar, modelo CAT 320 Short Tail.

Simões e Fenner (2010) encontraram menores valores para o custo operacional (US\$ 78,78 h<sup>-1</sup>), com o custo fixo representando 30,0% e, o custo variável 70,0%, valor que refletiu em menores valores dos custos de produção em relação ao deste estudo.

Os resultados encontrados por Paula (2011) apresentam valores menores de custo operacional, contudo os custos de produção foram maiores (US\$ 4,80-4,83 m<sup>-3</sup>), justificado pela menor produtividade das máquinas *harvesters* Komatsu PC 200 e PC 228 utilizadas por esta.

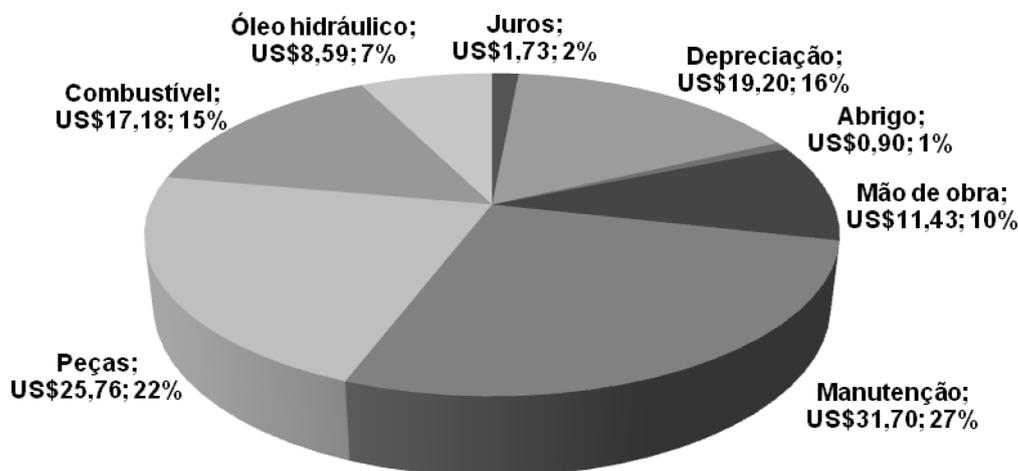
## CONCLUSÕES

As características de declividade “plana” e “alta” produtividade do povoamento resultaram em maiores produtividades e menores custos de produção do *harvester*. Locais “acidentados” e de “baixa” produtividade da floresta elevaram os custos em mais de 200%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “*harvesters*” na colheita florestal. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.62, p.62-74, 2002.

FREITAS, K.E. *Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada*. 2005. 27p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.



**Figura 5.** Valores de custo horário do harvester.  
**Figure 5.** Values of the cost per hour of the harvester

- JIROUŠEK, R.; KLVAČ, R.; SKOUPÝ, A. Productivity and costs of the mechanized cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. **Journal of Forest Science**, v.53, n.10, p.476-482, 2007.
- KARJALAINEN, T.; ZIMMER, B.; BERG, S.; WELLING, J.; SCHWAIGER, H.; FINÉR, L.; CORTIJO, P. **Energy, carbon and other material flows in the Life Cycle Assessment of forestry and forest products: achievements of the Working Group 1 of the COST Action E9**. Finlândia: European Forest Institute, 2001. 68p.
- KÖPPEN, W. **Climatologia com un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- LOPES, E.S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A.N.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote *harvester* em diferentes condições operacionais. **Floresta**, Curitiba, v.37, n.3, 2007.
- MACHADO, C.C.; MALINOVSKI, J.R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65p.
- MARTINS, R. J.; SEIXAS, F.; STAPE, J.L. Avaliação técnica e econômica de um *harvester* trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.83, p.253-263, 2009.
- OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; NEVES, J.C.L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.15-23, 2003.
- PAULA, E.N.S.O. **Avaliação técnica, de custos e ambiental de dois modelos de *harvester* na colheita florestal**. 2011. 68p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics, version 9.2**. Cary, 2011.
- SIMÕES, D.; FENNER, P.T. Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**, Curitiba, v.40, n. 4, p.711-720, 2010.
- SIMÕES, D.; FENNER, P.T.; ESPERANCINI, M.S.T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com *harvester*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.88, p.611-618, 2010.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 11ed. Washington, D.C : USDA-Natural Resources Conservation Service, 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**, Oxford, v.33, n.9, p. 1265–1270, 2009.

Recebido em 16/02/2012

Aceito para publicação em 30/01/2013

