



Análise do desempenho da máquina 'slingshot' em subsistemas de colheita em florestas de eucalipto¹



Amaury P. de Souza², Luciano J. Minette², Fábio M. T. Moreira³, Carlos C. Machado² & Kátia R. Silva⁴

¹ Trabalho desenvolvido com recursos financeiros do CNPq

² DEF/UFV, CEP 36570-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-2466. E-mail: amaurysoouza@ufv.br (Foto), minetti@ufv.br e machado@ufv.br

³ IBAMA, CP 09870, CEP 70818-900, Brasília, DF. Fone: (61) 3161-1594. E-mail: ftieghi@ig.com.br

⁴ Grupo Orsa Florestal, CEP 68240-600, Monte Dourado, PA. Fone: (93) 3736-6480. E-mail: krsilva@grupoorsoa.com.br

Protocolo 160 - 6/11/2002 - Aprovado em 1/3/2004

Resumo: Com este trabalho, objetivou-se avaliar, técnica e economicamente, o 'slingshot' em diferentes subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. A análise técnica englobou um estudo de tempos e movimentos e produtividade, e a análise econômica envolveu os parâmetros custo operacional, custo de produção e rendimento energético. O elemento processamento nos subsistemas 1 e 2 consumiu mais da metade do tempo do ciclo operacional; já no subsistema 3 os elementos busca e corte, e processamento representaram, juntos, cerca de 75% do tempo do ciclo total. Chegou-se ao custo operacional de US\$ 68,45 ha⁻¹ nos subsistemas 1 e 2 e de US\$70,78 ha⁻¹ no subsistema 3. Nos subsistemas 1, 2 e 3 os custos de produção do 'slingshot' foram de US\$ 1,67; 2,02 e 5,47 m⁻³ (com casca), respectivamente. O rendimento energético foi de 3,60; 4,37 e 11,42 g kW⁻¹ m⁻³ com casca, respectivamente.

Palavras-chave: colheita florestal, custo, mecanização florestal

Analysis of the performance of a slingshot machine in subsystems of eucalyptus forest harvesting

Abstract: This work had the objective to evaluate technically and economically a slingshot machine in different timber harvesting subsystems in eucalyptus forests. The analysis technique included productivity and a motion and time study. The economic analysis included the parameters-operational cost, production cost, and energy consumption rate. The element processing in subsystems 1 and 2 consumed more than half of the operational cycle time. In the subsystem 3, the elements searching and cutting trees and processing represented together about 75% of the total cycle time. The operational cost was US\$68.45 ha⁻¹ in the subsystems 1 and 2 and US\$70.78 ha⁻¹ in the subsystems 3. The slingshot production costs were US\$ 1.67; 2.02 and 5.47 m⁻³, in the subsystems 1, 2 and 3, respectively. The energy consumption rate were 3.60; 4.37 and 11.42 g kW⁻¹ m⁻³, in the subsystems 1, 2 and 3, respectively.

Key words: timber harvesting, logging cost, forest mechanization

INTRODUÇÃO

Em relação à formação econômica do País, a economia florestal brasileira tem sido responsável, anualmente, por aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB), gerando 600.000 empregos diretos, US\$ 450 milhões em arrecadação de impostos e US\$ 4,1 bilhões em divisas de exportação (Garlipp,1995).

Para manter a competitividade é necessário aumentar a produtividade e reduzir custos; com isto, a colheita, por ser o item que mais onera o custo de produção da madeira no Brasil (Bagio & Stohr, 1978, Tanaka, 1986, Machado, 1984, Valverde 2000), precisa ter suas operações otimizadas, de forma que a

qualidade seja melhorada, as perdas diminuídas e os custos minimizados.

De acordo com DURATEX (1999), com a abertura das importações, por volta de 1994, boa parte das empresas brasileiras iniciou a mecanização da colheita. Desde então, verifica-se aumento contínuo do nível de mecanização intensa e, em maior escala, na colheita de florestas em primeira rotação, em que o alto volume por árvore e a homogeneidade da floresta colaboram para sua viabilização. Diz-se ainda que o nível atual de mecanização no País só não é maior devido à dificuldade de viabilização em florestas com mais de um fuste por cepa e baixo volume por árvore, normalmente verificada em florestas manejadas com duas ou até três rotações. A colheita da madeira

com baixo volume por árvore é um dos grandes desafios para os técnicos da área e um dos principais objetos de pesquisa no segmento na atualidade (DURATEX, 1999).

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar, técnica e economicamente, o desempenho do 'slingshot' em diferentes subsistemas de colheita em florestas conduzidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Região de estudo

A pesquisa foi conduzida em povoamentos florestais de uma empresa do setor, situados na região noroeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°55' de latitude sul, 48°50' de longitude oeste e a 750 m de altitude. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Escuro (LE), relevo plano a suave ondulado. Conforme a classificação de Koeppen, o clima característico da região é o Cwa, clima quente úmido, de inverno seco. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.200 mm, a temperatura média anual se situa em torno de 21 °C e a umidade relativa média do ar é de 60%.

Descrição do 'slingshot'

O 'slingshot' analisado neste trabalho se compõe de uma máquina-base, marca Timberjack, modelo 608, motor Cummins, cabeçote de corte da marca Risley, modelo S1821, com capacidade de corte de 21 polegadas e velocidade de desgalhamento de 2,5 m s⁻¹, disco de corte com 32 dentes, tempo de corte de 4-5 s e 300 rpm, torre de corte de 2,80 m, com rotação lateral de 220° que tem, como aspecto operacional próprio, a sua capacidade de operação com várias árvores simultaneamente, como ilustra a Figura 1.



Figura 1. Slingshot estudado neste trabalho

Subsistemas de colheita

Os subsistemas avaliados foram:

Subsistema 1: O Feller-Buncher iniciava a derrubada direcionando a base dos feixes de árvores para a extremidade do talhão, onde se iniciou o trabalho, formando os feixes a aproximadamente 45 graus em relação ao alinhamento de plantio; depois da derrubada da primeira metade dos dois eitos, deslocava-se para a outra extremidade do talhão iniciando-se, assim, a derrubada da segunda metade do primeiro eito de trabalho e, posteriormente, a derrubada da outra metade do segundo eito. A etapa seguinte foi a extração, com o Skidder, o qual se deslocava da margem da estrada até o local onde se encontravam os feixes; em seguida, acionava-se a abertura das garras da pinça, abaixando-a, prendendo e suspendendo o feixe parcialmente em relação ao solo, iniciando o arraste em direção à margem do talhão, onde o feixe de madeira era posicionado ao lado dos outros. Aproximadamente metade dos feixes era arrastada para uma extremidade do talhão e a outra metade para a extremidade oposta; os feixes na margem do talhão eram dispostos num ângulo de aproximadamente 30° em relação ao sentido do alinhamento do plantio. A etapa final deste subsistema consistiu no processamento da madeira, realizado pelo 'slingshot', que se deslocava em uma faixa de ±4 m entre os feixes arrastados pelo Skidder e as pilhas formadas pela madeira já processada, sendo a galhada depositada entre os feixes arrastados pelo Skidder e a pilha formada na margem do talhão.

Subsistema 2: A derrubada também foi realizada com o Feller-Buncher, que derrubava cada um dos dois eitos de trabalho, todos num único sentido, com a base dos feixes direcionada para a extremidade do talhão em que se iniciava a derrubada; os feixes eram direcionados a aproximadamente 30° em relação ao alinhamento do plantio; depois, foi realizado o processamento da madeira dentro do talhão, pelo 'slingshot'. A movimentação da máquina foi feita de acordo com o sentido de deslocamento do Feller-Buncher iniciando o processamento pela extremidade do talhão onde o Feller-Buncher finalizou a derrubada do eito. A etapa final deste subsistema consistiu na extração realizada com o Forwarder, que se deslocava sobre a mesma linha de tráfego do 'slingshot', extraíndo cada eito de trabalho isoladamente, ou seja, realizando o carregamento apenas por um lado, pelo fato da distância entre as pilhas de cada eito ser maior que o alcance máximo da grua do Forwarder. Metade do comprimento de cada eito de trabalho foi extraída para cada extremidade do talhão, visando otimizar a distância média de extração.

Subsistema 3: A etapa completa de corte (derrubada e processamento) foi realizada pelo 'slingshot', sendo uma faixa de corte de quatro linhas. O 'slingshot' desloca-se sobre a segunda linha, realizando a derrubada da primeira linha por um lado, e da terceira e quarta, por outro, sendo as pilhas formadas após o processamento posicionadas entre a terceira e a quarta linha de corte. A etapa final foi a extração da madeira com o Forwarder, cujo procedimento operacional foi similar ao descrito para o subsistema 2; neste caso, no entanto, devido a distância entre as pilhas formadas nos eitos de trabalho ser menor, proporcionavam-se condições para que o carregamento fosse realizado por ambos os lados (direito e esquerdo). Em todos os

sistemas o comprimento das toras era de 6 m e a mão-de-obra utilizada foi toda própria.

Coleta de dados

Segundo a metodologia proposta por Barnes (1968), primeiramente foi realizado um estudo piloto dos subsistemas de colheita analisados, buscando-se definir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, por meio da seguinte expressão:

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2}$$

em que:

- n - número mínimo de ciclos necessários
- t - valor de t, para o nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade
- CV - coeficiente de variação, em percentagem
- E - erro admissível, em percentagem

Considerando-se o número de observações necessárias e se levando em consideração as faixas de corte normalmente utilizadas pela empresa, definiu-se o tamanho da área a ser explorada por cada subsistema que proporcionasse o número mínimo de observações a serem coletadas. A partir desse ponto, selecionou-se um talhão, que seria explorado na seqüência pela área de colheita florestal; foram, então, alocadas três parcelas de 42 linhas de plantio cada uma; depois de alocadas no campo, com o auxílio da equipe de inventário da empresa, fez-se o inventário, de cada parcela; paralelamente ao inventário realizou-se o censo de cada parcela obtendo-se o número exato de árvores existentes nestas. Com os resultados apresentados na Tabela 1, estratificou-se cada parcela, segundo o volume médio por árvore.

Tabela 1. Características dendrométricas das parcelas

Parcela	DAP (cm)	Altura (m)	Vol. ha ⁻¹ m ³	Arvores há ⁻¹	Vol. árvore ⁻¹ m ³
A (6,3 ha)	9,0	13,9	133,7	1375	0,054
B (6,3 ha)	9,7	15,2	171,3	1431	0,068
C (6,3 ha)	10,4	15,5	189,9	1469	0,079

DAP - Diâmetro a altura de 1,30 m; Vol - Volume com casca

Análise técnica

A análise técnica do 'slingshot' em cada subsistema analisado, baseou-se nos seguintes parâmetros:

a) Estudo de tempo e movimentos: utilizou-se o método de tempo contínuo; foram utilizados no estudo um cronômetro sexagesimal, uma prancheta e formulários específicos, nos quais foram registrados os dados, os tempos dos elementos do ciclo na forma sexagesimal e, posteriormente, convertidos para a forma centesimal, mais comumente empregada neste tipo de estudo.

b) Produtividade: a produtividade do 'slingshot' foi determinada em metros cúbicos com casca por hora efetiva de trabalho, para cada parcela, sendo a produtividade representativa de cada subsistema a média das três parcelas.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{número de árvores} \times \text{volume por árvore}}{\text{horas efetivamente trabalhadas}}$$

número de árvores - foi obtido através de um censo completo realizado a priori, em cada parcela experimental

volume por árvore - é o volume médio por árvore em cada parcela, obtido através do inventário da área

horas efetivamente trabalhadas - são as horas efetivas de trabalho gastas em cada parcela experimental, obtidas por meio do estudo de tempos e movimentos e da coleta das horas efetivas trabalhadas em cada subsistema

Análise econômica

A análise econômica do 'slingshot' em cada subsistema analisado, baseou-se nos parâmetros seguintes:

a) Custo operacional: os custos operacionais do 'slingshot' foram obtidos diretamente da planilha de custos da empresa em que foi realizado o trabalho, englobando:

- Custos fixos: depreciação, juros e seguros;
- Custos variáveis: combustíveis, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, esteiras, manutenção e reparos, transporte de pessoal e maquinário e custos de pessoal operacional.

O custo operacional total foi encontrado somando-se os custos fixos e os variáveis mais o custo de administração.

b) Custo de produção: O custo de produção foi obtido pela divisão dos custos operacionais (US\$ ha⁻¹) pela produtividade (m³ com casca ha⁻¹) do 'slingshot', dentro de cada subsistema estudado.

c) Rendimento energético: o rendimento energético foi obtido pela razão entre o consumo específico de combustível (g kW⁻¹ ha⁻¹) e a produtividade com casca (m³ ha⁻¹) do 'slingshot', dentro de cada subsistema estudado, tendo sido dado em g kW⁻¹ m³ com casca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

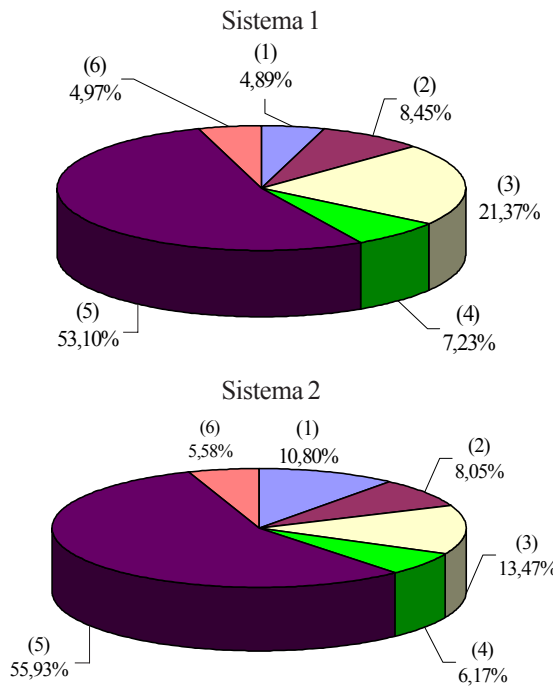
Estudo de tempo e movimentos

O 'slingshot' desempenhava funções semelhantes nos subsistemas 1 e 2, encontrando-se, desta forma, os mesmos elementos operacionais, representados na Figura 2.

Esses valores correspondem a um ciclo operacional de corte composto de aproximadamente 8,0 e 6,67 árvores em média, nos subsistemas 1 e 2, respectivamente. Notou-se que o tempo gasto com o elemento processamento em ambos os subsistemas, abrangeu mais da metade do ciclo operacional do 'slingshot', e esses tempos foram muito semelhantes entre os subsistemas 1 e 2.

Os tempos dos elementos deslocamento do cabeçote vazio e carregado, também foram muito similares nos dois subsistemas, e responsáveis, juntos, por cerca de 14 a 15% do tempo total do ciclo. Os elementos que apresentaram as maiores diferenças foram os elementos deslocamento da máquina-base, que corresponderam a 4,89 e 10,80%, nos subsistemas 1 e 2, respectivamente, e o elemento pega do feixe, que correspondeu a 21,37 e 13,47%, nos subsistemas 1 e 2, respectivamente.

Em relação ao deslocamento da máquina-base, no subsistema 1 os feixes arrastados pelo Skidder foram posicionados mais próximos uns dos outros em relação ao



(1) - Deslocamento máquina base; (2) - Deslocamento do cabeçote vazio; (3) - Pega do feixe; (4) - Deslocamento do cabeçote carregado; (5) - Processamento; (6) - Interrupções

Figura 2. Composição percentual do tempo total do ciclo operacional do 'slingshot', nos subsistemas 1 e 2

subsistema 2. Por ser menor a distância entre os feixes era também menor, conseqüentemente, a distância que o slingshot tinha que se deslocar para processar um novo feixe ao terminar o processamento do feixe anterior, resultando em menor tempo de deslocamento da máquina-base, indicando que esse tempo médio de deslocamento da máquina-base teve relação direta com o número médio de árvores em cada parcela pois, quanto maior o número de árvores na parcela, maior também o número de feixes formados e mais próximos eles estarão; com isso, a distância de deslocamento de um feixe para o outro será menor.

Quanto ao elemento pega do feixe, no subsistema 1, na extração o Skidder, ao pegar o feixe pela própria ação da pinça traseira, de certa forma o compactava mais em certos casos, sobrepondo algumas árvores em relação às outras; assim, o slingshot, ao efetuar a pega das árvores no feixe para iniciar o processamento, tinha que, em alguns casos, realizar alguns movimentos para desvencilhar uma árvore da outra, o que aumentava o tempo total do elemento. No subsistema 2 o operador do Feller-Buncher era orientado para formar feixes com menor número de árvores, de modo que estas ficassem mais dispersas no feixe, facilitando a pega pelo 'slingshot'. O ciclo operacional total do 'slingshot' gastou, em média, 63,53 e 66,91 s, nos subsistemas 1 e 2, respectivamente.

Na Figura 3 se observa a distribuição dos elementos parciais que compuseram o ciclo operacional do 'slingshot' no subsistema 3, cujos valores correspondem a um ciclo operacional de corte composto, em média, de 7 árvores. O elemento busca e corte foi o mais representativo, vindo em seguida o elemento processamento e, juntos, representavam cerca de 75% do tempo do ciclo total. Os elementos deslocamento sem carga e deslocamento carregado representaram, juntos, cerca de 21%

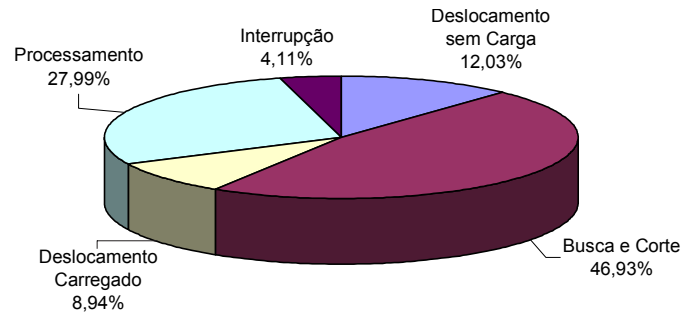


Figura 3. Composição percentual do tempo total do ciclo operacional do Slingshot no subsistema 3

do tempo total do ciclo, sendo o restante, cerca de 4%, gastos com interrupções operacionais. O ciclo operacional do 'slingshot' no subsistema 3, em razão do conjunto global dos dados gastou, em média, 138,82 s ou 2,31 min.

Tabela 2. Produtividade do 'slingshot' em função do subsistema de colheita

Subsistema	Árvore h ⁻¹	m ³ h ⁻¹ *
1	624	41,41
2	526	35,02
3	198	13,27

* cc - com casca

Produtividade

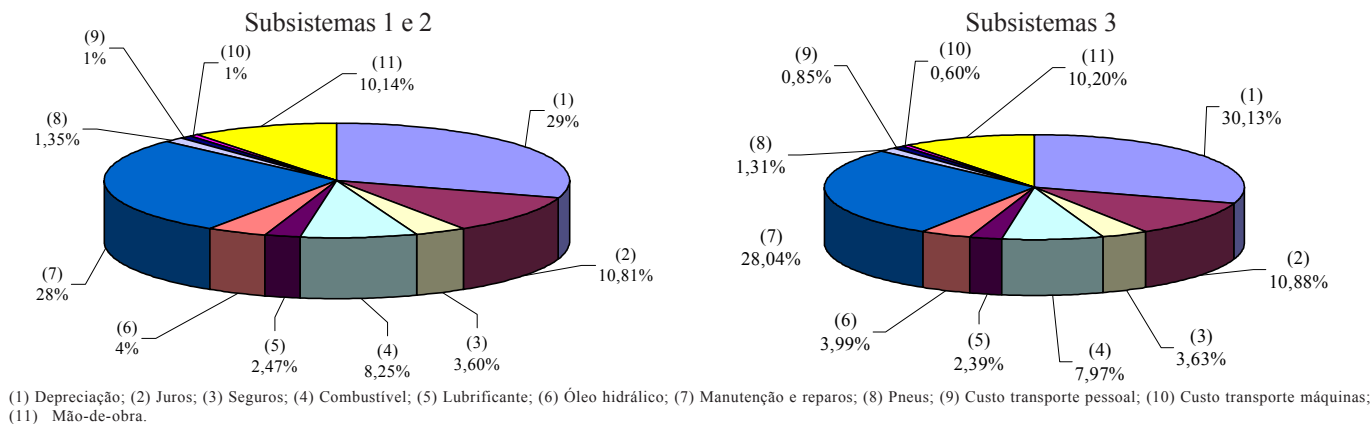
Na Tabela 2 tem-se a produtividade do 'slingshot' em termos de árvores abatidas e metros cúbicos com casca, por hora efetiva de trabalho.

O desempenho do equipamento no subsistema 3 mostrou-se bem inferior aos subsistemas 1 e 2, em termos de número de árvores abatidas por hora efetiva, devido à função dupla (derrubada e processamento) exercida pelo 'slingshot' neste subsistema. O 'slingshot' apresentou, no subsistema 3, tempo médio por ciclo de 118,51 e 107,47%, maior que nos subsistemas 1 e 2, respectivamente, gerando rendimento inferior em 215,30 e 165,56% em termos de árvores abatidas por hora de efetivo trabalho, para os subsistemas 1 e 2, respectivamente.

Analisando-se o rendimento em termos de volume por unidade de tempo, notou-se que o subsistema 1 teve rendimento superior em 18,25% em relação ao subsistema 2; esta diferença se deveu ao menor tempo total e ao maior número de árvores abatidas por ciclo, gerando menor tempo médio por árvore neste subsistema. O subsistema 3 apresentou queda de 212,05 e 163,90% em relação aos subsistemas 1 e 2, respectivamente, cuja causa foi a mesma já descrita. Com o aumento no volume médio por árvore, ocorreu aumento no rendimento do slingshot, em termos de volume por unidade de tempo, independentemente do subsistema de colheita.

Custo operacional

Para os subsistemas 1 e 2 e se considerando uma taxa de juros de 12% a.a. e uma eficiência operacional de 77%, chegou-se ao custo/hora de trabalho efetivo de US\$68,45. Os custos fixos corresponderam, neste caso, a mais ou menos 43,83%, e os custos variáveis, a aproximadamente 54,98% dos custos totais, respectivamente; o custo de administração foi da ordem de 1,20% dos custos totais (Figura 4).



(1) Depreciação; (2) Juros; (3) Seguros; (4) Combustível; (5) Lubrificante; (6) Óleo hidráulico; (7) Manutenção e reparos; (8) Pneus; (9) Custo transporte pessoal; (10) Custo transporte máquinas; (11) Mão-de-obra.

Figura 4. Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do 'slingshot' nos subsistemas em que ele atuou

No caso do subsistema 3 e levando em conta a mesma taxa de juros e uma eficiência operacional de 74%, chegou-se ao custo h^{-1} efetivamente trabalhada, de US\$ 70,78. Os custos fixos e variáveis, neste caso, corresponderam a aproximadamente 44,05% e 54,63% dos custos totais, respectivamente; o custo de administração foi da ordem de 1,33% dos custos totais (Figura 4).

Custo de produção e rendimento energético

Como o custo operacional e o consumo de combustível do slingshot foram considerados os mesmos para os subsistemas 1 e 2, o que determinou a variação no custo de produção e no rendimento energético foi a produtividade alcançada pelo slingshot em cada subsistema. O maior custo de produção e o pior rendimento energético no subsistema 3 foram devidos ao maior custo operacional e, sobretudo, à baixa produtividade do slingshot em relação aos outros subsistemas analisados (Tabela 3).

Tabela 3. Custo de produção e rendimento energético do Slingshot, em função do subsistema de colheita

Subsistema	Custo de Produção US\$ $m^{-3} cc^*$	Rendimento Energético $g kW^{-1} m^3 cc^*$
1	1,67	3,60
2	2,02	4,37
3	5,47	11,42

* cc - com casca

O custo de produção e o rendimento energético decresceram à medida que se aumentou o volume médio por árvore, em virtude do aumento na produtividade do slingshot quando se aumentou o volume médio por árvore.

CONCLUSÕES

1. O elemento processamento nos subsistemas 1 e 2 abrangeu mais da metade do ciclo operacional sendo esses tempos muito próximos.

2. Os elementos que apresentaram as maiores diferenças foram deslocamento da máquina-base, que correspondeu a 4,89 e 10,80%, nos subsistemas 1 e 2, respectivamente, e o elemento pega do feixe, correspondente a 21,37 e 13,47%, respectivamente.

3. No subsistema 3 os elementos busca e corte e processamento representaram, juntos, cerca de 75% do tempo do ciclo total.

4. A produtividade do 'slingshot' no subsistema 3 mostrou-se bem inferior aos subsistemas 1 e 2, em termos de número de árvores abatidas e metros cúbicos por hora efetiva, devido à função dupla (derrubada e processamento) exercida pelo 'slingshot'.

5. Nos subsistemas 1 e 2 chegou-se a um custo operacional de US\$ 68,45. No caso do subsistema 3, esse custo foi de US\$ 70,78.

6. Os custos de produção do 'slingshot' foram de US\$ 1,67; 2,02 e 5,47 m^{-3} (com casca), nos subsistemas 1, 2 e 3, respectivamente. O rendimento energético foi de 3,60; 4,37 e 11,42 $g kW^{-1} m^{-3}$ (com casca).

LITERATURA CITADA

- Bagio, A.J.; Stohr, G.W.D. Resultados preliminares de um levantamento dos sistemas de exploração usados em florestas implantadas no sul do Brasil. *Revista Floresta*, Curitiba, v.9, n.2, p.76-96, 1978.
- Barnes, R.M. Motion and time study: design and measurement of work. 6.ed. New York: John Willey & Sons, 1968. 799p.
- DURATEX, Equipe técnica. Colheita da madeira em florestas com baixo volume por árvore. In: *Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal*, 4, 1999, Campinas. Anais....Campinas: Sociedade de Investigações Florestais, 1999. p.54-72.
- Garlipp, R.C.D. *O boom da certificação florestal: é preciso garantir a credibilidade*. *Revista Silvicultura*, São Paulo, v.17, n.61, p.17-22, 1995.
- Machado, C.C. Planejamento e controle de custos na exploração florestal. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 138p.
- Tanaka, O.P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, n.141, p. 24-30, 1986.
- Valverde, S.R. A contribuição do setor florestal para o desenvolvimento socioeconômico: uma aplicação de modelos de equilíbrio multissetoriais. Viçosa, UFV, 2000. 105p. Tese Doutorado