

KARLA EUNICE DE FREITAS

**Análise técnica e econômica da colheita
florestal mecanizada**

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica e de Produção da Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a conclusão do curso de Engenharia de Produção.

Orientador

Prof. Luciano José Minette

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

Aos meus pais, ao Humberto e à minha irmã, pela credibilidade,
pela ajuda e estímulo constante, pela
amizade e pelo
carinho.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Elétrica e de Produção pela possibilidade de aprendizagem.

Ao professor Luciano José Minette, pela amizade, orientação e fundamental estímulo que foram de suma importância para realização deste trabalho. Ainda a este pela dedicação ao curso de Engenharia de Produção, contribuindo sempre para crescimento do mesmo.

À empresa na qual este estudo foi realizado, principalmente nas pessoas do Senhor José Antônio Elias Fardin pela oportunidade de realização deste trabalho e do Senhor João Alves, pelos grandes conhecimentos repassados, pela amizade, colaboração, dedicação e facilidades proporcionadas durante a coleta de dados.

Aos amigos que conquisei ao longo deste período de formação acadêmica, pelo apoio e sobretudo pela amizade.

Sumário

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	v
Resumo	vi
Abstract	vi
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	2
2.1. A colheita florestal.....	2
2.2. A evolução e a mecanização da colheita florestal.....	2
2.3. Custos da colheita.....	3
3. Material e método.....	3
3.1. Caracterização da área de estudo	3
3.2. Desenvolvimento da metodologia.....	4
3.3. Definição da amostragem.....	4
3.4. Descrição do sistema de colheita florestal e das máquinas analisadas.....	4
3.4.1. Corte.....	4
3.4.2. Extração.....	4
3.4.3. Processamento	5
3.4.4. Transporte.....	5
3.5. Determinação dos custos operacionais e de produção das máquinas em estudo.....	5
3.6. Elementos do ciclo operacional e definição de parâmetros para diferentes modos de produção.....	9
4. Resultados e discussão	10
4.1. Custos operacionais	10
4.2. Análise Técnica.....	11
4.2.1. Análise dos elementos do ciclo operacional do <i>Feller-Buncher</i>	11
4.2.2. Análise da interrupção do funcionamento do motor ou não na hora do abate.....	12
4.2.3. Análise dos elementos do ciclo operacional do <i>Skidder</i>	13
4.2.4. Análise dos elementos do ciclo operacional do Traçador florestal.....	14
4.2.5. Análise da influência da pressão da garra no tempo de corte.....	14
4.2.6. Análise dos elementos do ciclo operacional do Carregador florestal.....	15
4.2.7. Análise do tamanho da carga.....	15
5. Conclusão.....	16
6. Sugestões.....	17
Referências bibliográficas.....	18
Anexo A.....	19

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Relação dos custos operacionais das máquinas.....	11
Tabela 2 – Análise estatística das variáveis motor ligado direto e motor com interrupções.....	12
Tabela 3 – Análise estatística das variáveis pressões na correia da garra de 690 e 720 psi..	15

Lista de Figuras

Figura 1 – Elementos do ciclo operacional do <i>Feller-Buncher</i>	12
Figura 2 – Análise dos elementos operacionais do <i>Skidder</i>	13
Figura 3 – Tempo de arraste em função da distância percorrida.....	13
Figura 4 – Análise dos elementos operacionais do Traçador Florestal.....	14
Figura 5 – Composição percentual do tempo total do ciclo operacional do Carregador.....	15
Figura 6 – Composição percentual do tempo do ciclo total do Carregador com o preenchimento de carga além do limite considerado “normal”	16

RESUMO

FREITAS, Karla Eunice de, T.G. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2005. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada.** Orientador: Luciano José Minette.

O presente estudo foi realizado no setor florestal de uma empresa do ramo de mineração localizada no município de Niquelândia no Estado de Goiás, objetivando-se analisar técnica e economicamente as quatro etapas da colheita totalmente mecanizada de madeira de eucalipto correspondentes ao corte, à extração, ao processamento e ao transporte.. Para a análise técnica, comparou-se diferentes modos de produção em termos de produtividade por hora efetiva e observou-se os tempos dos elementos do ciclo operacional de cada máquina estudada. Economicamente determinou-se os custos de produção de cada máquina que atua nestas etapas. Após o estudo concluiu-se que o maior custo de produção foi o da máquina *Feller-Buncher*, que atua na etapa de corte. Na análise dos diferentes modos de produção não se diferenciaram estatisticamente os modos para o *Feller-Buncher* e para o Traçador florestal. Entretanto, para o Carregador florestal houve estatisticamente diferença entre o tempo de preenchimento dos dois diferentes tamanhos de carga.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da economia brasileira a partir da década de 90, o setor florestal brasileiro sofreu várias mudanças como a implementação de modernas máquinas e equipamentos para adaptação ao mundo globalizado e à abertura do mercado nacional.

Por possuir um imenso território, o Brasil detém grande parte dos recursos naturais mundiais, o que contribui para fazê-lo destaque neste setor em nível político internacional, gerando diversos empregos e aumentando o faturamento do País. O crescimento da demanda dos produtos florestais incentivou o melhor planejamento dos processos produtivos das empresas, valorizando conseqüentemente o grau de competitividade das mesmas.

Dentro deste setor, uma das atividades considerada mais importante é a colheita florestal, visto ser a mais onerosa em termos de custo de produção.

A colheita florestal, segundo ARCE, MACDONAGH e FRIEDL (2004), representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal.

Esta atividade é a que também mais sofre o processo de mecanização. De acordo com FONTES (1996), as principais causas da crescente mecanização desta atividade são a busca do aumento da produtividade e a necessidade de redução dos custos de produção.

Entretanto, este processo de mecanização requer investimentos iniciais muito altos e, dependendo da forma de condução do sistema, pode haver grande desvalorização do produto final.

A redução dos custos da colheita é, segundo REZENDE *et. al.* (1997), vital para qualquer empresa, uma análise detalhada e por partes dos custos nos diferentes métodos de colheita tem um papel importante no entendimento dos mesmos, além de facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los.

Logo, o aumento da qualidade, a racionalização dos processos e a otimização de custos são itens de suma importância para um melhor desempenho desta atividade.

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar técnica e economicamente a colheita florestal mecanizada. Especificamente, objetivou-se:

a) Determinar os custos operacionais e de produção das máquinas que atuam nas etapas do sistema de colheita florestal;

- b) Identificar e analisar os elementos do ciclo operacional de cada máquina;
- c) Analisar e comparar diferentes métodos de produção nas etapas de corte, processamento e transporte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A colheita florestal

Conway, 1976, citado por VALVERDE (1995), definiu colheita florestal como “o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final. Dependendo da situação, a operação de colheita envolve também o planejamento da operação, a medição, o recebimento no pátio da indústria e a comercialização da madeira”.

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto, condições gerais da área de colheita e, portanto, o sistema de colheita e processamento a ser utilizado será uma função de um conjunto de fatores condicionantes. Para cada grupo de condições específicas certamente existe um método e um sistema de colheita mais indicado, a serem selecionados para que se proceda a colheita e o beneficiamento da madeira (SILVA et al., 2003).

2.2. A evolução e a mecanização da colheita florestal

Segundo MOREIRA (2000), os primeiros sistemas de colheita no Brasil eram os manuais, usados em sua maioria na exploração de florestas nativas, sem preocupação com a racionalização e produtividade das atividades. Atualmente essa forma de produção ainda é utilizada, embora em pequena escala, geralmente na obtenção de madeira para uso doméstico.

De acordo com Volpato, citado por VALVERDE (1995), o processo de modernização das operações teve início na década de 70, quando começou a produção de maquinário leve e de porte médio para fins florestais e de lá para cá a indústria tem fornecido vários tipos de máquinas e equipamentos ao setor florestal.

O processo de mecanização com a utilização de máquinas de última geração, para PACCOLA (2003), teve início nos anos 90 e hoje muitas empresas já dominam parte deste

processo. Méritos devem ser atribuídos a todos que, de forma muito rápida, conseguiram introduzir esta tecnologia nas empresas.

Os ganhos foram muitos, pois estas máquinas permitem trabalho ininterrupto e fornecem altas produções. Agora, com a segunda geração de máquinas em operação, percebe-se que é necessário extrair melhores resultados das operações. Neste sentido, todas as atividades envolvidas estão sempre sendo analisadas.

2.3. Custos da colheita florestal

A colheita florestal compreendida em suas três atividades básicas, ou seja, corte, extração e transporte segundo TANAKA (1986) apresenta-se como o item de maior custo das atividades, podendo representar, aproximadamente, 80% do custo do m³ de formação da floresta em condições de corte.

No Brasil, como afirmam MACHADO e LOPES (2000), a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor. A seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais de colheita e transporte florestal.

O custo operacional de uma máquina, segundo HARRY *et al.* (1991), é o somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. O seu conhecimento é uma etapa de fundamental importância para o planejamento e o controle de sua utilização. A variação deste custo é influenciada, principalmente, pela eficiência operacional e pela jornada de trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido em povoamentos de eucalipto de uma empresa, localizada no sudeste do município de Niquelândia, no estado de Goiás, Brasil. Com 650 metros de altitude este município possui clima tropical úmido sendo que a temperatura média do município situa-se em torno de 32° C.

Segundo SOUZA (2003), esta empresa estruturou-se em Niquelândia, na década de 80, como empresa produtora de ferro-níquel. Sua produção de ferro-níquel gira em torno de 19.820 toneladas e a produção de níquel contido é de 6.000 toneladas ano.

3.2. Desenvolvimento da metodologia

O trabalho foi compreendido de duas etapas básicas. Primeiramente, determinou-se os custos operacionais das quatro máquinas que operam na colheita florestal. Logo após houve um acompanhamento seguido de uma coleta de dados dos elementos do ciclo operacional e de alguns diferentes modos de produção dessas máquinas de acordo com a necessidade da empresa.

3.3. Definição da amostragem

Para análise dos elementos do ciclo operacional de cada máquina definiu-se o número de observações necessárias através da metodologia de BARNES (1968), onde:

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2} \text{ em que;}$$

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 porcentagem; e E = Erro admissível, em porcentagem.

3.4. Descrição do sistema de colheita florestal e das máquinas analisadas

O método de colheita florestal utilizado pela empresa é o totalmente mecanizado. Faz-se a colheita de árvores inteiras e o processo envolve as quatro etapas relacionadas a seguir:

3.4.1. Corte

O Trator florestal derrubador-embandeirador de disco (*Feller-Buncher*) utilizado nesta etapa é composto de uma escavadeira hidráulica com esteiras e um cabeçote de corte acumulador com disco de corte. Inicialmente esta máquina fixa suas garras a uma determinada altura da árvore fazendo um corte raso. Logo após esta árvore é estocada no braço acumulador. Este procedimento se repete até a capacidade total da máquina. Em seguida, as árvores são amontoadas na própria floresta, em feixes, de forma a facilitar a próxima etapa que equivale à extração.

3.4.2. Extração

Esta etapa consiste no arraste das madeiras amontoadas na etapa anterior até a margem da estrada. O modo de transporte ocorre com o traçamento e arraste do feixe de madeiras pelo *Skidder* que de acordo com MACHADO (1984) é um trator arrastador projetado com finalidades

exclusivas para as operações de exploração florestal. Na empresa em estudo o *Skidder* possui uma lâmina frontal e uma pinça na parte traseira.

3.4.3. Processamento

Nesta fase, a madeira acumulada na beira da estrada é transformada em feixes menores e mais padronizados. Para isso a empresa utiliza o Traçador florestal que é uma máquina de esteiras projetada para trabalhar como retro escavadeira. Houve uma substituição no compartimento de carga posicionado na extremidade do braço por uma grua na qual adaptou-se um sabre com corrente na garra do equipamento.

Para padronização do tamanho das toras a empresa faz uso de uma tora padrão que é deslocada pelo próprio Traçador de acordo com a necessidade. Há também a utilização de toras para suporte da madeira que permanecerão em estoque até serem colocadas nos caminhões transportadores. Com este procedimento a secagem é facilitada, diminuindo-se a umidade da madeira e evitando-se também animais peçonhentos como cobras e escorpiões.

3.4.4. Transporte

Após o processamento faz-se o empilhamento dos feixes de madeira, através de um Carregador florestal, em caminhões transportadores. Esses caminhões se encarregam de levar os feixes até a unidade de processamento.

O carregador utilizado nesta etapa é também uma máquina de esteiras com a função de trabalhar como retro escavadeira. Houve a substituição do compartimento de carga na extremidade do braço por uma garra.

3.5. Determinação dos custos operacionais e de produção das máquinas em estudo

Analisou-se o custo operacional de cada máquina subdividindo-os em custos fixos, variáveis e administrativos, que foram expressos em dólares por hora efetiva de trabalho. O método a ser utilizado está descrito por HARRY *et al.* (1991) e complementado por MOREIRA (2000).

Custos fixos

São considerados fixos todos os custos que, periodicamente, oneram a empresa, independentemente do nível de atividade (SOUZA e CLEMENTE, 1998).

Logo, o tempo e a intensidade de funcionamento da máquina não alterarão estes custos. Eles subdividem-se em:

a) Depreciação

Depreciação pode ser definida como um processo que registra a perda de valor (devido a desgastes, danos e obsolescência) no decorrer de sua vida útil.

A depreciação por linha reta é considerada um método onde o preço decresce linearmente de um valor constante.

$$Dp = (Va - Vpn - Vr) / (N \times hf) \quad \text{onde;}$$

Dp = Custo de depreciação horária do capital (US\$/hf);

Va = Valor de aquisição dos equipamentos acrescidos de impostos, fretes e comissões de venda (US\$);

Vr = Valor de revenda do equipamento (US\$);

Vpn = Valor de um jogo de pneus (US\$);

N = Vida útil em anos;

hf = Horas efetivas de uso anual.

b) Juros e seguros

$$JS = (IMA \times i) / hf \quad \text{IMA} = [(Va - Vr) \times (N + 1)] / 2 \times N + Vr$$

onde;

JS = Custo com juros e seguros (US\$) por hora efetiva (hf);

I = Taxa de juros anuais + seguros anuais (%);

hf = Horas efetivas de uso anual;

IMA = Investimento médio anual.

Custos variáveis

São todos os custos e despesas que variam proporcionalmente ao nível de atividade. Esses custos e despesas dependem do nível de atividade (volume produzido x volume vendido) por período (SOUZA e CLEMENTE, 1998).

Nessa categoria estão incluídos os materiais diretos, os materiais auxiliares, as utilidades (força, vapor, insumos de processo, etc.), bem como as comissões de venda. Neste trabalho foi calculado:

a) Custo de combustíveis

De acordo com HARRY et al. (1991) o consumo de combustível de uma máquina é função da potência do motor, do fator de carga, da altitude, da temperatura, do tipo de combustível, etc. Para efeito de estimativa do custo de combustível podemos nos basear no consumo da máquina indicado pelo fabricante.

$$CC \text{ (US\$/ hf)} = P_u \times c \quad \text{onde;}$$

CC = Custo de combustíveis (US\$) por hora efetiva (hf);

P_u = Preço de um litro de diesel (US\$);

c = Consumo de óleo diesel por hora efetiva (l/hf).

b) Custo de lubrificantes e graxas

$$CLG \text{ (US\$/hf)} = P_{lg} \times C_{lg} \quad \text{onde;}$$

CLG = Custo de lubrificantes e graxas (US\$) por hora efetiva (hf);

P_{lg} = Preço unitário dos lubrificantes e graxas (US\$/l);

C_{lg} = Consumo horário de lubrificantes e graxas (l/hf).

c) Custo de óleo hidráulico

$$COH \text{ (US\$/hf)} = P_o \times C_o \quad \text{onde;}$$

COH = Custo de óleo hidráulico (US\$) por hora efetiva (hf);

P_o = Preço unitário de óleo hidráulico (US\$/l);

C_o = Consumo horário de óleo hidráulico (l/hf).

d) Custo de pneus

$$CP \text{ (US\$/hf)} = (N \times V_p) / H \quad \text{onde;}$$

CP = Custo de pneus (US\$) por hora efetiva (hf);

N = Número de pneus da máquina;

V_p = Valor de aquisição do pneu (US\$);

H = Vida útil do pneu em horas efetivas (hf).

e) Custo de manutenção e reparos

O custo de manutenção e reparos será estimado de acordo com o coeficiente técnico estipulado pela empresa que é de 60% do valor do custo de depreciação.

$$\text{CMR (US\$/hf)} = 0,6 \times \text{Dp} \quad \text{onde;}$$

CMR = Custo de Manutenção e Reparos (US\$) por hora efetiva (hf);

Dp = Depreciação (US\$/hf).

f) Custo de pessoal operacional e manutenção (COM)

De acordo com MOREIRA (2000), estes custos referem-se aos custos com salários diretos mais os benefícios e encargos sociais, como 13º salário, férias, seguros, cuidados médicos, alimentação, vestuário, etc.

g) Custo de administração

São os custos indiretos relacionados com a administração do trabalho e do maquinário. É calculado aplicando-se um coeficiente que varia de 5 a 15 % sobre os custos do maquinário e pessoal (HARRY et al.1991).

$$\text{CA (US\$/hf)} = \text{C} \times \text{k} \quad \text{onde;}$$

CA = Custo de administração (US\$/hf);

C = Soma parcial dos custos fixos e variáveis (US\$/hf);

k = Coeficiente de administração (%). Para este trabalho foram considerados como valores para k: 6, 8 e 12%.

h) Custo operacional total

Este custo será a soma dos custos fixos, custos variáveis e os custos de administração encontrados para cada etapa da colheita.

$$\text{CT (US\$/hf)} = \text{CF} + \text{CV} + \text{CA} \quad \text{onde;}$$

CT = Custo operacional total (US\$) por hora efetiva (hf);

CF = Custo fixo total (US\$) por hora efetiva (hf);

CA = Custo de administração total (US\$) por hora efetiva (hf);

i) Custo da produção

Este custo refere-se ao custo operacional total da máquina dividido pela produtividade de cada máquina.

$$C_{pr} \text{ (US\$/mst)} = CT / P \quad \text{onde;}$$

C_{pr} = Custo de produção da máquina;

CT = Custo operacional total da máquina (US\$/hf);

P = Produtividade da máquina analisada (mst/hf).

3.6. Elementos do ciclo operacional e definição de parâmetros para diferentes modos de produção

Definiu-se alguns parâmetros de comparação de diferentes modos produtivos nas etapas de corte, processamento e transporte. Para o estudo do tempo dos ciclos operacionais, foram coletados dados dos elementos parciais de um ciclo completo de operação das máquinas.

Na máquina *Feller-Buncher* os elementos parciais foram o deslocamento vazio (que ocorria com a procura de árvores para o abate), o corte (que se iniciava com o apoio do cabeçote ao chão e terminava com o corte da última árvore e o abraçamento da mesma) e o descarregamento (que ocorria logo após o corte e finalizava-se com o depósito das árvores no chão).

Para o *Skidder*, o primeiro elemento do ciclo operacional era a viagem vazia, que iniciava-se com o deslocamento do mesmo para procura dos feixes de madeira e finalizava-se quando o elemento carregamento dava início. Esse, por sua vez terminava após o fechamento das garras da pinça. O elemento arraste iniciava-se com o deslocamento do *Skidder* com as toras para a beira da estrada. Logo após, começava-se o elemento descarregamento que terminava com a liberação do feixe pela pinça, incluindo também as manobras realizadas na estrada.

A operação do Traçador florestal começava com o elemento deslocamento vazio que correspondia ao movimento da garra para busca de toras e ao somatório dos deslocamentos feitos na hora do corte. Logo após dava-se início ao elemento recolhimento de árvores. O corte começava com o acionamento da corrente e finalizava com o desligamento da mesma. Outros elementos estudados foram o registro do tempo que se consome para colocar a tora de madeira utilizada para padronização do tamanho e o tempo de posicionamento de madeiras utilizadas como suporte para as demais toras.

Para análise do Carregador florestal foram destacados o elemento deslocamento vazio, definido pelo deslocamento da garra da máquina no percurso do caminhão até o depósito de madeira, o elemento pega das toras que se iniciava com as manobras para recolhimento das toras e terminava com o fechamento da pinça, o elemento depósito da madeira que ocorria com o deslocamento da pinça cheia e o seu esvaziamento em cima do caminhão e, por último, as manobras adicionais que ocorriam quando se fazia o acerto das toras no caminhão.

Para todas as máquinas analisadas houve registro das interrupções e suas justificativas. Estas classificaram-se em interrupções mecânicas e em dificuldades operacionais que ocorriam durante o processamento.

Para um erro de amostragem de 5%, foram coletados 412 ciclos operacionais do *Feller-Buncher*. Para o *Skidder* foram coletados em cada um dos oito pontos de diferentes distâncias 35 ciclos operacionais. Foram coletados para o Traçador florestal 268 ciclos e para o Carregador florestal, coletou-se 251 ciclos.

De acordo com a necessidade da empresa, foram definidos alguns parâmetros de comparação para diferentes modos de operação, descritos a seguir:

Na etapa de corte há a opção de desligar o motor do disco cortante pertencente ao *Feller-Buncher* entre os elementos corte e descarregamento das árvores do ciclo operacional. Desligando-se o motor uma maior facilidade para deslocamento da máquina. Entretanto, o disco gasta um tempo para retornar à sua rotação ideal para o corte. Para grau de comparação foi coletado o número médio de árvores cortadas por três operadores com o motor do disco ligado direto e desligando-se o motor do disco.

Para a etapa de processamento, o Traçador florestal pode sofrer ajustes na pressão da corrente pertencente à sua garra traçadora. Esta pressão pode variar entre 680 a 780 psi. Para uma pressão mais alta, há maior força no corte, entretanto, a velocidade de corte diminui; para uma pressão mais baixa ocorre o contrário. Para efeitos de comparação coletou-se dados com a garra ajustada em duas diferentes pressões que foram de 690 psi e 720 psi.

Para a etapa de carregamento, o tamanho da carga nos caminhões pode variar. Para o preenchimento de uma carga considerada “normal” gasta-se um tempo padrão. O estudo analisou se para o acréscimo de algumas toras além desta capacidade normal este tempo padrão de preenchimento pode ou não aumentar consideravelmente, tendo em vista as dificuldades de colocação das últimas toras de madeira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Custos operacionais

Após a coleta dos dados (anexo A), seguido dos cálculos dos custos operacionais, verificou-se que o *Skidder* possuiu o maior custo fixo, sendo que a depreciação foi o que mais se destacou com 66% do total de custos fixos desta máquina. Os custos variáveis totais analisados se equipararam, numa média de 25% para cada.

Com relação aos custos administrativos não houve para as 4 máquinas em estudo diferença estatisticamente significativa pelo Teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

Os custos de produção, para um custo administrativo de 12% dividiram-se em 33% para o *Feller-Buncher*, 32% para o *Skidder*, 24% para o Traçador florestal e 11% para o Carregador florestal. Um maior detalhamento dos custos operacionais das máquinas pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação dos custos operacionais das máquinas

Custos Operacionais	<i>Feller-Buncher</i>	<i>Skidder</i>	Traçador florestal	Carregador florestal
Custos fixos (US\$/hf)	9,00	10,78	7,31	9,51
Custos variáveis (US\$/hf)	48,73	48,26	48,75	45,81
Custos administrativos - 6% (US\$/hf)	3,46	3,54	3,36	3,32
Custos administrativos - 8% (US\$/hf)	4,62	4,72	4,49	4,43
Custos administrativos - 12% (US\$/hf)	6,93	7,08	6,73	6,64
Custos de Produção - CA 6% (US\$/mts)	1,47	1,46	1,08	0,49
Custos de Produção - CA 8% (US\$/mts)	1,49	1,48	1,10	0,50
Custos de Produção-CA 12% (US\$/mts)	1,55	1,54	1,14	0,52

4.2. Análise técnica

4.2.1. Análise dos elementos do ciclo operacional do *Feller-Buncher*

O elemento que gastou mais tempo foi o corte que consumiu 53% do tempo do ciclo operacional, como pode ser visualizado na Figura 1. Isto equivaleria a 37,59 segundos em um ciclo unitário. Para o deslocamento vazio e o descarregamento o tempo médio foi respectivamente de 6,80 e 4,41 segundos.

Observou-se para o elemento corte que o tempo gasto variava de acordo com o modo de produção dos operadores da máquina. Alguns preferiam acumular um maior número de árvores e, conseqüentemente aumentavam o tempo gasto. Quando se era feito um menor acúmulo de

árvores, as manobras para o corte eram facilitadas, entretanto o tempo total do elemento depósito das árvores era maior.

As interrupções observadas foram com relação à eliminação de árvores de outras espécies que se encontravam em grandes quantidades em certos talhões próximos a matas nativas. As interrupções mecânicas eram, em sua maioria, causadas pelo vazamento de óleo em uma das mangueiras do cabeçote da máquina. Geralmente, os problemas mecânicos eram resolvidos nos próprios talhões em que a máquina atuava, o que reduzia o tempo parado do *Feller-Buncher*.

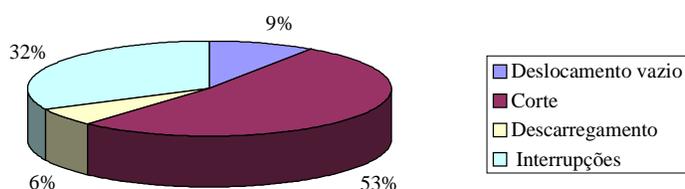


Figura 1 - Elementos do ciclo operacional do *Feller-Buncher*

4.2.2. Análise da interrupção do funcionamento do motor ou não na hora do abate

Não houve diferença estatística a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre os subsistemas motor ligado direto e interrupção do motor, como pode ser verificado na Tabela 2.

Considerando-se que os dados foram coletados com todos três operadores desta máquina e que cada um possui diferentes preferências de modo operacional, percebe-se uma certa habilidade de cada um em trabalhar com o motor ligado direto ou pausando-o.

Repetições	Estado do motor	
	Motor ligado direto (árvores/hf)	Motor com interrupção (árvores/hf)
1	282	330
2	294	288
3	213	204
4	300	315
5	257	262
Média	269,2 a	279,8 a

As médias seguidas das mesmas letras não se diferem, estatisticamente, entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2.3. Análise dos elementos do ciclo operacional do *Skidder*

Analisando-se a Figura 2 percebe-se uma mínima diferença de consumo de tempo entre os elementos arraste e deslocamento vazio onde o tempo médio correspondeu a 54,90 e 54,49 segundos, respectivamente. Outro elemento parcial que consumiu grande parte do tempo do ciclo foi o descarregamento, com tempo médio de 49,96 segundos. Já o carregamento consumiu um valor bem menor, equivalente a um tempo médio de 3,75 segundos por ciclo.

Notou-se que os elementos carregamento e descarregamento eram basicamente influenciados pela habilidade dos operadores e pela quantidade de feixes transportados. Quanto menor o feixe mais facilmente era realizado o seu carregamento e descarregamento.

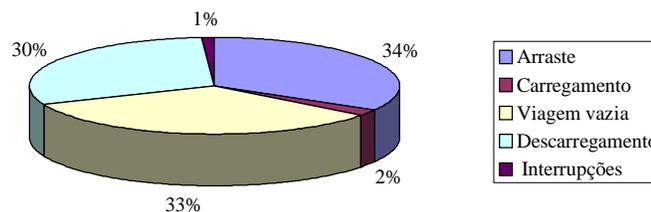


Figura 2 – Análise dos elementos operacionais do *Skidder*

A relação tempo gasto para o arraste versus distância percorrida (ver Figura 3) foi definida pela seguinte relação linear:

$$T = 0,52d - 6,45 \quad \text{onde } T = \text{tempo gasto para percorrer a distância } d.$$

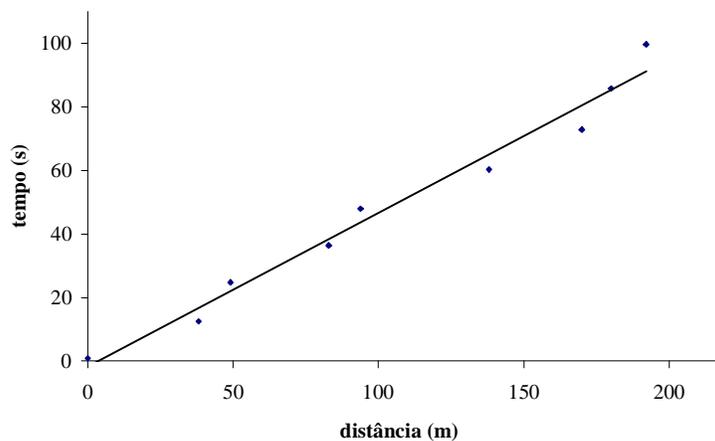


Figura 3 – Tempo de arraste em função da distância percorrida

Após o cálculo do coeficiente linear de regressão, percebe-se que aproximadamente 97% da variação no tempo gasto do elemento arraste é explicado pela distância percorrida. Os 3% restantes são explicados pelos obstáculos naturais presentes no caminho.

As interrupções observadas foram poucas consumindo apenas 1% do tempo do ciclo total. Em sua maioria corresponderam a rearranjos no empilhamento na beira da estrada e de alguns feixes na pinça que estavam mal colocados.

4.2.4. Análise dos elementos do ciclo operacional do Traçador florestal

Para o Traçador florestal os elementos corte das toras e deslocamento vazio consumiram praticamente o mesmo tempo médio por ciclo equivalendo a 19,51 e 19,68 segundos, respectivamente. Os ajustes gastaram um tempo médio por ciclo de 5,54 segundos. Já os elementos que ocorriam aleatoriamente aos ciclos correspondentes ao posicionamento para suporte, ao recolhimento das árvores e ao deslocamento da tora padrão consumiram respectivamente 9, 5 e 3 % do tempo total (Figura 3).

As interrupções corresponderam à limpeza do vidro que ficava embaçado quando chovia e a manutenções nas mangueiras da máquina onde freqüentemente ocorria o vazamento de óleo.

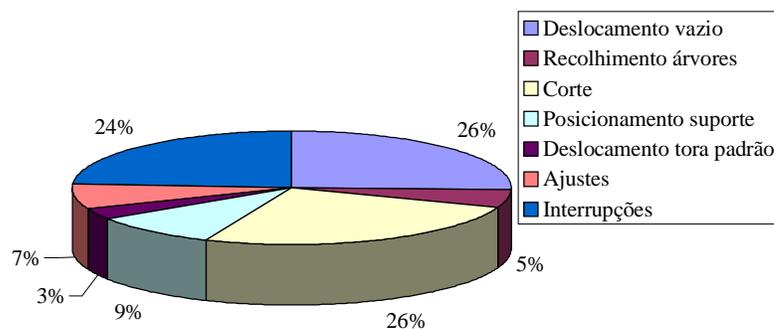


Figura 4- Análise dos elementos operacionais do Traçador Florestal

4.2.5. Análise da influência da pressão da garra no tempo de corte

Estatisticamente não houve diferença significativa, pelo teste de Tukey a uma probabilidade de 5%, com relação ao tempo de corte nas pressões da garra ajustadas em 690 e 720 psi. O tempo médio de corte pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise estatística das variáveis pressões na correia da garra de 690 e 720 psi

	Pressão da Correia da Garra (psi)	
	690	720
Tempo médio de corte (s)	21,88 a	20,57 a

As médias seguidas das mesmas letras não se diferem, estatisticamente, entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2.6. Análise dos elementos do ciclo operacional do Carregador florestal

A atividade que demandou maior tempo foi o depósito das toras nos caminhões, a qual utilizou metade do tempo do ciclo operacional, correspondente a um tempo médio de 42,67 segundos. A seguir veio a pega das toras que utilizou um tempo médio de 19,69 segundos. Em terceiro lugar ficaram as manobras adicionais, absorvendo em média 9,08 segundos por ciclo. Logo após, veio o deslocamento vazio consumindo 8% do tempo total (Figura 4).

As interrupções ocorreram principalmente com ajustes das toras nas carretas dos caminhões o que foge do padrão normal do ciclo. Isto era devido principalmente a pouca visibilidade do operador em relação à colocação das toras na carreta e ao não entendimento das instruções dadas pelo caminhoneiro através de um rádio comunicador.

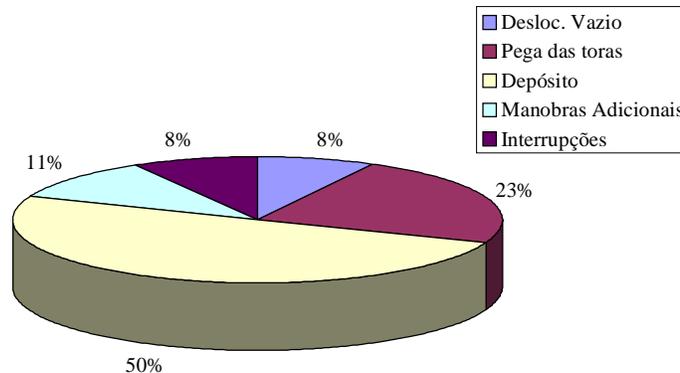


Figura 5 - Composição percentual do tempo total do ciclo operacional do Carregador

4.2.7. Análise do tamanho da carga

Os resultados demonstraram que para completar a carga do caminhão apenas com algumas toras foi gasto 23% do tempo de um ciclo total (Figura 5), o que aproxima de 38,05% do tempo de carga com o preenchimento do caminhão até à sua capacidade considerada normal.

Estes resultados demonstram o grande gasto de tempo para preenchimento com apenas algumas toras, acarretando também em um aumento de custo operacional da máquina.

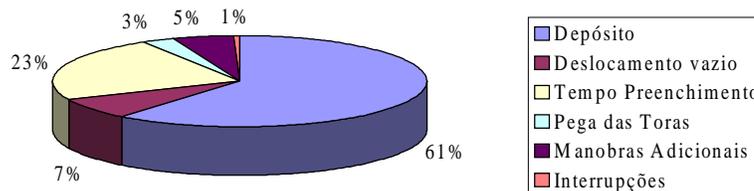


Figura 6 - Composição percentual do tempo do ciclo total do Carregador com o preenchimento de carga além do limite considerado "normal"

5. CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que o maior custo de produção foi o da máquina *Feller-Buncher*. O Carregador florestal obteve o menor custo de produção, em razão da alta produtividade do mesmo por hora efetiva de trabalho.

Para análise do *Feller-Buncher* não houve diferença estatística entre os subsistemas motor ligado direto e interrupção do motor. Para o Traçador florestal estatisticamente também não houve diferença entre as duas diferentes pressões ajustadas na garra. Entretanto, para o Carregador florestal, houve estatisticamente diferença entre o tempo de preenchimento dos dois tamanhos de carga.

Na análise do ciclo operacional o elemento que consumiu mais tempo no *Feller-Buncher* foi o corte, correspondendo a 53% do ciclo total. As interrupções consumiram 32% do tempo.

Para o *Skidder* o elemento que consumiu mais tempo foi o arraste, demandando 34% do ciclo, as interrupções observadas foram poucas influenciando apenas em 1% do tempo total.

Para o Traçador florestal os elementos corte das toras e deslocamento vazio foram os que mais demandaram tempo, consumindo cada um 26% do tempo do ciclo total. As interrupções corresponderam a 24% do ciclo.

O elemento que demandou maior tempo para o Carregador florestal foi o depósito das toras nos caminhões, que utilizou metade do tempo total do ciclo. As interrupções consumiram 8 % do tempo total.

Para todas as máquinas, observou-se uma grande influência do modo de operação dos trabalhadores, o que não significa que não deva existir um modo ideal de operação que otimize as habilidades de cada funcionário.

6. SUGESTÕES

Futuras investigações poderão ser feitas com relação aos modos de produção e às respectivas produtividades de cada operador, analisando-se também questões ergonômicas do modo de operação de cada máquina.

Percebeu-se um número excessivo de interrupções no funcionamento do Carregador florestal devido ao fato do vidro da cabine embaçar quando chovia. Logo, o desenvolvimento de um desembaçador automático poderia ser uma solução para este problema.

Outro aspecto interessante a ser estudado é a definição de uma carga ideal para transporte, tendo em vista as necessidades de recebimento da madeira para o processo e os custos de operação para preenchimento de carga. Poderia-se ainda considerar para o Carregador florestal a hipótese de se levantar a cabine do operador melhorando a visão do mesmo para preenchimento da carga nos caminhões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCE, J. E.; MACDONAGH P.; FRIEDL R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, v.28, n. 2, p. 383-391, 2004.
- BARNES, R. M. **Motion and time study: design and measurement of work**. 6.ed. New York: Jonh Willey & Sons, 1968. 799p.
- FONTES, J. M. **Desenvolvimento de um sistema informatizado para planejamento e controle de manutenção em máquinas florestais: SIPLAM**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- HARRY G.G.; FONTES J. M.; MACHADO C.C.; SANTOS S. L. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: Anais do I SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL 1991, Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991. p.57-75.
- MACHADO C. C.; LOPES E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Revista Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.
- MACHADO C.C.; **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa universitária, 1984. 138p.
- MOREIRA F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- PACCOLA J. E. Desafios da manutenção mecânica frente às inovações tecnológicas. In: Anais do 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL 2003, Belo-Horizonte: UFV/SIF, 2003. p.267-179.
- REZENDE, J.L.; FIEDLER, N.C.; MELLO, J.M.; SOUZA, A.P. **Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal**. Lavras: UFLA, 1997. 50p. (Boletim Agropecuário, 22).
- SILVA R. S.; FENNER P. T.; CATANEO A.; EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX. Desempenho de máquinas florestais de colheita: derrubador-processador slingshot sobre as esteiras. In: Anais do 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL 2003, Belo Horizonte: UFV/SIF, 2003. p.267-179.
- SOUZA A.; CLEMENTE A. Análise econômico-financeira de projetos, São Paulo, 1998. In: CLEMENTE A. **Projetos empresariais e públicos**, São Paulo: PUC, 1998. p. 144-179.
- TANAKA, O. P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, n.141, p. 24-30, 1986.
- VALVERDE S. R. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

ANEXO A

Dados de custos operacionais

Escavadeira hidráulica Caterpillar C (cabeçote de corte *Feller-Buncher* modelo M 37)

- 1) Trabalha em 2 turnos de 12 horas/dia
- 2) 365 dias ao ano
- 3) Eficiência operacional de 47 %
- 4) Produz em média 41,77 mst/hf
- 5) Custo de aquisição da máquina com impostos, fretes e comissões de venda: US\$ 199.658,62
- 6) Vida útil da máquina: 5 anos
- 7) Taxa de juros e seguros anuais: 10 %
- 8) Valor de revenda da máquina: US\$ 59.897,59
- 9) Custo de uma esteira ou pneu: US\$ 2.866,67 nº de esteiras: 2
- 10) Custo do litro de diesel: 1,67 H
- 11) Consumo de diesel: 18,6 L/h
- 12) Custo de lubrificante e graxa: 2,20 US\$/L
- 13) Consumo de lubrificantes e graxas: 170 Kg/mês
- 14) Custo de óleo hidráulico: 1,27 US\$ / L
- 15) Consumo de óleo hidráulico: 0,14 L/hf
- 16) Vida útil da esteira em hora efetiva: 5750 horas

Trator Florestal Caterpillar modelo 525 B - *Skidder*

- 1) Trabalha em 2 turnos de 12 horas/dia
- 2) 365 dias ao ano
- 3) Eficiência operacional de 43 %
- 4) Produz em média 43 mst/hf
- 5) Custo de aquisição da máquina com impostos, fretes e comissões de venda: US\$ 207.896,41
- 6) Vida útil da máquina: 5 anos
- 7) Taxa de juros e seguros anuais: 10 %
- 8) Valor de revenda da máquina: US\$ 62.368,93
- 9) Custo de uma esteira ou pneu: US\$ 6.200,00 nº de pneus: 2
- 10) Custo do litro de diesel: 1,67 US\$/L
- 11) Consumo de diesel: 10,8 L/hf
- 12) Custos de lubrificantes e graxas: 2,20 US\$/L
- 13) Consumo de lubrificantes e graxas: 0,32 Kg/mês
- 14) Custo de óleo hidráulico: 3,80 US\$/L
- 15) Consumo de óleo hidráulico: 0,07 L/hf
- 16) Vida útil do pneu em hora efetiva: 4.000 horas

Traçador florestal Catepillar Modelo 320 C

- 1) Trabalha em 2 turnos de 12 horas/dia
- 2) 365 dias ao ano
- 3) Eficiência operacional de 42 %
- 4) Produz em média 55 mst/hf
- 5) Custo de aquisição da máquina com impostos, fretes e comissões de venda: US\$ 132.247,66
- 6) Vida útil da máquina: 5 anos
- 7) Taxa de juros e seguros anuais: 10 %
- 8) Valor de revenda da máquina: US\$ 39.674,30
- 9) Custo de uma esteira ou pneu: US\$ 2.866,67 nº de esteiras: 2
- 10) Custo do litro de diesel: 1,67 US\$/L
- 11) Consumo de diesel: 18,3 L/hf
- 12) Custos de lubrificantes e graxas: 2,20 US\$/L
- 13) Consumo de lubrificantes e graxas: 0,32 Kg/hf
- 14) Custo de óleo hidráulico: 3,80 US\$/L
- 15) Consumo de óleo hidráulico: 0,12 L/hf
- 16) Vida útil da esteira em hora efetiva: 8.000 horas

Carregador florestal Caterpillar modelo 320

- 1) Trabalha em 1 turno de 12 horas/dia
- 2) 365 dias ao ano
- 3) Eficiência operacional de 57 %
- 4) Produz em média 120 st/hf
- 5) Custo de aquisição da máquina com impostos, fretes e comissões de venda: US\$ 126.964,50
- 6) Vida útil da máquina: 5 anos
- 7) Taxa de juros e seguros anuais: 10 %
- 8) Valor de revenda da máquina: US\$ 38.089,35
- 9) Custo de uma esteira ou pneu: US\$ 2.866,67 nº de esteiras: 2
- 10) Custo do litro de diesel: 1,67 US\$/L
- 11) Consumo de diesel: 18,3 L/hf
- 12) Custos de lubrificantes e graxas: 2,20 US\$/L
- 13) Consumo de lubrificantes e graxas: 170 Kg/mês
- 14) Custo de óleo hidráulico: 3,80 US\$/L
- 15) Consumo de óleo hidráulico: 0,10 L/hf
- 16) Vida útil da esteira em hora efetiva: 8.000 horas