



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Adriano de Paula Marques

**ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAVACOS
NO CAMPO**

Orientador: Prof. Dr. Wilson Ferreira de Mendonça Filho

Seropédica - RJ
Junho - 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Adriano de Paula Marques

**ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAVACOS
NO CAMPO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Ferreira de Mendonça Filho

Seropédica - RJ
Junho - 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAVACOS NO CAMPO

Comissão Examinadora:

Aprovado em 30 de Junho de 2010

Prof. Wilson Ferreira de Mendonça Filho
(UFRRJ/IF/DS)
Orientador

Prof. Tokitika Morokawa
(UFRRJ/IF/DS)
Membro Titular

Prof. Edvá de Oliveira Brito
(UFRRJ/IF/DPF)
Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico

*Aos meus pais. Por todos os sacrifícios realizados,
para realização dos meus sonhos e conquistas.
Obrigado mãe e pai.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar presente em todos os meus momentos e por colocar a todos os instantes pessoas imprescindíveis que contribuem para meus objetivos e minha caminhada.

Aos meus pais Sandra de Fátima da Silva Marques e Vicente de Paula Marques por toda educação e princípios passados para minha formação pessoal e ética; sem esquecer todo o sacrifício dispensando em todos esses anos, possibilitando melhores oportunidades na minha vida.

Aos amigos de infância Jefferson, Linderson, Mateus e João Mauricio por compartilharem grandes períodos que marcaram nossas vidas e pela belíssima amizade que persiste mesmo na distância.

Ao conselheiro José Marcio que acredita no meu potencial, incentivando-me e mostrando os caminhos a serem trilhados. Ao padrinho Adriano Veiga pelo apoio pessoal e técnico.

Agradecer amigos de turma 2005-II é complicadíssimo, porque a formulação da mesma possibilitou criar vínculos e afinidades, mas em especial, Dandara, Elton, Norton pela nossa formação do “Quarteto Fantástico” e a minha amiga de turma e de intercâmbio Amélia. Aos amigos e parceiros do alojamento dos quartos 221, 222 e especialmente aos moradores do quarto 223, pela companhia nestes anos de rural e por terem ensinado como viver adequadamente o ritmo frenético da universidade. A Flora Júnior, empresa que proporcionou a grande alternativa acadêmica de aprender, aplicar e desenvolver características empreendedoras, ressaltando todas as pessoas que pela empresa passaram (Flora membros e associados), possibilitando este crescimento pessoal e profissional.

A UFRuralRJ, Instituto de Florestas (professores e técnicos) pela dedicação e esforços para realização de atividades e ensinamentos para construção adequada de profissionais éticos e eficazes, com ênfase ao Professor e Orientador Wilson Mendonça que nos últimos meses com toda sua calma conteve a minha euforia e pela orientação na vida acadêmica e profissional.

A Votorantim Celulose e Papel e seus funcionários pela valiosíssima oportunidade de estágio, na qual contribuiu demasiadamente para o meu crescimento profissional e por todo apoio técnico proporcionado.

Ao profissional Luiz Sergio, pela contribuição na indicação de trabalhos referentes à revisão e as referências bibliográficas, enriquecendo o meu conhecimento e fortalecendo a conclusão deste trabalho.

Ao colega e profissional que obtive o grande privilégio de conhecer que mesmo em pouco tempo de convivência ganhou toda a minha admiração e meu afeto, Carlos Antônio Lobão (*in memoriam*).

RESUMO

A produção de cavacos no campo é uma excelente alternativa para o segmento de celulose, tendo em vista, o maior aproveitamento da madeira disponível de cada uma das árvores processadas, ou seja: o ganho de biomassa em relação aos demais sistemas tradicionais, a qualidade dos cavacos produzidos semelhantes aos obtidos em Picadores fixos e por permitir estratégias diferenciadas quanto ao abastecimento das fábricas e maior flexibilidade de planejamento estratégico operacional.

Para uma produção constante de cavacos no campo é necessário um maior conhecimento das variáveis de interferência na produtividade e no planejamento operacional, para com isto ajustar o sistema e os itens que o compõem, com consequente aumento da produtividade e da rentabilidade.

Para o estudo do sistema de produção de cavacos no campo foi realizada a coleta de dados, no município de Capão Bonito, estado de São Paulo, longitude de 48°18'45''W e latitude de 24°03'45'' em área suavemente ondulada, clones de *Eucalyptus* com 7 anos de idade, volume médio de 0,30 m³ e espaçamento 3 x 2 metros, que consistiu em visitas ao campo, a fim de acompanhar as atividades do sistema e a análise dos fatores de intervenções nas operações, determinado através de técnicas de estudo do tempo do trabalho.

Foi identificado que o sistema de produção de cavacos no campo possui diversos fatores que interferem na produtividade dos equipamentos florestais e na operacionalidade do sistema, dentre eles, o *Feller-Buncher* que é alterado produtivamente pelo número de árvores abatidas por ciclo e o tempo de movimento necessário para realizar o abatimento. O *Clambunk Skidder* devido a sua particularidade de atuação e formato dos talhões é influenciado pela distância de arraste e o *Picador* por sua característica operacional depende da disponibilidade de árvores transferidas pelo *Clambunk Skidder*. O planejamento operacional é extremamente importante para a funcionalidade e manutenção produtiva do sistema, sendo que o *Picador* é alterado operacionalmente pela continuidade de caminhões presentes para o carregamento e o *Clambunk Skidder* pelo deslocamento dentro do talhão devido ao layout da área de colheita. O conjunto intervenções de ordem operacional, pessoal e mecânica causaram impacto no tempo produtivo operacional dos equipamentos, sendo que o *Feller-Buncher* sofreu mais intensamente com 16% de interrupções mecânicas, o *Clambunk Skidder* 23% de interrupções operacionais e o *Picador* também com 38 % das interrupções operacionais. A junção destes fatores afetou o tempo produtivo das atividades de cada equipamento, alterando diretamente a continuidade da atividade produtiva do sistema, ficando em 71% do tempo produtivo para o abate e empilhamento das árvores, 58% para a extração das árvores e 56% para o processamento, causando grande variação no sistema.

O custo final de produção de cavacos no campo está intrinsecamente ligado às características produtivas, operacionais e mecânicas do sistema que apresentou o *Picador* como sendo o equipamento que mais impacta o custo unitário (R\$/m³) com 61%, enquanto o *Clambunk Skidder* participa com 25% e o *Feller-Buncher* com 14%. O custo total de produção do sistema foi de R\$17,20 por metro cúbico de cavaco.

Palavra chave: Cavaco, colheita florestal, operacional, produtividade.

ABSTRACT

Field chip production it is an excellent alternative to the wood pulp segment consider the increased use of wood available for each tree processed, the gain of biomass in comparison to other conventional systems, the quality of chips produced similar to those obtained in fixed chippers and for allowing different strategies regarding factory supply and greater operational flexibility for strategic planning.

For a constant field chip production it is necessary a greater knowledge of the variables that influences the productivity and operational planning, to adjust system and its components, with a consequent increase in productivity and profitability.

To study the chip production system was performed a data field collection in the city of Capao Bonito, Sao Paulo, longitude 48°18'45"W and latitude 24°03'45" undulated area, clone of *Eucalyptus* with 7 years of age, average volume of 0.30 m³ and spacing 3 x 2 meters, which consisted of field visits, to monitor system activities and factor analysis for interventions in the operations, determined by time study techniques.

It was identified that the system for producing wood chips in the field has several factors that affect the productivity of forestry equipment and operation of the system, among them, *Feller-Buncher* productivity that is changed by the number of trees felled per cycle and the movement time required to perform the bunching The *Clambunk Skidder* due to its performance and the size of the plots is influenced by the skidding distance and the Chipper due to its operational characteristic depends on the availability of trees transferred from the *Clambunk Skidder*. The operational planning is extremely important to functionality and maintenance of the system productivity, being the Chipper operationally affected by the continuity of trucks for loading and the *Clambunk Skidder* by the travelling inside the plot due to harvesting area layout. The group delay of operational, personnel and mechanic caused impacted on productive operational equipment time, being the *Feller-Buncher* suffered more intensely with 16% of mechanical delay, the *Clambunk Skidder* 23% of operational delay and the Chipper also with 38% of operational delays. The combination of these factors affected the productive time of the activities of each equipment, directly altering the continuity of the productive activity of the system, getting 71% of productive time for felling of trees and bunching, 58% for the extraction of trees, and 56% for processing, causing great system variation.

The final cost of field wood chip production it is intrinsically linked to the productive system operational and mechanical characteristics, the Chipper it is the equipment that most impact the unit cost (R\$/m³) at 61%, while the *Clambunk Skidder* participates with 25% and the *Feller-Buncher* with 14%. The total production cost of the system was R\$ 17.20 per cubic meter of chipper.

Key word: Chipper, forest harvesting, operational, productivity

SUMÁRIO

	pg
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	1
3. OBJETIVO.....	3
4. MATERIAL E METÓDOS.....	3
4.1 Descrição dos Equipamentos e Sistema	3
4.1.1 <i>Feller-Buncher</i>	3
4.1.2 <i>Clambunk Skidder</i>	4
4.1.3 <i>Picador</i>	5
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
5.1 Estudo Operacional do Corte Empilhamento com <i>Feller- Buncher</i>	6
5.2 Estudo Operacional da Extração das Árvores com <i>Clambunk Skidder</i>	8
5.3 Estudo Operacional do Processamento com o Picador	9
5.4 Análise Operacional e Custo do Sistema de Produção Cavacos	11
6. CONCLUSÃO.....	13
7. CONSIDERAÇÕES.....	14
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
ANEXOS	17

LISTA DE FIGURAS

	pg
Figura 1: <i>Feller-Buncher</i>	4
Figura 2: <i>Clambunk Skidder</i>	5
Figura 3: <i>Picador</i>	6
Figura 4: Tempo da atividade de abatimento do <i>Feller-Buncher</i>	7
Figura 5: Representação da distribuição dos tempos dentro do ciclo operacional do <i>Feller-Buncher</i>	8
Figura 6: Tempo da atividade arraste do <i>Clambunk Skidder</i>	8
Figura 7: Representação da distribuição dos tempos dentro do ciclo operacional do <i>Clambunk Skidder</i>	9
Figura 8: Tempo de atividade processamento do Picador.....	9
Figura 9: Representação da distribuição dos tempos do ciclo operacional do Picador.....	10
Figura 10: Tempo de limpeza dos resíduos do picador.....	11
Figura 11: Limpeza material residual	11
Figura 12: Horas trabalhadas mensais dos equipamentos florestais.....	11
Figura 13: Produtividade mensais dos equipamentos florestais.....	12
Figura 14: Custo de produtividade (R\$/m ³) dos equipamentos florestais.....	13

LISTA DE QUADROS

	pg
Quadro 1: Principais especificações do equipamento em estudo (<i>Feller-Buncher</i>).....	4
Quadro 2: Principais especificações do equipamento em estudo (<i>ClambunkSkidder</i>).....	5

LISTA DE TABELAS

	pg
Tabela 1: Custo médio de produção do sistema de cavaqueamento, tempo produtivo e percentagem dos custos processamento dos equipamentos em relação ao custo final.....	13

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro após a década de 60, com o surgimento dos incentivos fiscais, passou de uma exploração indiscriminada para um cultivo setorial e técnico. Assim sendo os avanços tecnológicos proporcionaram o melhor aproveitamento dos recursos florestais e implementação de maciços florestais, principalmente das espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Com o intuito de aumentar os padrões de produtividade na década de 70, as empresas florestais buscaram inovações em suas áreas, com grande ênfase para o setor mecanização de corte e processamento das árvores.

Inicialmente a indústria nacional começou a produzir maquinários de porte leve e médio, entre eles a motosserras profissionais, iniciou-se também a utilização de pequenos tratores agrícolas para o arraste de toras e os rudimentares carregadores florestais (MALINOVSKI & MALINOVSKI, 1998). Atualmente máquinas utilizadas com cabeçote de corte e acumulador (*Feller-Buncher*), que permite fazer feixes para o arraste, e máquinas com cabeçote de corte processador (*Harvester*), que deixam a madeira pronta para o carregamento, passaram a ser mais frequentes nos plantios florestais. A mecanização, portanto, passou a tornar a colheita florestal um dos pontos mais importantes técnico-econômicos na cadeia produtiva de florestas plantadas. Principalmente por seu custo de operação que interfere diretamente no valor do m³ de madeira posto para processamento em fábrica (50% a 60%), conseqüentemente os sistemas de colheitas passaram por diversas alterações e sistematizações, buscando enquadramento operacional nas seguintes variáveis das empresas florestais: financeiro, grau de mecanização, qualificação profissional, relevo e povoamento florestal.

Dentre os diversos modelos de colheita revolucionadores, o sistema que permite a produção de cavacos no campo para celulose, demonstra-se potencialmente mais econômico com grande capacidade de produção, isto porque, as madeiras de menor diâmetro podem ser processadas, ao contrário dos demais (WATSON *et al.*, 1991).

Historicamente, nos Estados Unidos o primeiro equipamento *Chipper* foi desenvolvido, em Seattle pela Nicholson para a empresa *Crown Zellerbach Corp*[®] em torno de 1961 (STENZEL, 1972). O segundo modelo foi rotulado como um descascador *Chipper* portátil, por um comunicado técnico da Associação Americana de madeira para produzir celulose em dezembro de 1965. Anos depois outro *Chipper* foi introduzido no mercado, o *Chiparvestor Morbark*[®] (MENDONÇA FILHO, 1978).

O sistema de produção de cavacos no campo é uma das inovações tecnológicas presentes no setor florestal brasileiro, que permite o transporte da matéria-prima que será utilizada diretamente na fabricação da polpa de celulose, sem a necessidade de seu processamento no pátio da fábrica como ocorre com sistema de toras, com conseqüente aumento da produtividade (MARQUES, *et al.*, 2008).

Adicionalmente apresenta-se promissor em virtude da possibilidade de ganho de biomassa, permitir estratégias diferenciadas quanto ao abastecimento das fábricas e flexibilidade de planejamento estratégico operacional, quando comparado aos sistemas tradicionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

WADOUSKI (1987) distingue as variáveis que podem afetar a produtividade das máquinas: as passíveis de identificação imediata, a direta e as indiretas. Como de identificação direta, podem-se citar: os volumes a serem extraídos, a extensão da área a explorar, as características dos fustes, a porcentagem e diâmetro dos galhos, a topografia, a

natureza dos solos e sua distribuição geográfica, a malha viária, a distância média de arraste, a intensidade e distribuição das chuvas e a necessidades de sortimentos diversos. Por outro lado, muitas outras variáveis são de difícil determinação (indiretas), e a intensidade com que irão afetar os trabalhos deve ser cuidadosamente estimada. Assim, o grau de erodibilidade dos solos, a estabilidade das áreas declivosas, a qualidade, habilidade e disponibilidade de mão-de-obra, as necessidades impostas pelo manejo florestal, os riscos de compactação dos solos e a possibilidade de bruscas variações climáticas impõem limitações, mais ou menos severas, à aplicação dos sistemas de colheita de madeira, em função da conjunção positiva ou negativa (MALINOVSKI *et al.* 2006).

O conhecimento do comportamento da produtividade das máquinas para as diferentes condições de operação vem a ser uma importante ferramenta de trabalho na indicação e dimensionamento das máquinas necessárias para a atividade de mecanização (MALINOVSKI & MALINOVSKI, 1998). Ainda segundo os autores, a produtividade de determinada operação é função das variáveis externas (características do sítio) e das variáveis das máquinas (principalmente as operacionais e as características das máquinas: máquina-base e implemento de operação).

Em decorrer de algumas destas variáveis e de acordo com a obtenção do produto final a colheita florestal pode ser alocadas em categorias e Machado (1985) propôs a seguinte classificação de sistemas:

Sistemas de toras curtas (*Cut-to-length*): a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras, com menos de seis metros de comprimento;

Sistema de toras compridas (*Tree-length*): a árvore é semiprocessada que consiste no desgalhamento e destopamento da copa no local de derrubada e levada para a margem ou o pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento;

Sistema de Cavaqueamento (*Chipping*): a árvore é derrubada e processada no próprio local, sendo levada em forma de cavacos para um pátio de estocagem ou diretamente para indústria.

No início da década passada, havia cerca de 100 operações em andamento com o sistema de cavaqueamento na América do Norte, com capacidade total de produção de 6 milhões de toneladas de cavaco para polpa de celulose por ano (WATSON *et al.*, 1991).

Existe atualmente um interesse crescente por parte de algumas empresas brasileiras nesse tipo de sistema de colheita de madeira, tendo já ocorrido alguns testes com equipamentos de produção de cavacos no campo.

Entre as vantagens, pode se citar que a produção de cavacos no campo é potencialmente mais econômica do que sistemas de toras longas, no caso de árvores de menor diâmetro, e possibilita o uso de uma parte maior da árvore (FAVREAU, 1992). A qualidade dos cavacos produzidos semelhantes aos obtidos em Picadores fixos na indústria são algumas das razões para que se verifique com a devida profundidade a possibilidade de utilizar este sistema de colheita (ANTIQUERA, 2002).

O principal problema encontrado no transporte de cavacos é a utilização da capacidade de carga do veículo. O cavaco produzido no campo é trazido em “baús” especiais e o descarregamento é feito por intermédio de plataformas elevatórias com sistema basculante. A densidade do material é baixa, exigindo veículos de transporte com maior capacidade volumétrica para atingir o peso máximo legalmente permitido. Os fatores de influência na densidade podem ser a distribuição do tamanho dos cavacos, o método de carregamento no veículo e a vibração aplicada ou que ocorra durante o transporte (SEIXAS, 2008).

A maior diversidade de tamanhos permite um melhor preenchimento dos espaços vazios e maior conteúdo de espaços sólidos, enquanto uma distribuição mais uniforme deixará

mais espaço entre os cavacos. A compactação forçada não é muito eficiente, por se tratar de material “elástico”, recomendando-se um método de carregamento onde os cavacos sejam projetados por ventiladores. A vibração transmitida pelo pavimento será efetiva até 20 km, sugerindo-se carregar o veículo acima do seu limite volumétrico, para posterior acomodação (SEIXAS, 2008).

Contudo, o custo de investimento em um sistema completo de produção de cavacos no campo pode ser limitante quanto à adoção dessa opção. (WATSON et al., 1991).

3. OBJETIVO

Avaliar a operacionalidade do sistema através da determinação dos fatores que interferem na produtividade, no planejamento operacional e no custo de produção de cavacos no campo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada no município de Capão Bonito, estado de São Paulo, longitude de 48°18'45 "W e latitude de 24°03'45" em área suavemente ondulada, composta por povoamento de clones de *Eucalyptus* com 7 anos de idade e volume médio de 0,30 m³, espaçamento 3 x 2 metros .

O clima segundo Köppen é Cfa, subtropical com verão quente e estação seca moderada no inverno com temperatura média anual de 19,1°C (SETZER, 1966). A variação da precipitação média anual está entre 1200 a 1600 mm, sendo que o déficit hídrico está na faixa de 40 a 70 mm.

Consistiu em visitas ao campo, a fim de acompanhar as atividades do sistema e a análise dos fatores de intervenções nas operações; determinado através de técnicas estudo de tempo.

Para realização do estudo de Tempo e Movimento, foi utilizada a proposta de BARNES (1977), que consiste na medição dos tempos gastos para a execução de determinadas operações de campo, com o uso de cronômetro e formulários específicos para registro dos dados. Nestas observações foram também identificadas as interrupções do tempo do trabalho para cada uma das atividades componentes do sistema de produção de cavacos no campo. Estas interrupções, consideradas como atrasos, na realização do tempo do trabalho, foram agrupados em três categorias a seguir: atrasos de ordem mecânica, atrasos de ordem pessoal e atrasos de ordem operacional.

4.1 Descrição dos Equipamentos e Sistema.

O sistema de produção de cavacos no campo estudado compreende o corte das árvores, realizado com trator derrubador-empilhador (*Feller-Buncher*), a extração das árvores feita com trator de arraste auto-carregável (*Clambunk-Skidder*), o desganhamento, descascamento e picagem em cavacos feito pelo Picador portátil (*Mobile-Chipper*) e o transporte feito por caminhões do tipo combinado com elevada capacidade de carga.

4.1.1 Feller- Buncher



Figura 1 *Feller-Buncher*.

Quadro 1: Principais especificações do equipamento em estudo (*Feller-Buncher*)

Características	John Deere 903J
Potencia KW - (HP)	220 - (295)
Especificações do motor	Powertech 8,1 I 6081
N. de Cilindros	6
Sistema de transmissão	Hidroestática
Peso Equipamento (Kg)	31.982
Comprimento (mm)	9100
Largura (mm)	4470
Altura (mm)	3785
Capacidade de óleo diesel (L)	1117
Capacidade de óleo hidráulico (L)	311

O *Feller-Buncher* tem a função de abater as árvores inteiras através de um cabeçote de construção rígida, que possui braços acumuladores, a árvore é firmada no cabeçote para então prosseguir com o corte de outra árvore, isto ocorre até que seja atingida a capacidade máxima do cabeçote acumulador, os braços acumuladores são todos acionados por um sistema hidráulico, os cabeçotes de disco são acionados também por um motor hidráulico, que faz girar um disco de metal. Este disco tem espessura de aproximadamente 50 mm, pesa em torno de 1.000 kg (2.245 kg é o peso total do cabeçote, gira a 1.500 rpm e é capaz de cortar uma árvore com um toque apenas.

4.1.2 Clambunk Skidder



Figura 2 *Clambunk Skidder*.

Quadro 2: Principais especificações do equipamento em estudo (*Clambunk Skidder*).

Características	Timberjack 1710D
Potencia KW - (HP)	160- (215)
Especificações do motor	John Deere 6081HT
N. de Cilindros	6
Sistema de transmissão	Hidrostática
Peso (Kg)	17000
Comprimento (mm)	10100
Largura (mm)	2990
Altura (mm)	3900
Capacidade de óleo diesel (L)	190
Capacidade de óleo hidráulico (L)	175
Capacidade de Carga (kg)	1400

O *Clambunk Skidder* equipamento responsável pelo arraste dos feixes de toras compridas ou árvores inteiras até o local de processamento (*Picador*), este possui um sistema de transmissão hidrostática e uma garra hidráulica de abertura superior, com objetivo de prender as toras, e um braço hidráulico com uma grua na sua extremidade, tornando o autocarregável, possuindo uma capacidade carga 14.000 kg.

4.1.3 Picador



Figura 3 *Picador*.

O Desgalhador, Descascador e *Picador* (Delimber Debarker Chipper) DDC 5000G, fabricado pela *Peterson Pacific Corporation*®, é uma fábrica portátil de cavacos, acionada por motor Diesel de 1000 hp, possui um carregador florestal articulado com braço e garra de 7,6 metros de alcance para carregar as árvores ou toras. Este equipamento é munido com três rotores internos contendo 78 correntes cada rotor. A durabilidade das correntes do 1º rolo inferior fixo é de 20 horas, 1º rolo superior móvel é de 40 horas e do 2º rolo superior móvel é de 80 horas, sendo que os rolos móveis adaptam-se ao diâmetro das árvores. As correntes realizam o desgalhamento e o descascamento, sendo que facas no disco de picagem cortam as toras em cavacos que são rapidamente ejetados através do tubo de saída. As facas são trocadas a cada 10 a 12 cargas completas dos caminhões. O tubo de saída dos cavacos pode ser hidráulicamente movido para cima/baixo, e direita/esquerda de maneira a modificar a posição da pilha de cavacos. Objetos acima das dimensões desejadas são separados e ejetados através do tubo de saída de "overs".

Este equipamento foi projetado especialmente para transformar árvores inteiras e toras, em cavacos de alta qualidade que em seguida serão transformados em polpa de celulose. Pode ser operado em locais fixos assim como no campo. Árvores inteiras de 5,1 a 58,4 centímetros de diâmetro podem ser processadas simultaneamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estudo Operacional do Corte e Empilhamento com *Feller-Buncher*

O tempo total do ciclo de operação do *Feller-Buncher* foi subdividido em tempo de movimento, que está relacionada ao tempo que leva para posicionar o cabeçote para dar início ao abate das árvores, tempo de corte, que se determina ao início que o disco começa a girar e passa ao nível do solo efetuando o corte das árvores e tempo de empilhamento, que se obtém para formação dos feixes.

As árvores abatidas formam feixes que são dispostos no sentido de extração, normalmente esses feixes têm sua direção posicionada em relação onde será estacionado o *Picador*. O tempo de formação dos feixes em relação a quantidade de árvores acumuladas no

cabeçote, não possui uma relação direta, ou seja, tanto o cabeçote com poucas ou excesso de árvores, o tempo de formação do feixe é o mesmo.

Na avaliação operacional do *Feller-Buncher*, foi identificado que quanto maior for o tempo de ciclo, menor será a produtividade. Porém, se houver acréscimos no número de árvores abatidas por ciclo, a produtividade tende a aumentar (Figura 4). Entretanto este acréscimo, ao mesmo tempo que gera maior volume por ciclo, também acarreta elevação do tempo de movimento da máquina e do tempo de corte, o que pode vir a reduzir a produtividade da operação. Além do que para as condições do sistema e do povoamento estudado, entre elas, o espaçamento 3 x 2 metros, o *Feller-Buncher* desenvolve normalmente suas atividades acompanhando 3 linhas de plantio, sem haver necessidade de maior esforço mecânico, tanto do cabeçote quanto do braço de movimentação. No entanto, no momento em que a operação de abatimento procede com 4 ou 5 linhas de plantio, ocorre em determinadas ocasiões a necessidade de uma maior movimentação do braço da máquina na busca das árvores nas linhas mais distantes, e o acerto do posicionamento de corte e empilhamento, ocorrendo um esforço mecânico elevado que interfere diretamente na vida útil do equipamento e na produtividade.

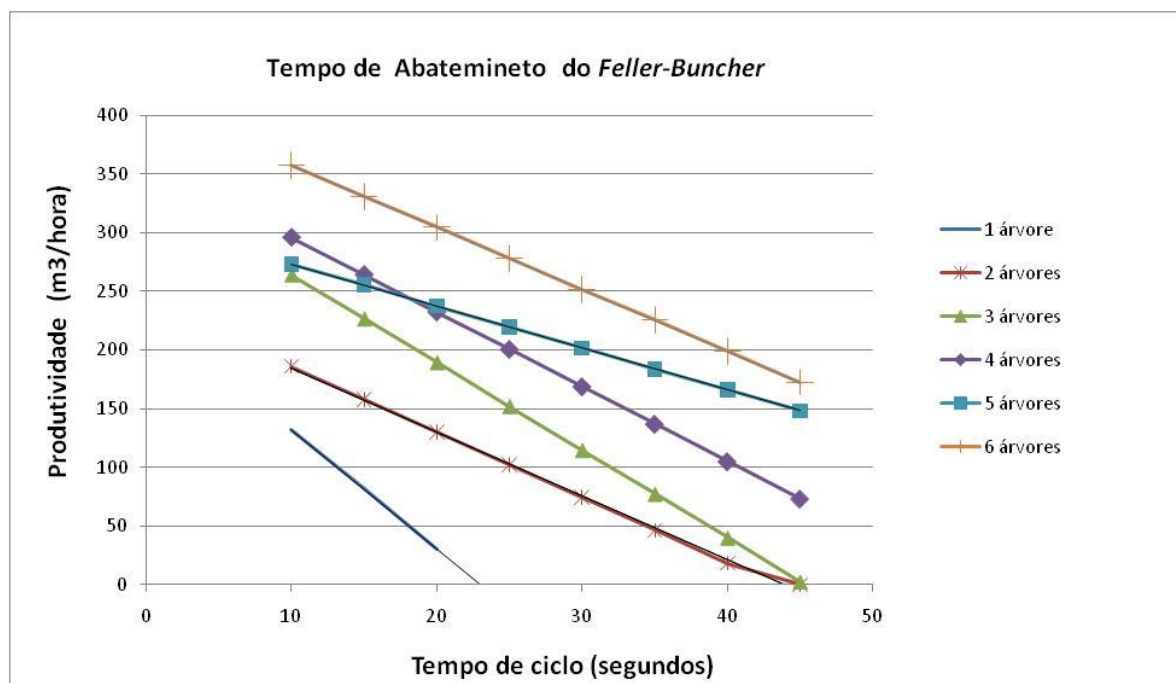


Figura 4 Tempo de atividade de abatimento do Feller-Buncher.

Em relação aos atrasos na produção do corte e empilhamento pelo *Feller-Buncher* foi constatado que o maior percentual coube ao grupo das interrupções de ordem mecânica 16%, incluídos neste tempo os serviços de abastecimento, inspeção e manutenção. As interrupções de ordem operacional relacionadas com o deslocamento entre talhões e para viradas das faixas de cortes são de 5% do tempo total do ciclo de trabalho. O restante do tempo total de atrasos coube aos do tipo pessoal, relacionados as paradas para alimentação, atingindo cerca de 8% (Figura 5). Este equipamento apresentou disponibilidade mecânica de 84% na operação de corte e empilhamento de árvores.

Tempo Percentual de Atividade Operacional do Feller-Buncher

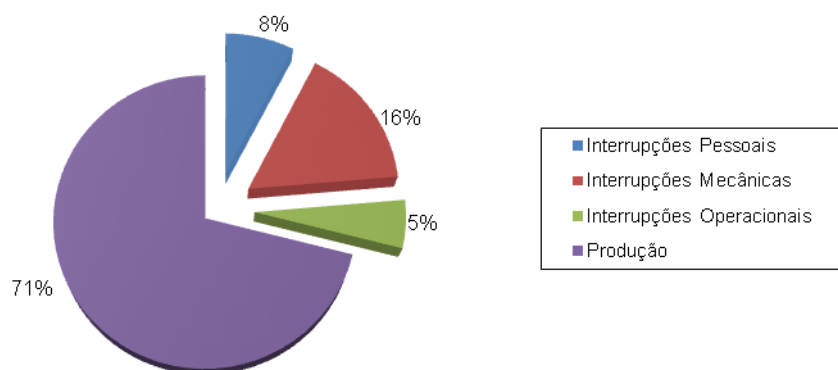


Figura 5 Representação da distribuição dos tempos dentro do ciclo operacional do Feller-Buncher.

5.2 Estudo Operacional da Extração das Árvores com o *Clambunk Skidder*

O tempo total do ciclo de operação do *Clambunk Skidder* foi subdividido em tempo de movimento relacionando a distância de arraste (vazio e cheio), tempo de carregamento e tempo de descarregamento das árvores inteiras.

A movimentação do *Clambunk Skidder* dentro do talhão está relacionada com a posição do *Picador*, sendo que os feixes ficam dispostos no sentido para serem arrastados, o principal fator que influencia na produtividade do *Clambunk Skidder* é a distância de arraste. Quanto maior a distância de arraste, maior será o tempo de ciclo, o que tem influência direta na produção, afetando o volume a ser transferido para o posterior processamento pelo *Picador* (Figura 6). Além da distância de extração, a declividade é outro fator que afeta significativamente o trabalho do *Clambunk Skidder*. Quanto mais acidentado o relevo e mais distantes os feixes para o arraste, maior será o tempo de ciclo, acarretando menor produtividade.

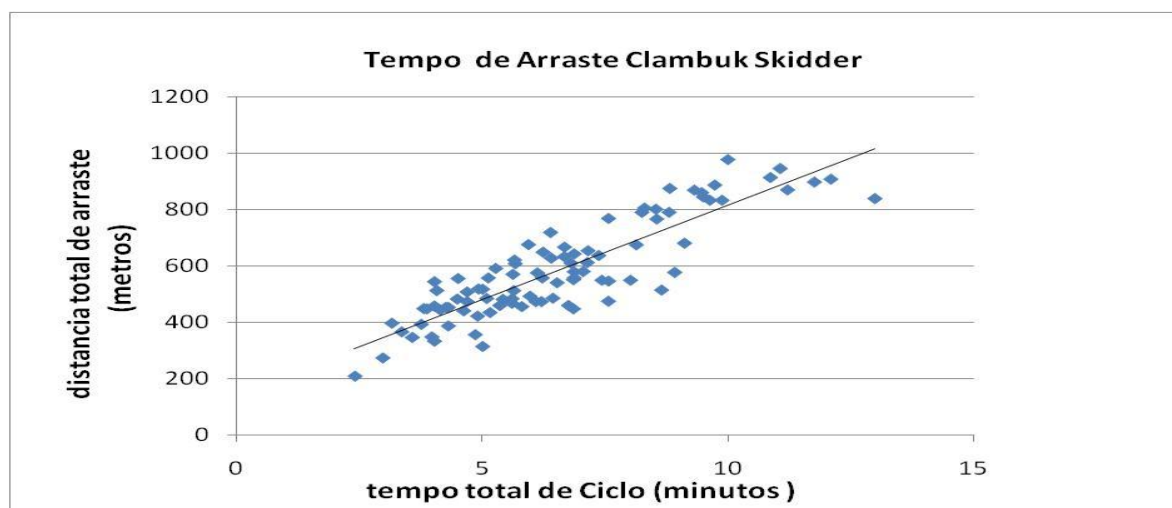


Figura 6 Tempo de atividade arraste do Clambunk Skidder.

Na observação dos tempos componentes do ciclo de trabalho da operação de extração das árvores com o *Clambunk Skidder* foi identificado que os atrasos de ordem operacional representam a maior parte do tempo total de atrasos 23%, os de ordem pessoal 8% e de ordem

mecânica 11% (Figura 7). O deslocamento vazio ao procurar o melhor trajeto para retorno a área de derrubada, o deslocamento vazio para procurar feixes aleatórios no talhão ou a procura pela melhor rota de deslocamento dentro do talhão para levar as árvores até a margem da estrada são atividades que tendem a interferir na atividade operacional, elevando o ciclo total de trabalho. Outra interrupção de ordem operacional é quando a distância de arraste é muito reduzida, ocasionando que o *Clambunk Skidder* tenha que esperar o término do processamento para poder disponibilizar mais madeira para o *Picador*. Nesta atividade a disponibilidade mecânica do *Clambunk Skidder* foi determinada em 89%.

Tempo Percentual de Atividade Operacional do Clambunk Skidder

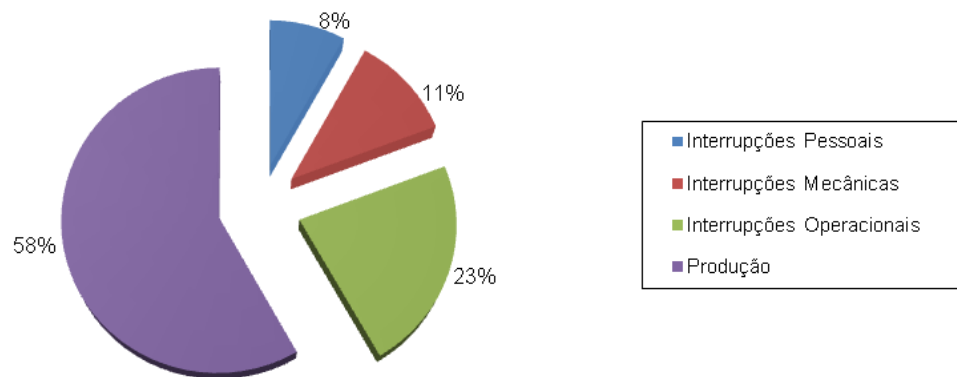


Figura 7 Representação da distribuição dos tempos dentro do ciclo operacional do *Clambunk Skidder*.

5.3 Estudo Operacional do Processamento com o *Picador*

O tempo total de ciclo do *Picador* foi subdividido em tempo de limpeza relacionado ao movimento para retirada dos resíduos e tempo de processamento aferido do processo de transformação das árvores inteiras em cavacos.

O *Picador* é estreitamente dependente da atividade operacional do *Clambunk Skidder*, tendo em vista o ato de disponibilizar madeira para a transformação em cavacos, operacionalmente a picagem somente ocorre normalmente com a presença de árvores e isto está diretamente correlacionada com o tempo de ciclo.

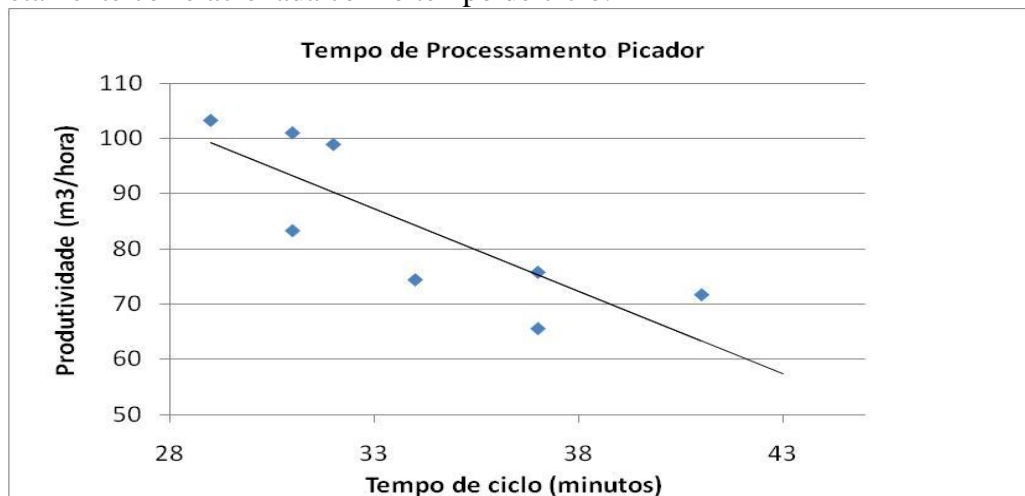


Figura 8 Tempo de Atividade Processamento do *Picador*.

Em média a carga de um caminhão é de cerca de 55 a 56m³ por composição, com peso de 47 toneladas, o tempo de processamento do *Picador* contribui para agilidade e para rentabilidade da viagem, sendo que o caminhão não necessita aguardar demasiadamente o carregamento no campo (Figura 8).

O *Picador* é o equipamento que possui maior dependência das atividades dos demais itens do sistema, tendo em vista que sua atividade somente se inicia após o abate das árvores pelo *Feller-Buncher*, mas principalmente dependente da disponibilidade de árvores arrastada pelo *Clambunk Skidder* e pela presença de caminhões para o carregamento dos cavacos.

Na observação dos tempos componentes do ciclo de trabalho do *Picador* foi identificado que os atrasos de ordem operacional atingiram cerca de 38%, afetando a produtividade da atividade (Figura 9). Dentre as interrupções de ordem operacional o aguardo de madeira pelo *Picador*, que ocorre essencialmente nas ocasiões em que o *Clambunk Skidder* necessita buscar madeiras em longas distâncias no talhão, ou seja, momentos que sua distância de arraste é superior a sua capacidade de abastecimento. Desta forma, a disponibilidade de árvores para o processamento e a disponibilidade de caminhões para o recebimento dos cavacos foram identificados como os elementos que mais causam interrupções operacionais na produção do *Picador*. A disponibilidade mecânica do *Picador* foi determinada em cerca de 96%.

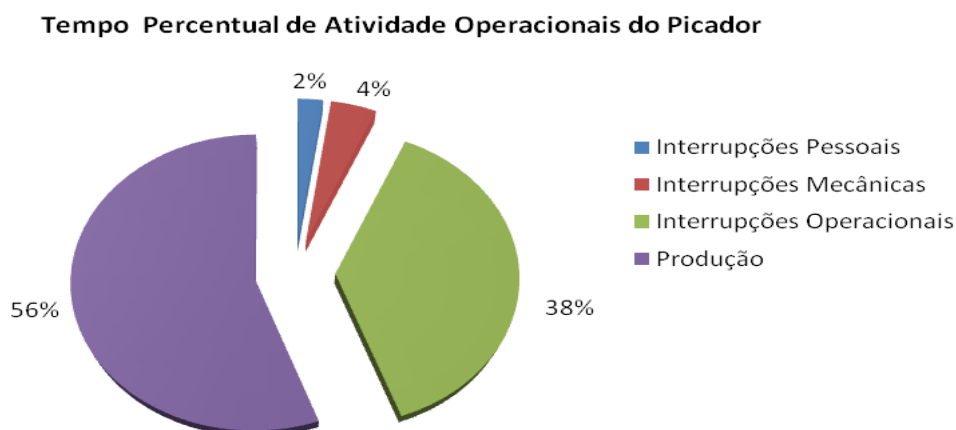


Figura 9 Representação da distribuição dos tempos dentro do ciclo operacional do *Picador*.

Um dos problemas ocasionados pelo processamento da madeira para produção de cavacos no campo é o material residual e “overs”, provindos dos restos de cascas do descascamento, galhos do desgalhamento e cavacos que não possuem a dimensões desejadas. Estes mesmo acumulam-se ao lado do equipamento sendo necessária a limpeza em determinados momentos para prosseguimento normal da operação, mas esta limpeza não está inteiramente correlacionada ao tempo total do ciclo conforme visualizado na (Figura 10), ou seja, o tempo de limpeza dos resíduos não afeta diretamente o tempo de processamento, tendo em vista que no mesmo momento em que ocorre a limpeza dos resíduos existem árvores na esteira alimentadora sendo processadas. Somente em situações de excessivo acúmulo de resíduos é que se teria uma interrupção maior do processo produtivo.

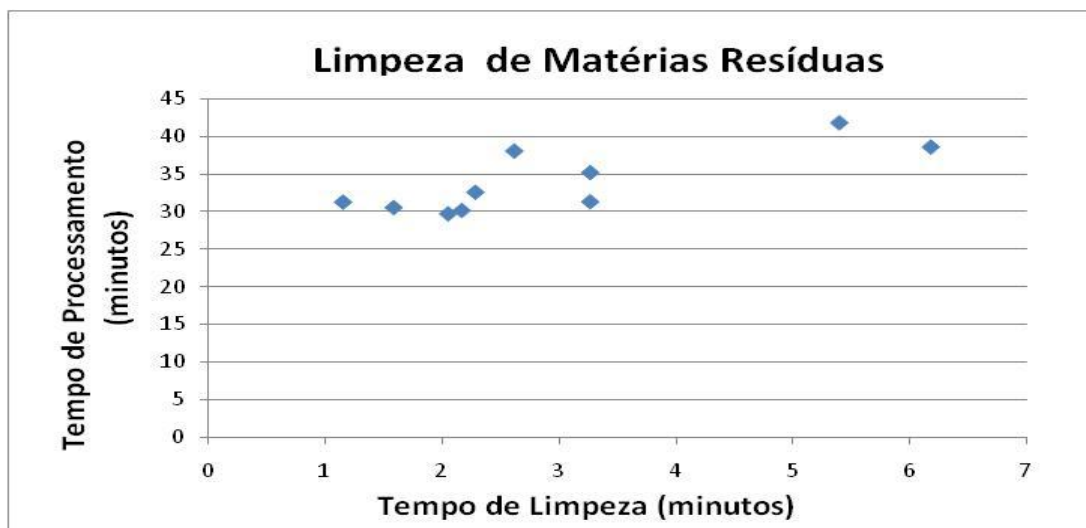


Figura 10 Tempo de limpeza dos resíduos do Picador



Figura 11 Limpeza material residual

5.4 Análise Operacional e Custo do Sistema de Produção Cavacos

Horas Trabalhadas Mensais dos Equipamentos Florestais

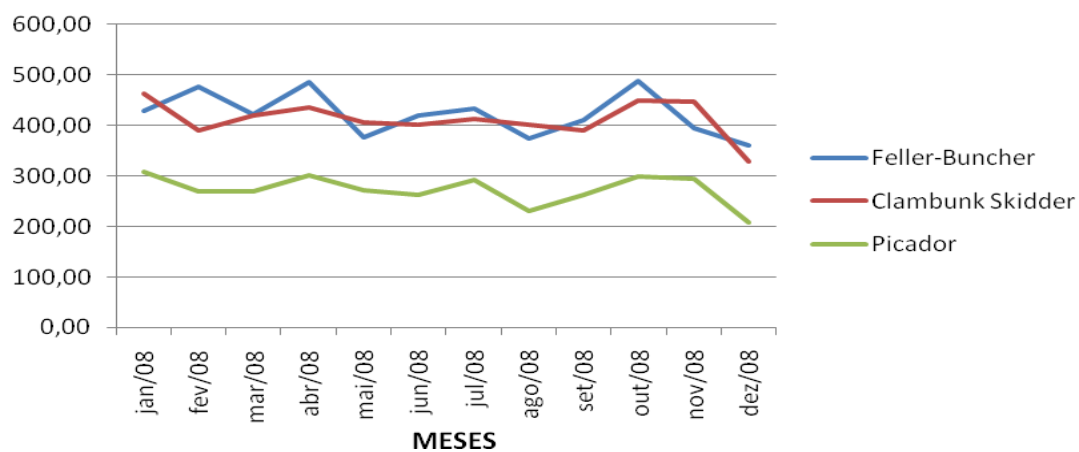


Figura 12 Horas trabalhadas mensais dos equipamentos florestais.

O *Clambunk Skidder* possui maiores quantidades de horas trabalhadas em relação ao *Picador* (Figura 12), isto está especificamente interligado a sua atividade de arraste de árvores inteiras, mas não necessariamente essas horas trabalhadas refletem em produtividade (Figura 13), tendo em vista os diversos fatores que afetam a sua operacionalidade, entre eles, excesso de feixes no talhão, distância de arraste e intervenções (Figura 7). Além do que o *Clambunk Skidder* desenvolve as suas atividades mesmo quando o *Picador* não permanece em operação, ou seja, arrastando madeira para próximo do mesmo, como forma de compensar seu deslocamento efetuado de longas distâncias, isto permite a produção contínua do processo.

Ao contrário do *Feller-Buncher* que suas horas trabalhadas (Figura 12) refletem em produtividade (Figura 13), permitindo uma altíssima quantidade estoque de madeira no talhão, isto é ocasionado devido as suas características de operação e relacionado (Figura 5).

O *Picador* e o *Clambunk Skidder* por ter suas operacionalidades extremamente interligadas, isto tende a um correlacionamento na produtividade (Figura 13), sendo que os fatores que fazem com que a produtividade do *Picador* sejam superiores estão basicamente ligadas as características da máquina. Entre elas estão afiação de faca, estado das correntes e velocidade dos rolos (superior e inferior) de correntes; ao planejamento operacional: disponibilidade de madeira, quantidade de árvores introduzidas na esteira alimentadora e a presença de caminhões para o carregamento; ao povoamento florestal estão ligadas: diâmetro das árvores e secagem da madeira, tendo em vista que a casca tende a se fixar mais firmemente no caule, de acordo com as condições climáticas e com tempo de espera da madeira no talhão para ser processada, mas todos esses fatores são passíveis de controle operacional, ao contrário do *Clambunk Skidder* que necessita de adequações para amenizar os fatores de interferências (Figura 12) e (Figura 13).

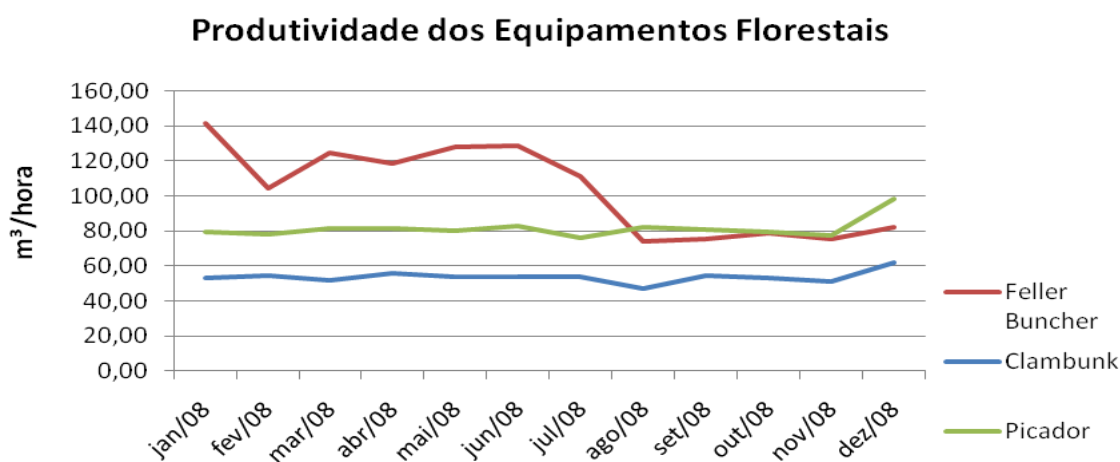


Figura 13 Produtividade mensais dos equipamentos florestais.

O sistema de produção de cavacos no campo possui a maior parte de seus custos atrelados a aquisição de peças e serviços de manutenção. Isto é extremamente impactante no custo de produção (R\$/m³), principalmente do *Picador* (Figura 14), apesar de suas intervenções mecânicas não serem freqüentes (Figura 9); seus serviços de manutenção e aquisição de peças são extremamente especializados, importados e onerosos, também por ser um equipamento robusto que fica alocado nas extremidades do talhão, sofre intensamente com trepidação provinda do desganhamento, descascamento e picagem, possuindo a constante troca de correntes e facas, estes fatores contribuem para alavancar seus custos de produção em relação aos demais.

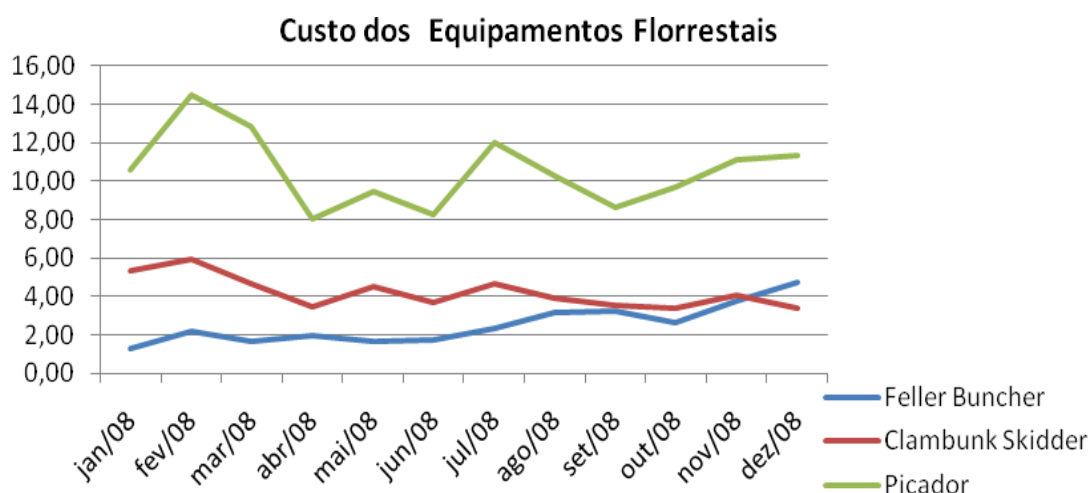


Figura 14 Custo de Produção (R\$/m³) de cavacos dos equipamentos florestais.

Tabela 1: Custo Médio de Produção do Sistema de Cavaqueamento, Tempo produtivo e Percentagem dos Custos Processamentos dos Equipamentos em Relação ao Custo Final.

Equipamento	Custo de produção R\$/m³	(%)	Tempo produtivo %
<i>Feller Buncher</i>	2,46	14	71
<i>Clambunk Skidder</i>	4,22	25	58
<i>Picador</i>	10,53	61	56
Sistema de Cavaqueamento	17,20	100	

6 CONCLUSÕES

Os fatores que interferem na produtividade do *Feller-Buncher* são o número de árvores abatidas por ciclo e o tempo de movimento para abatimento. O *Clambunk Skidder* é crucialmente influenciado pela distância de arraste, enquanto o *Picador* é afetado operacionalmente pela variação na oferta de árvores disponibilizadas pelo *Clambunk Skidder* e pela ausência de caminhões para recebimento do cavaco produzido.

O sistema de produção de cavacos no campo observado mostrou grande variação na utilização do tempo produtivo entre as atividades, ficando em 71% do tempo produtivo para o abate e empilhamento das arvores, 58% para a extração das árvores e 56% para o processamento.

Na atividade de derrubada e empilhamento com o *Feller-Buncher* a produtividade é afetada por problemas mecânicos que superam os problemas de ordem operacional. Na extração das árvores o *Clambunk Skidder* tem o total de atrasos operacionais maiores do que os atrasos de ordem mecânica. No *Picador* o grande responsável pelo baixo tempo produtivo são as interrupções de ordem operacional.

Na composição do custo de produção do sistema o *Picador* é o equipamento que mais interfere no custo final da produção de cavacos no campo representando 61%, do custo total, enquanto o *Clambunk Skidder* representa 25% e o *Feller-Buncher* os restantes 14% do custo total. O custo total de produção do sistema encontrado foi de R\$17,20 por metro cúbico.

7. CONSIDERAÇÕES

O sistema de produção de cavacos no campo é potencialmente econômico e produtivo, necessitando apenas de maiores estudos e ajustes operacionais, tais como: adequações no sistema de manutenção dos equipamentos, adaptação dos equipamentos (ergonômicos e produtivos) para as condições do povoamento, desenvolvimento de peças e pequenos acertos de detalhes logísticos e operacionais. Em especial no tocante à capacidade efetiva do carregamento, do redimensionamento da frota de caminhões e do dimensionamento apropriado das distâncias de arraste, para com isso aumentar o tempo produtivo pela redução de problemas operacionais e conseqüentemente possibilitar a redução do custo de produção.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALVES, L. K. M.; FERREIRA, O. O. Avaliação da etapa de derrubada e processamento de eucalipto para celulose. **Ciência Florestal**, v.8, n.1, p. 23 – 34, 1998.
- ANTIQUERA, A.C. Cavacos no campo: Uma alternativa viável de colheita florestal. In: XII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, **Anais...** Curitiba, p. 121-132, 2002.
- J. FAVREAU, F.E. **In-woods chipping: a comparative cost analysis**. FERIC Technical Report: TR-105, 16 p. 1992.
- MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. 1.UFV, ed.Viçosa, MG, Impr. Univ, 468pg. 2006.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Evolução dos sistemas de colheita de madeira para pinus na região Sul do Brasil. Curitiba: **FUPEF**, 108 pg, 1998.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; *et al.* Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **FLORESTA**, v. 36, n. 2, p. 169 - 182, 2006.
- MARQUES, A. P.; MENDONÇA FILHO, W. F.; Análise da Produtividade e Eficiência Operacional do Sistema Cavaqueamento. In: XV SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, **Anais...** Curitiba, p. 281-282, 2008.
- MARQUES, A. P.; MENDONÇA FILHO, W. F.; Análise do Processamento Mecânico de Madeira no Sistema de Cavaqueamento de Campo para Celulose. In: I SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO RIO DE JANEIRO, **Anais...** Seropédica, CD ROM, 2008.
- MENDONÇA FILHO, W. F. Análise operacional de colheitadeiras florestais. **Floresta e Ambiente** v. 7, n. 1, p. 265 - 278, 2000.
- MENDONÇA FILHO, W. F. **Mechanical Felling and the Whole-Tree Field Chipping System**. Universidade de Washington, Dissertação (M.S.– Logging Engineering), 82 pg, 1978.
- MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO. C.C.; *et al.* Avaliação operacional e econômica do “*Feller-Buncher*” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.199-205, 2004.

OLIVETTI NETO, A. Qualidade de Cavacos de Eucalipto para Obtenção de Celulose Kraft. In: Congresso Iberoamericano, **Anais...** São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, J. R.; MACHADO, C. C.; SOUZA, P. A. *et al.* Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com *Clambunk Skidder*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.267-275, 2006.

SEIXAS, F. Novas Tecnologias no Transporte Rodoviário de Madeira. Departamento de Ciências Florestais ESALQ-USP. <<http://www.ipef.br/silvicultura/transporte.pdf>> **Acesso: 12/01/2008.**

STENZEL, G. **Looging and pulpwwod production.** New York: Ronald Press. p. 453, 1972.

SOUZA, A. M.; SANTOS, P. H. A.; MINETTE, L. J.; SOUZA, M. M. Disponibilidade Mecânica, Eficiência Operacional e Produtividade de um Trator “Clambuk Skidder” na Extração de Madeira de Eucalipto no Sistema de Cavaqueamento. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL. **Anais...** Uberlândia, p. 247 - 260, 2007.

WADOUSKI, L. H. O planejamento operacional na exploração de florestas. In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTOS. **Anais...** Curitiba: FUPEF, p.28-39, 1987.

WATSON, W. F.; FLANDERS, L. N.; DUBOIS, M. R. *et al.* **Cost comparison at the woodyard chip pile of clean woodland chips and chips produced in the woodyard from roundwood.** Pulping Conference, p 183 – 189, 1991.

Anexo 1C: Modelo de ficha de campo para estudo do tempo do *Picador*

Dia	Hora inicio	Hora término	
Volume Médio (ha)	Talhão	Espécie	cond climáticas
equipamento	operador		

Amostra	Tempo de Limpeza	No. arvores	Tempo de processamento	Tempo total de ciclo	Volume do Ciclo	Obs.
1						