

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DE DOIS MODAIS DE SISTEMAS DE COLHEITA  
MECANIZADOS DE EUCALIPTO EM 1ª ROTAÇÃO**

**VICTOR AUGUSTO SOARES BERTIN**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus  
de Botucatu para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia (Energia na  
Agricultura).**

**BOTUCATU-SP**

**Agosto – 2010**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DE DOIS MODAIS DE SISTEMAS DE COLHEITA  
MECANIZADOS DE EUCALIPTO EM 1ª ROTAÇÃO**

**VICTOR AUGUSTO SOARES BERTIN**

Orientador: Paulo Torres Fenner

Co-orientador: Zacarias Xavier de Barros

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus  
de Botucatu para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia (Energia na  
Agricultura).**

**BOTUCATU–SP**

**Agosto – 2010**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO  
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA  
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B544a Bertin, Victor Augusto Soares, 1982-  
Análise de dois modais de sistemas de colheita mecani-  
zados de eucalipto em 1ª rotação / Victor Augusto Soares  
Bertin. - Botucatu : [s.n.], 2010

v, 74 f. : ils., gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010

Orientador: Paulo Torres Fenner

Co-orientador: Zacarias Xavier de Barros

Inclui bibliografia.

1. *Eucalyptus* sp. - produtividade. 2. Feller-Buncher.  
3. Processador florestal Harvester. 4. Eucalipto. I. Fenner,  
Paulo Torres. II. Barros, Zacarias Xavier. III. Universidade  
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu).  
Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ANÁLISE DE DOIS MODAIS DE SISTEMAS DE COLHEITA  
MECANIZADOS DE EUCALIPTO EM 1ª ROTAÇÃO"

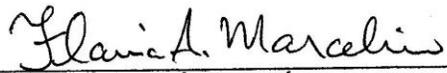
ALUNO: VICTOR AUGUSTO SOARES BERTIN

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO TORRES FENNER

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. PAULO TORRES FENNER

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CLAUDIO ANGELI SANSIGOLO

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. FLÁVIA ALÉSSIO MARCELINO

Data da Realização: 24 de agosto de 2010.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha *Família* por todo carinho e dedicação.

Ao amigo e orientador, *Prof. Dr. Paulo Torres Fenner*, pela colaboração, constante disposição, amizade e confiança durante todo o trabalho.

Ao *Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros* o qual tive a honra de ter como co-orientador e que muito contribuiu para o desenvolvimento e incentivo na realização desta pesquisa.

Ao *Prof. Dr. Angelo Cataneo* pelo auxílio na execução da pesquisa.

À empresa *Duratex S/A*, pela confiança depositada, pela disposição em ajudar e por todo apoio concedido, em especial ao *Pelissoli*; aos chefes de área *Protti*, *Baccarin* e *Messias*, aos gerentes executivo *Robson Resende*, *José Ricardo Paraiso Ferraz* e *Adir*, e ao diretor executivo florestal *Antonio Joaquim de Oliveira*.

Aos *Amigos* que sempre estiveram presentes durante todo esse processo de aprendizado.

Aos Engenheiros Florestais *Angelo Padovan* e *Thaís Lopes* pela amizade, ensinamentos e críticas.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para mais essa etapa concluída.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	I
LISTA DE FIGURAS .....	II
RESUMO .....	III
SUMARY .....	V
1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
2.1. O Setor Florestal Brasileiro e o Eucalipto .....	9
2.1.1. O Eucalipto .....	10
2.2. Colheita Florestal.....	12
2.3. Mecanização da Colheita Florestal.....	13
2.4. Fatores que afetam a produtividade das máquinas florestais durante o processo de colheita .....	15
2.5. Sistemas de Colheita Florestal.....	17
2.6. Planejamento da Colheita Florestal .....	19
2.7. Corte Florestal .....	20
2.7.1. Descascamento .....	21
2.7.2. Extração de Madeira.....	21
2.7.3. Carregamento e Descarregamento.....	22
2.8. Principais Equipamentos da Colheita Florestal.....	23
2.8.1. Motosserras .....	23
2.8.2. <i>Feller-Buncher</i> .....	23
2.8.3. Processador Florestal.....	25

2.8.4. <i>Harvester</i> .....	26
2.9. Custos da Colheita Florestal .....	27
2.10. Tecnologia para o Rendimento da Colheita .....	28
2.10.1. Rendimentos .....	29
2.11. Estudo de Tempos .....	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1. Materiais .....	32
3.1.1. Caracterização da Área de Estudo .....	32
3.1.2. Área Experimental.....	34
3.1.3. Características Climáticas e Geológicas da Região.....	35
3.1.4. Sistemas de Colheita.....	35
3.1.5. Fluxos Operacionais das Máquinas .....	35
3.1.5.1. <i>Feller-Buncher</i> .....	35
3.1.5.2. Processador Florestal.....	36
3.1.5.3. <i>Harvester</i> .....	36
3.1.6. Características Gerais das Máquinas Estudadas.....	37
3.1.6.1. <i>Feller-Buncher</i> .....	37
3.1.6.2. Processador Florestal.....	42
3.1.6.3. <i>Harvester</i> .....	44
3.1.7. Estudo de Tempos e Rendimentos .....	46
3.1.8. Atividades Parciais das Máquinas .....	47
3.1.8.1. <i>Harvester</i> .....	47
3.1.8.2. <i>Feller-Buncher</i> .....	49
3.1.8.3. Processador Florestal.....	51

3.2. Metodologia.....	53
3.2.1. Amostragem .....	54
3.2.2. Estudo dos Rendimentos .....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
4.1. Estudo de Tempos e Movimentos .....	56
4.2. <i>Harvester</i> .....	58
4.3. <i>Feller-Buncher</i> .....	60
4.4. Processador Florestal.....	63
5 CONCLUSÕES .....	66
6 RECOMENDAÇÕES.....	67
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Características Técnicas da Máquina Base <i>Feller-Buncher</i> .....	39
Tabela 2: Características do Cabeçote <i>Feller-Buncher</i> .....	40
Tabela 3: Especificações do Motor .....	41
Tabela 4: Especificações do Cabeçote do Processador .....	43
Tabela 5: Características do Cabeçote do Processador .....	44
Tabela 6: Especificações do cabeçote <i>Harvester</i> .....	45
Tabela 7: Características Técnicas do Cabeçote <i>Harvester</i> .....	46
Tabela 8: Ciclo Operacional <i>Harvester</i> - MULTIMOMENTO .....	48
Tabela 9: Ciclo Operacional <i>Harvester</i> - CONTÍNUO.....	49
Tabela 10: Ciclo Operacional <i>Feller-Buncher</i> - MULTIMOMENTO.....	50
Tabela 11: Ciclo Operacional <i>Feller-Buncher</i> - CONTÍNUO .....	51
Tabela 12: Ciclo Operacional Processador Florestal - MULTIMOMENTO .....	52
Tabela 13: Ciclo Operacional Processador Florestal - CONTÍNUO .....	53
Tabela 14: Rendimentos Operacionais Efetivos para Dois Modais de Sistemas de Colheita Florestal .....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre a Produtividade Florestal de Eucalipto no Brasil e de Países selecionados (ABRAF, 2007).....	10
Figura 2: Linha do Tempo-Evolução do Eucalipto (Guia do Eucalipto, 2008) .....	11
Figura 3: Máquina base Caterpillar 320 CL equipada com cabeçote <i>Feller-Buncher</i> .....	24
Figura 4: Máquina base Caterpillar 320 CL equipada com Processador Florestal .....	25
Figura 5: Máquina base Caterpillar 320 CL equipada com cabeçote <i>Harvester</i> .....	26
Figura 6: Área Experimental .....	33
Figura 7: Localização .....	33
Figura 8: Croqui da Área Experimental .....	34
Figura 9: Fluxo do <i>Feller-Buncher</i> no eito de derrubada.....	36
Figura 10: Fluxo do <i>Harvester</i> no eito de derrubada.....	37
Figura 11: Dimensões da máquina base <i>Feller-Buncher</i> .....	38
Figura 12: Cabeçote <i>Feller-Buncher</i> da marca Risley .....	40
Figura 13: Motor e seus Componentes.....	41
Figura 14: Cabeçote Processador marca MSU e seus componentes .....	42
Figura 15: Cabeçote <i>Harvester</i> da marca Valmet .....	45
Figura 16: Percentual do Estudo pelo Método Contínuo do <i>Harvester</i> (%).. .....	59
Figura 17: Percentual do Estudo pelo Método do Multimomento do <i>Harvester</i> (%) .....	59
Figura 18: Eficiência Operacional do <i>Harvester</i> (%).....	60
Figura 19: Percentual do Estudo pelo Método Contínuo do <i>Feller-Buncher</i> (%).....	61
Figura 20: Percentual do Estudo pelo Método do Multimomento do <i>Feller-Buncher</i> (%).....	62

Figura 21: Eficiência Operacional do <i>Feller-Buncher</i> (%) .....	62
Figura 22: Percentual do Estudo pelo Método Contínuo do Processador Florestal (%) .....	64
Figura 23: Percentual do Estudo pelo Método do Multimomento do Processador Florestal (%) .....	64
Figura 24: Eficiência Operacional do Processador Florestal (%).. .....	65
Figura 25: Análise de Variância (p-valor < 0,01) para os dois modais de sistema de colheita florestal.. .....	65

## RESUMO

A mecanização das operações tem proporcionado aumento da capacidade operacional nas diversas atividades florestais. A caracterização desse potencial técnico para a produção da madeira ao longo da cadeia produtiva é importante. Todo sistema de colheita florestal seja ele mecanizado ou não, requer uma avaliação de rendimentos para uma análise eficiente das viabilidades técnicas e econômicas. A comparação e o estudo dos rendimentos nos processos de colheita florestal são importantes para a determinação de um sistema rentável, de maior eficiência e minimização dos custos, otimizando a produção e privilegiando a qualidade final do produto através de um sistema cada vez mais mecanizado, automatizado e auto-suficiente. O objetivo deste estudo foi comparar dois modais de sistemas de colheita florestal mecanizada, *Harvester* e *Feller-Buncher* + Processador Florestal, de modo a apresentar qual destes possui maior eficiência quanto a produtividade. Conclui-se que trabalhando nas mesmas condições, o conjunto *Feller-Buncher* + Processador Florestal demonstrou rendimento operacional efetivo superior, sendo desta forma o mais indicado para colheita florestal do eucalipto em primeira rotação.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus sp.*, produtividade, *Feller-Buncher*, Processador Florestal, *Harvester*.

ANALYSIS OF TWO MECHANIZED HARVESTING SYSTEMS MODALS OF EUCALYPTUS CROP IN 1st ROTATION. Botucatu, 2010. 74p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: VICTOR AUGUSTO SOARES BERTIN

Adviser: PAULO TORRES FENNER

Co-adviser: ZACARIAS XAVIER DE BARROS

## SUMMARY

The mechanization of the operations has provided increased operational capacity in the various forest activities. The characterization of this technical potential for timber manufacturing throughout the productive chain is of great importance. All forest harvesting systems, mechanized or not, requires a performance assessment for an efficient analysis of the technical and economical viabilities. The comparison and the study of the performance in the forest harvesting processes are extremely important in order to determine a profitable system, with more efficiency and minimizing the costs, optimizing the production and privileging the product final quality through a system even more mechanized, automated and self-sufficient. The aim of this study was to compare two modes of mechanical harvesting systems, Harvester and Feller-Buncher + Processor Forest, to display which of these has greater efficiency for yield. The conclusion is that working under the same conditions, the modal Feller-Buncher + Processor Forest proved superior effective operational performance, therefore, the most indicated for first rotation harvesting of eucalyptus.

**Key words:** *Eucalyptus sp.*, yield, Feller-Buncher, Forest Processor, Harvester.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro destaca-se mundialmente pela sua potencialidade com uma das taxas mais altas de produtividade na silvicultura, podendo atingir de 40 a 50 m<sup>3</sup> de madeira por hectare, por ano, produção cerca de 10 vezes superior à dos países de clima temperado (OLIVEIRA JR, 2005).

A área com floresta plantada com eucalipto, no Brasil, em 2008 foi estimada em 4.259.000 hectares. Só no Estado de São Paulo são aproximadamente 934.360 hectares de plantios (ABRAF, 2009).

A mecanização das operações intensificou o uso da energia fóssil, em formas gradualmente aperfeiçoadas, conforme Serra et al. (1979), como consequência do planejamento e utilização de máquinas, fertilizantes e pesticidas, promovendo aumentos consideráveis na produtividade com o decorrer do tempo.

De acordo com Machado (2002), o sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades para o fornecimento constante de madeira para a fábrica e variam em função do relevo, do padrão e produção da floresta, sortimento e uso final da madeira e das máquinas e equipamentos disponíveis. Os sistemas podem ser classificados quanto à forma da madeira manipulada na fase de extração, do local de processamento e do grau de mecanização.

A partir da década de 90, houve um maior crescimento da economia brasileira e o setor florestal brasileiro suportou diversas mudanças como a implementação de máquinas e equipamentos modernos para se adaptar ao mundo globalizado e à abertura do mercado nacional.

O Brasil detém grande parte dos recursos naturais mundiais por possuir um imenso território, o que contribuiu neste setor a nível internacional, gerando empregos e contribuindo para o faturamento do País.

Esse crescimento da demanda dos produtos florestais incentivou maior planejamento dos processos produtivos das empresas, valorizando conseqüentemente o grau de competitividade das mesmas. Neste setor, uma das atividades consideradas mais importante é a colheita florestal, visto que é a mais onerosa em termos de custo de produção. A mecanização das atividades de colheita apresenta um potencial de aumento da produtividade, redução dos custos e possibilita melhorias nas condições de trabalho (MOREIRA, 2000).

No setor florestal, segundo Machado (1984), a colheita da madeira é uma das atividades mais importantes economicamente, com grande representatividade no custo final do produto. Reproduz a operação final de um ciclo de produção, no qual são obtidos produtos valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal (ARCE et al., 2004).

Esta atividade, de acordo com Fontes (1996), é a que também mais enfrenta processos de mecanização. As principais causas da crescente mecanização desta atividade é a busca por aumento da produtividade e a necessidade de redução dos custos da produção.

No entanto, o processo de mecanização da colheita requer investimentos iniciais muito altos e, dependendo da forma de condução do sistema, pode ocorrer grande desvalorização do produto final. Porém, o aumento da qualidade, a racionalização dos processos e a otimização de custos são itens de extrema importância para um melhor desempenho desta atividade.

O objetivo deste trabalho foi analisar tecnicamente a colheita florestal mecanizada de eucalipto em primeira rotação, comparando dois modais de sistemas, o *Feller Buncher* + Processador Florestal com o *Harvester*, considerando o estudo de tempos e movimentos pelo método contínuo e multimomento a fim de identificar os elementos do ciclo

operacional de cada máquina, de modo a verificar a equivalência ou vantagem em algum dos dois modais de sistemas, quanto a produtividade, em uma fazenda na região de Itatinga, Estado de São Paulo.

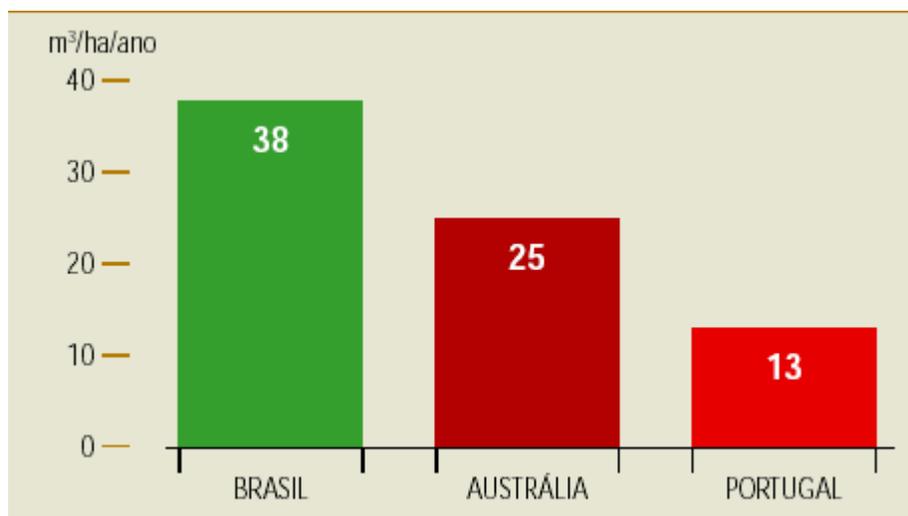
## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. O Setor Florestal Brasileiro e o Eucalipto**

As plantações de eucalipto estão presentes hoje nas mais distintas regiões do mundo, localizadas em diferentes altitudes, tipos de solo ou sob diferentes regimes pluviométricos (VITAL, 2007).

Os plantios de eucalipto evoluíram nos últimos anos, com a adoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, hoje, objeto de certificação independente. O desenvolvimento de uma tecnologia silvicultural de florestas plantadas foi um dos maiores feitos da pesquisa florestal no Brasil, reconhecida em todo o mundo (SILVA, 2005).

Segundo o Guia do Eucalipto (2008), o Brasil se destaca no cenário mundial devido seu excelente desempenho no setor florestal, fruto das condições climáticas e da tecnologia desenvolvidas no país, resultando em taxas nacionais de crescimento do eucalipto superiores às observadas em outros países, conforme a Figura 1.



Fonte: ABRAF, 2007.

Figura 1. Comparação entre a Produtividade Florestal de Eucalipto no Brasil e de países selecionados.

O setor florestal brasileiro contribui com uma parcela significativa para a economia nacional porque gera produtos para consumo interno e para exportação, impostos e empregos para a população e ainda, contribui para a conservação e preservação dos recursos naturais. Os produtos de base florestal representam cerca de 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e gera 4,6 milhões de empregos diretos e indiretos. De acordo com dados da ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas), a exportação de produtos derivados de florestas plantadas, em 2007, somou cerca de 6,1 bilhões de dólares e destes, 70% foram resultantes do cultivo de eucalipto.

Em 2007, segundo a ABRAF, as plantações de eucalipto no Brasil ocuparam cerca de 3.751.867 hectares.

### 2.1.1. O Eucalipto

Eucalipto é a designação vulgar das várias espécies vegetais do gênero *Eucalyptus*, pertencente à família das mirtáceas, que compreende outros 130 gêneros, conforme Vital (2007).

Segundo o mesmo autor, o plantio do eucalipto destacou-se no início do século XIX e disseminou-se como a espécie florestal mais plantada do mundo, ao longo do século seguinte. Já no Brasil, a cultura de eucalipto teve início nos primeiros anos do século XX, mesmo sua introdução no país datar do século anterior, onde a planta ainda era utilizada como quebra-ventos, na extração de óleo vegetal ou mesmo para fins ornamentais. Assim, no final da década de 30, o eucalipto já era plantado em escala comercial, utilizado como dormentes para construção de casas e estradas de ferro, e como combustível (para siderurgia e fornos domésticos) (FIGURA 2).



Fonte: Guia do Eucalipto, 2008.

Figura 2. Linha do Tempo – Evolução do Eucalipto

Exceto em situações onde uma floresta é plantada com a finalidade de proteção ou conservação do solo ou encostas, ou quando tem como objetivo a produção de folhas para extração de óleos essenciais, uma floresta de eucalipto quase sempre tem como função principal de produzir madeira, madeira essa que será colhida e cortada em toras para os mais diferentes usos industriais e domésticos, tais como, lenha, carvão vegetal, celulose e papel, postes, moirões, painéis, móveis, entre outros (FOELKEL, 2007).

Especificamente para o Brasil, segundo Silva (2005), o eucalipto possui um caráter estratégico, visto que sua madeira é responsável pelo abastecimento da maior parte do setor industrial de base florestal.

A participação do eucalipto na economia nacional pode ser avaliada de acordo com seus números. A estimativa da produção de celulose de madeira de eucalipto é de 1,3 milhões de toneladas em 2010. A produção anual de madeira em tora de florestas plantadas para uso industrial soma 166,8 milhões de m<sup>3</sup>, dos quais 111,5 milhões de m<sup>3</sup> (64%) para madeira em tora industrial e o restante de lenha (22,7%) e carvão vegetal (13,4%) (ABRAF, 2009).

O produto florestal mais valioso da floresta plantada, em termos econômicos, é a madeira do tronco ou fuste. Geralmente as árvores são melhoradas a fim de produzirem essa madeira mais eficientemente. Referindo-se somente aos componentes da árvore acima do solo, à sua parte aérea, ou seja, fuste, casca, copa, galhos, folhas, frutos, flores, a madeira do fuste representa de 78 a 85% do peso seco total da árvore (FOELKEL, 2007).

Estima-se que existam, aproximadamente, no Brasil, 1 milhão de hectares destinados à produção de painéis, papel e de celulose, e 1,2 milhão de hectares para a produção de lenha e carvão. (SILVA, 2005).

## **2.2. Colheita Florestal**

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que visa preparar e extrair a madeira até o local de transporte, utilizando-se de técnicas e padrões estabelecidos a fim de transformá-la em produto final (MACHADO, 2002). A colheita, que é a parte mais importante no ponto de vista técnico-econômico, é composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento, quando executado no campo; e de extração e carregamento (SANTOS, 2000). É o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final. A operação de colheita, dependendo da situação, envolve também o planejamento da operação, a medição, o recebimento no pátio da indústria e a comercialização desta madeira (FREITAS, 2005).

A colheita florestal é a principal preocupação das atividades desenvolvidas no sistema de manejo, por causa das dificuldades, custos e danos causados no momento do abate das árvores (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

A colheita é, portanto, a ligação entre os recursos florestais e as indústrias madeireiras ou outros usuários de madeira (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Para cada conjunto específico de condições certamente existe um método e um sistema de colheita apropriado, a ser selecionado para que se proceda a colheita e o beneficiamento da madeira (FREITAS, 2005).

A colheita florestal sempre foi de grande atenção por parte das empresas consumidoras de madeira, devido a sua alta representatividade nos custos da produção e à elevada demanda de mão de obra, e também pela natureza desgastante do trabalho juntamente com o elevado nível de risco de acidentes. Com a abertura das importações, a mecanização da colheita se intensificou, final da década de 90. Com isso, verificaram-se ganhos expressivos na utilização de mão-de-obra; e redução da frequência e gravidade dos acidentes de trabalho, daí em diante o aumento do grau de mecanização da colheita tem sido contínuo (BRAMUCCI, 2001).

### **2.3. Mecanização da Colheita Florestal**

A colheita florestal pode ser realizada de forma mecanizada (“*Harvesters*”, “*Feller-Bunchers*”) ou semi-mecanizada (motosserras). A mecanização das atividades de colheita florestal merece destaque.

As áreas de florestas plantadas no Brasil acumularam em 2008 o total estimado de 6.126.000 ha com eucalipto e pinus. Este total representa um acréscimo de cerca de 282.000 ha plantados em relação ao total estimado do ano anterior (5.844.367 ha). Constata-se crescimento de 7,3% na área plantada com eucalipto e queda de 0,4% no pinus, o que resulta em aumento de 4,38% da área com florestas plantadas acumulada até 2008, em relação a 2007 (ABRAF, 2009).

Os primeiros sistemas de colheita no Brasil foram manuais, na maioria das vezes utilizados na exploração de florestas nativas, sem maiores preocupações com a racionalização ou a produtividade das atividades. Caracterizados pela rusticidade, demanda de

grande esforço físico do trabalhador e alto risco de acidentes. Até os anos 40, não havia o emprego de máquinas na colheita florestal (CANTO, 2006). Atualmente essa forma de produção é pouco utilizada, geralmente na obtenção de madeira para uso doméstico (MOREIRA, 2000).

A mecanização da colheita de árvores evoluiu expressivamente com a utilização das motosserras nestas atividades. Encontram-se registros do surgimento destas na Rússia e na Alemanha por volta de 1930, tanto elétricas como a gasolina, mais ainda distante de serem sujeitas à aceitação pela indústria florestal.

Por exemplo, na década de 70, surgiu o *Beloit Feller-Buncher* que acumulava atividades de corte, desgalhamento e empilhamento, ou o *Buschcombine* que combinava funções de corte, desgalhamento, traçamento, baldeio e carregamento. Posteriormente, surgiu o *Timberline Thinner-harvester* que era capaz de cortar, desgalhar e cortar as toras em três tamanhos.

Em meados dos anos 80, finalmente, surgiram no Norte da Europa, Estados Unidos e Canadá, novos equipamentos, projetados especificamente para o trabalho em atividades florestais, principalmente na colheita da madeira, denominados *Processors*, que deram origem depois às colheitadeiras florestais (NOVAIS, 2006).

O processo de mecanização utilizando máquinas de última geração teve início nos anos 90, e hoje em dia, muitas empresas dominam parte deste processo. Os ganhos foram inúmeros, pois estas máquinas permitem trabalho ininterrupto e altas produções (FREITAS, 2005).

As empresas brasileiras de base florestal, nos últimos anos, têm tido maiores preocupações com a mecanização das operações de colheita florestal, devido a diversos fatores, tais como: o aumento da demanda de madeira e dos custos sociais dos trabalhadores; as buscas por aumento da produtividade; pela escassez da mão-de-obra e principalmente pela competitividade cada vez mais intensa que obriga a redução de custos. (TIBURCIO et al., 1995). Foi com a abertura das importações a partir de 1994, que as empresas intensificaram a mecanização de suas operações de colheita objetivando reduzir custos de produção e visando aumento da eficiência. (MACHADO, 2002).

## **2.4 - Fatores que afetam a Produtividade das Máquinas Florestais durante o Processo de Colheita.**

A produtividade das máquinas florestais pode ser influenciada tanto por fatores externos referentes às operações florestais como também devido ao maquinário utilizado.

Com relação às variáveis sujeitas de mensuração e que podem interferir na produtividade das máquinas pode-se considerar, segundo Malinovski e Camargo (2001): a declividade do terreno, a espécie a ser utilizada, o diâmetro da base e dos galhos, a altura e volume individual das árvores, o volume por hectare, o espaçamento adotado, o tipo de intervenção que irá ocorrer, tipo de rebrota, a necessidade de sortimento, a concentração de madeira, a qualidade da atividade anterior, a densidade e qualidade da malha viária, a altura de tocos após operação de corte, a distância média de extração, as dimensões e qualidade do estaleiro, comprimento da madeira, tipo de solo teor de umidade, o tempo da madeira no campo, época do ano, a qualidade do planejamento das operações, pluviosidade, composição do sub-bosque, alinhamento e danos em florestas remanescentes.

As variáveis que podem ser mensuradas são consideradas por Wadouski (1987) como variáveis diretas, como por exemplo, a topografia, distribuição geográfica, a natureza dos solos, etc. Já o mesmo autor considera como indiretas as variáveis de difícil determinação, que necessitam de maiores cuidados estratégicos, como a estabilidade de áreas de declive, variações climáticas, riscos de compactação e erodibilidade dos solos, etc.

A produção florestal, conforme Malinovski e Camargo (2001), quando sofre intervenções de variáveis imprevistas como as chuvas fortes e repentinas, associadas, por exemplo, a alguns tipos de solo pode inviabilizar o tráfego sob algumas condições. Variáveis independentes de planejamento, como essa, aliada à prática e ao bom senso são ferramentas fundamentais.

Os maquinários utilizados também são considerados variáveis operacionais que podem afligir a produtividade, são eles: o estado dos elementos de desgaste, a qualidade das peças de reposição, o estado dos pneus e esteiras, dependência de outros equipamentos e sistema de manejo adotado (MALINOVSKI; CAMARGO, 2001).

As variáveis operacionais devem ser controladas regularmente para que se possam executar satisfatoriamente as operações programadas. O acompanhamento operacional e manutenção dos equipamentos são de suma importância na obtenção do resultado final (WADOUSKI, 1987).

Além disso, outros componentes sobre o maquinário utilizado, ainda de acordo com os estudos de Malinovski e Camargo, (2001), devem-se ser levados em conta, como a máquina base e o implemento de operação.

A máquina base é composta basicamente por um motor, um sistema de missão de força um sistema de tração, um sistema de articulação, material rodante, um sistema hidráulico, freios e comandos, eixos e um sistema elétrico, além de contar ainda com itens relacionados com ergonomia, segurança, visibilidade, iluminação, acesso aos pontos de manutenção, dimensões e peso. E o implemento de operação corresponde à parte da máquina que efetivamente realiza a operação, no caso de colheita de madeira, os implementos mais comumente utilizados são: cabeçote de *Harvester* e sistemas informatizados de mensuração e sortimento, cabeçotes de *Feller* em sabre, disco ou faca, *Slingshot*, garras de *Skidder*, carretas autocarregáveis e *Forwarder*, guias e garras, rotores, guinchos, delimitadores, grades desgalhadoras, *Slashers*, garras traçadoras, motosserras, entre outros.

Conhecer a produtividade das máquinas sob diferentes condições de operação vem a ser uma importante ferramenta de trabalho na indicação e direcionamento das máquinas necessárias para a atividade de mecanização. A produtividade de determinada operação é função das variáveis externas, ou seja, características do sítio e das variáveis das máquinas, principalmente as operacionais e as características das máquinas: máquina-base e implemento de operação (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Informações a respeito da capacidade operacional são de extrema importância no gerenciamento dos sistemas agrícolas, podendo auxiliar nas decisões que serão tomadas visando à otimização do trabalho. A eficiência de uma máquina em efetuar sua função é um critério indispensável que pode afetar decisões sobre seu gerenciamento.

De acordo com Mialhe (1974), citado por Molin et al. (2002), a capacidade operacional das máquinas é designada como a quantidade de trabalho executada na unidade de tempo. O autor destaca que o estudo das operações, objetiva racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na sua execução. As informações de

desempenho das máquinas são muito importantes devido às máquinas estarem cada vez maiores e mais onerosas, sendo assim, necessário que elas sejam utilizadas efetivamente.

Mesmo a mecanização sendo um processo em crescimento, a escolha do sistema adequado caberá individualmente a cada empresa, de acordo com análises técnico - econômicas criteriosas, levando em conta também os fatores sociais e ambientais. Além disso, devem ser considerados ainda aspectos referentes à equipamentos, infra-estrutura de apoio ao equipamento, como peças de reposição, oficinas, a racionalização das operações, treinamento dos operadores e valorização da mão-de-obra (CANTO, 2006).

## 2.5 - Sistemas de Colheita Florestal

O sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades, integradas entre si, que permitem o fluxo constante de matéria-prima, ou seja, da madeira, evitando os pontos de estrangulamento e exigindo dos equipamentos o máximo empenho de sua capacidade de utilização (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Os sistemas de colheita podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles a topografia do terreno, o rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final de madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis, volume a ser produzido entre outros (MACHADO, 2002).

De acordo com a classificação *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto à forma da madeira na fase de extração, ao local onde é realizado o processamento final e ao grau de mecanização. Em muitos trabalhos adotam-se critérios quanto à forma da madeira na fase de extração: sistemas de toras curtas, compridas e árvores inteiras. Quanto à forma da madeira na fase de extração tem-se segundo Machado (1984):

- Sistema de Toras Curtas (*Cut-to-length*);
- Sistema Fustes (*Tree-length*);
- Sistema de árvores inteiras (*Full-tree*);
- Sistemas de árvores completas (*Whole-tree*);
- Sistema de Cavaqueamento (*Chipping*).

A escolha do tipo de sistema mecanizado a ser utilizado deve contar com algumas variáveis que se não forem levadas em consideração podem resultar em problemas operacionais e ineficiência, tais como, a experiência e a habilidade da mão-de-obra disponível, as características morfológicas da espécie florestal para adaptação da máquina às aquelas características, o produto primário, a distância de arraste e transporte, a eficiência da máquina, o capital requerido e as características do terreno de acordo com tipo de solo e topografia (SALMERON, 1980; MACHADO, 1984; NOVAIS, 2006).

Sistema de toras curtas (*cut-to-length*): a árvore é processada no local da derrubada, sendo extraída e transportada para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras podendo medir até seis metros de comprimento. Sistema largamente empregado por requerer menor grau de mecanização e pela facilidade de deslocamento a pequenas distâncias, baixa agressão ao meio ambiente e pela possibilidade de ser utilizada em desbastes (ZAGONEL, 2005).

No sistema de toras longas ou fuste (*tree-length*) é efetuado o desgalhamento e destopamento da árvore no local do corte e levada para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento (SALMERON, 1980; MACHADO, 1984; NOVAIS, 2006).

O traçamento é realizado nas estradas que circundam o talhão, em pátios intermediários de processamento ou nas indústrias. Esse sistema é muito utilizado na América do Norte, onde cerca de 90 a 95% de toda a madeira colhida até 1996 era feito por esse método. Por esse sistema ser um dos mais baratos, quando mecanizados, muitas empresas do sul do Brasil optaram por esse método (ZAGONEL, 2005).

No sistema de árvores inteiras (*full-tree*) a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou para o pátio intermediário, onde é processada (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Esse sistema de árvores completas (*whole-tree*) consiste em arrancar a árvore com seu sistema radicular, ou parte dele e levá-la para a margem da estrada ou para o pátio temporário, onde será processada. Porém esse sistema só demanda maior interesse nos casos em que as raízes sejam de valor comercial, que é o caso das árvores com alta concentração de resina nos potenciais tocos ou quando são árvores consideradas medicinais.

Esse sistema pode prejudicar a manutenção da produtividade dos sítios, pois ainda não existe muita tecnologia em seu uso (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Sistema de cavaqueamento (*chipping*): a árvore é derrubada, processada e transformada em cavacos dentro do talhão. Posteriormente são levadas para um pátio de estocagem ou diretamente para a indústria (SALMERON, 1980; MACHADO, 1984; NOVAIS, 2006).

## **2.6 - Planejamento da Colheita Florestal**

O alto custo e os problemas ambientais ligados à colheita florestal traduzem a importância do planejamento para esta atividade (FREITAS, 2005). Isso exige que as ações e os propósitos da colheita estejam bem estruturados, estrategicamente formulados para que sejam atingidas as metas pré-estabelecidas.

A viabilidade econômica, técnica, e ambiental dos módulos de colheita assumidos por uma empresa só serão alcançados com o auxílio de um planejamento muito bem estruturado. Assim, pode se estabelecer rotas mais adequadas para a produção, para a colheita e até mesmo para o transporte da madeira, podendo reduzir o trânsito de máquinas no solo contribuindo para a minimização de processos erosivos. O traçado, realizado de forma mais eficiente, pode promover também uma diminuição da emissão de gases na atmosfera. E outro aspecto ainda de suma importância, o maior rendimento das operações mecanizadas, e a conseqüente redução dos custos de produção, pode-se antecipar algumas possíveis falhas de operação tendo um maior domínio da produção (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Ainda de acordo com os mesmos autores Kantola e Harstela (1994), no planejamento operacional procura-se a elaboração de modelos eficientes que possam traduzir os objetivos pretendidos pelas empresas. O plano de trabalho pode ser elaborado a curto, médio ou longo prazo, desde que mantidos atualizados periodicamente. Devem ser consideradas as possibilidades de produção da área referida, políticas adequadas à prática da silvicultura e um plano para execução da atividade (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Devido à grande representatividade da colheita florestal no Brasil um resultado com maior rendimento e com menor custo no controle dos aspectos técnicos,

econômicos e ambientais mostra-se de grande importância para a referida atividade. (FREITAS *et al*, 2005).

## 2.7 - Corte Florestal

O corte é a primeira etapa da colheita florestal, é uma operação de grande importância, pois influencia na realização das operações subsequentes, compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento (SANT'ANNA, 2002). Os principais fatores que podem interferir no corte são: o diâmetro das árvores, a densidade do povoamento, a declividade do terreno, o tipo de equipamento utilizado, a situação do sub-bosque e a capacidade de treinamento do operador (CANTO, 2006).

A primeira operação do corte é a derrubada das árvores, sendo considerada uma das atividades florestais mais perigosas. A derrubada pode ser efetuada de forma semi-mecanizada (motosseras), empregando-se um ou dois homens (operador e ajudante) ou mecanizadas, com a utilização de máquinas do tipo *Harvester e Feller – Buncher* entre outras.

Na seqüência, tem-se o desgalhamento, que se resume em retirar os galhos e o ponteiro das árvores, pode ser manual com machado ou facão, com motosseras (semi-mecanizado) ou mecanizado com a utilização de *Harvester* (CANTO, 2006). Segundo Salmeron (1980), o rendimento do desgalhamento depende muito do diâmetro da árvore e dos ramos, do comprimento do fuste, da ferramenta a ser utilizada e topografia.

De acordo com o mesmo autor, o rendimento dessa operação com a utilização da motosserra é cerca de 30% superior que quando utilizado o machado; porém é necessário que esta seja adequada para o desgalhamento em termos de estrutura, peso, comprimento do sabre e velocidade da corrente e que requer operadores bem treinados.

O traçamento dos toretes, nas dimensões estabelecidas, pode ser realizado também de maneira semimecanizada ou mecanizada. A produtividade do traçamento se dá em função do diâmetro das árvores, do comprimento dos toretes, tipo de ferramenta empregada, disposição das árvores na queda, treinamento dos operadores e topografia (SALMERON, 1980).

### 2.7.1 - Descascamento

O objetivo do descascamento é separar a casca do tronco, de acordo com as finalidades do produto final. Algumas empresas realizam essa etapa na indústria e não no campo, sendo assim, considerada uma atividade opcional, podendo ou não fazer parte do corte. Em campo pode ser realizado de forma manual com facões, cavadeiras, facas ou machadinhas, considerado um método de baixo rendimento ou então de forma mecanizada no campo exigindo mobilidade do descascador e de rendimento superior, feito por meio do cabeçote *Harvester* (CANTO, 2006; MACHADO, 2008).

As principais vantagens do descascamento em campo, segundo Machado (2008), são facilitar a perda de umidade da madeira, por secagem natural, a redução do peso transportado e por evitar que os nutrientes do solo sejam transportados. Já a desvantagem é por facilitar rachaduras na madeira devido à secagem rápida.

### 2.7.2 – Extração de Madeira

Corresponde ao processo de retirada da madeira da área de corte e posterior colocação em locais de armazenagem provisória, como margens da estrada ou carreadores com acesso aos veículos de transporte.

Malinovski e Malinovski (1998) citam que os processos de extração podem se diferir de acordo de como a carga é extraída, dependendo da forma como é realizada ou tipo de equipamento empregado:

- Arraste é quando a carga é removida por tratores agrícolas adaptados, *Skidders*, guinchos, extração manual e animal, estando a carga em total ou parcialmente apoiada sobre o solo;

- Baldeio é o termo utilizado quando o transporte é feito por veículos com plataforma de carga; principais equipamentos empregados são *Forwarders* e tratores autocarregáveis (SALMERON, 1980; CANTO, 2006; ZAGONEL, 2005).

A extração da madeira, no Brasil, pode ser realizada por métodos bastante variados, dos mais rústicos aos altamente mecanizados, exige um planejamento detalhado com o emprego dos equipamentos apropriados.

Cada empresa adota o sistema de extração em função de suas características ou limitações como, por exemplo, a topografia, a disponibilidade de capital, entre outros (SANT'ANNA, 1992).

Alguns fatores podem influenciar no processo de extração da madeira, tais como a densidade do talhão, de acordo com o número de árvores colhidas por área e o volume de madeira; a topografia, pela inclinação do terreno que pode delimitar a eficiência do equipamento, influenciando no rendimento; o solo, pois a capacidade de sustentação e tração do equipamento está condicionada ao tipo de solo (MACHADO, 2008); o volume por árvore, pois quanto menor a árvore, maior o custo operacional por unidade de produção e quanto maiores, significam menor número para completar uma carga, reduzindo os custos operacionais variáveis.

Árvores que estão acima da média podem dificultar as atividades exigindo maior potência do equipamento e também a distância de extração, que é determinada pelo planejamento inicial feito na floresta, em termos da dimensão dos talhões e densidade de estradas, condicionando a seleção dos equipamentos mais adequados para cada situação (ZAGONEL, 2005; SEIXAS, 2002).

### **2.7.3 – Carregamento e Descarregamento**

O carregamento é a colocação da madeira no veículo pelo qual será transportada até o destino final ou pátios intermediários. O descarregamento é a retirada da madeira do veículo de transporte, no local de utilização final ou pátios (MACHADO, 2008).

A eficiência do carregamento e descarregamento está diretamente ligada à produtividade e ao custo do transporte, sendo intermediário entre a extração e o transporte florestal. A seleção para a máquina adequada ao carregamento e descarregamento é feita levando-se em conta o comprimento das toras, o peso específico da madeira, o fator de empilhamento, a capacidade da grua, o volume do feixe, o grau de eficiência operacional, a organização da madeira, o tempo do ciclo da grua e a disponibilidade de veículos de transporte, que juntos visam maior rendimento, melhor aproveitamento do produto, ganho no transporte, aumento da produtividade e redução dos custos (MACHADO, 2008).

O sistema de carga e descarga pode ser realizado de forma manual normalmente utilizada com toras de pequenos comprimentos, baixo peso e diâmetro reduzido, devido ao grande esforço físico dos trabalhadores com baixo rendimento; semi-mecanizada, por meio de cabos de aço tracionados por animais, pequenos tratores ou pelo próprio veículo de transporte ou de forma mecanizada, com carregador de braço hidráulico ou grua, sendo o mais empregado devido a sua grande eficiência (CANTO, 2006).

## **2.8 - Principais Equipamentos da Colheita Florestal**

Os principais equipamentos utilizados na colheita florestal são as motosserras, os tratores empilhadores *Feller-bunchers* e os derrubadores com cabeçotes processadores *Harvesters* (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). Com tanta tecnologia das máquinas derrubadoras, colhedoras e processadoras, as motosserras (método de corte semimecanizado) ainda são muito utilizados devido seu baixo custo e fácil manuseio, em qualquer condição topográfica.

### **2.8.1 - Motosserras**

As motosserras tiveram importante participação no processo de mecanização, pois, substituíram o machado nas operações de corte (MINETTI, 1996). Seu corte permite um baixo investimento inicial, produtividade individual elevada e pode alcançar lugares de difícil acesso às máquinas especializadas (SANT'ANNA, 2002). O surgimento das motosserras livrou o trabalhador do corte manual, considerado atividade bastante rudimentar.

### **2.8.2 - *Feller-Buncher***

O *Feller-Buncher* ou trator florestal cortador consiste em um trator de pneus ou de esteiras com um implemento frontal (cabeçote) que faz o corte, acumulando árvores ou não, e assim empilhando-as para a extração. Os implementos de corte podem ser: sabre, tesoura ou disco (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). É uma máquina utilizada principalmente em cortes rasos, pois não tem mobilidade para realizar desbastes (FIGURA 3).



Fonte: Duratex – Área Florestal.

Figura 3. Máquina base Caterpillar 320 CL equipada com cabeçote Feller-Buncher.

Os *Fellers* surgiram no Brasil, no fim da década de 70, baseados em modelos americanos, quando a empresa *Olinkraft* desenvolveu um equipamento, que ligado ao motor de uma máquina base acionada por uma bomba hidráulica, ativava duas lâminas em forma de uma tesoura que efetuava o corte da árvore (SANT'ANNA, 2002).

O cabeçote, constituído de uma peça rígida, é onde se encontra o mecanismo de corte da máquina, acionado por sistema hidráulico, compõe-se de um disco dentado, uma tesoura de dupla ação, ou um sabre e os braços acumuladores (MACHADO, 2002).

O corte realizado pelo *Feller-Buncher* se dá fixando a árvore por duas garras realizando o corte, com o implemento adequado, no nível do solo. Em seguida, o braço acumulador é acionado, onde a árvore é firmada no cabeçote, reabre as garras e demanda a máquina para a próxima operação, até que se atinja a capacidade de carga (MACHADO; LOPES, 2002).

Quando o corte é realizado com sabre, assemelha-se ao realizado com motosserras, diferindo-se na força propulsora da corrente, pois, na motosserra é gerada por motor a explosão e no caso do *Feller-Buncher*, hidráulico.

O corte realizado com cabeçotes de disco, acionado por um motor hidráulico, faz girar um disco metálico, de espessura aproximada de 50 mm, com dentes na sua circunferência, capaz de cortar uma árvore com um só golpe. Quando o corte é realizado com o implemento de tesoura, pode apresentar uma lâmina, que atinge frontalmente a árvore ou duas lâminas que apresentam movimentos laterais simultâneos para realizar o corte (SANT'ANNA, 2002).

### 2.8.3 - Processador Florestal

O Processador Florestal é o responsável pelo traçamento ou toragem da madeira no comprimento desejado, composto por máquina base de pneus ou esteiras e um cabeçote com serra de acionamento hidráulico (FIGURA 4).



Fonte: Duratex – Área Florestal.

Figura 4. Máquina base Caterpillar 320 CL equipada com Processador Florestal.

Na empresa onde foi realizado o estudo, o processamento das árvores pelo Processador Florestal se dá em um eito de cinco linhas (faixa de trabalho), onde a máquina entra pela quarta linha do eito e segue processando as árvores da primeira até a quinta

linha. O modo como a máquina trabalha é variável para cada empresa e dependente das condições de trabalho local.

Os toretes continuam localizados entre a primeira e a terceira linha e a galhada é posta entre a terceira e a quinta linha. O Cabeçote Processador (também chamado de traçador) faz o desdobro das árvores inteiras em toras menores (SANTOS, 2000).

#### 2.8.4 - *Harvester*

*Harvester* ou colhedora é um trator que pode executar, simultaneamente, as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento e empilhamento da madeira e é composto de uma máquina base de pneus ou esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote. Definido por um conjunto motriz de alta mobilidade e estabilidade (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998) (FIGURA 5).



Fonte: Duratex – Área Florestal.

Figura 5. Máquina base Caterpillar 320 CL equipada com Cabeçote Harvester.

O cabeçote dispõe de braços acumuladores, capazes de segurar e levantar a árvore após o corte. Corte esse realizado por uma serra, um disco ou sabre, onde a árvore é posicionada horizontalmente, e através de rolos dentados em movimentos vai-e-vem promove o descascamento e desgalhamento através de uma estrutura metálica de corte. Para o

“*One Grip Harvester*”, o cabeçote corta, desgalha e traça, e para o “*Two Grip Harvester*” o cabeçote tem somente a função de corte, os equipamentos para desgalhamento e traçamento se encontram sobre o eixo traseiro da máquina base (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 1998). Em seguida, se inicia a toragem e o empilhamento da madeira.

Por trabalhar em campo, o Harvester tem sua capacidade produtiva influenciada por inúmeros fatores ambientais e técnicos, são os principais: o clima (chuva e ventos), a capacidade de suporte do terreno, a topografia, as características das árvores quanto ao seu diâmetro, tamanho dos galhos e da copa, peso e qualidade da madeira (BRAMUCCI, 2001).

Os principais objetivos que desencadearam o projeto de desenvolvimento do *Harvester*, conforme Souza et al. (2000), foram a fim de reduzir a mão-de-obra de baixa qualificação, de melhorar as condições de trabalho do homem e também diminuir os custos operacionais.

No final da década de 80, foram realizadas tentativas a fim de montar um *Harvester* nacional, por intermédio da união entre empresas fabricantes e empresas florestais para desenvolverem o projeto. Com a abertura das importações a partir de 1992, os projetos para construção de *Harvesters*, com tecnologia nacional, foram interrompidos. A partir daí, foram introduzidas no Brasil máquinas que foram adaptadas às nossas condições, sendo usadas tanto para corte, como para o processamento (SOUZA et al., 2000).

## **2.9 - Custos da Colheita Florestal**

A colheita florestal abrangendo suas três atividades básicas, que são, corte, extração e transporte, exibe-se como o item de maior custo das atividades, podendo chegar à cerca de 80% do custo do m<sup>3</sup> de formação da floresta em condições de corte, segundo Freitas (2005). No Brasil, a colheita e o transporte são responsáveis por mais de 50% do custo final da madeira que chega ao centro consumidor (MACHADO, 2008). O maior desafio para que haja redução dos custos operacionais da colheita e do transporte florestal é a seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais.

O custo operacional de uma máquina é o montante de todos os custos oriundos de sua aquisição e operação. O conhecimento desse custo é uma etapa de extrema

importância para o planejamento e o controle de sua utilização; cuja variação é influenciada, principalmente, pela eficiência operacional e também pela jornada de trabalho (FREITAS, 2005).

A redução dos custos da colheita é vital para qualquer empresa, portanto, uma análise detalhada dos diferentes modais de colheita, em cada atividade, tem importante papel no entendimento dos mesmos e ainda facilita os estudos a fim de reduzi-los.

### **2.10 - Tecnologia para o Rendimento da Colheita**

Mesmo com toda a tecnologia à disposição da colheita florestal, muitas empresas do Brasil ainda utilizam os sistemas manuais ou semi mecanizados em suas atividades, em virtude de se localizarem em regiões de relevo desfavorável ou à disponibilidade de mão-de-obra. Gradualmente esse quadro vem diminuindo, pois esses métodos estão se tornado ultrapassados tanto técnica quanto economicamente, ocasionando menor produtividade e maiores custos operacionais (OLIVEIRA et al., 2006).

A colheita da madeira é considerada uma das operações de mais alto custo no processo produtivo de uma empresa florestal. Por esse motivo, todo sistema de colheita florestal necessita de uma avaliação de rendimento para uma análise eficiente das viabilidades técnicas e econômicas, seja em um sistema mecanizado ou não. Oliveira et al. (2006) acrescenta que a colheita da madeira necessita de um bom planejamento, por ser uma atividade complexa, devido a inúmeros fatores biológicos, ambientais, técnicos e econômicos que a afetam direta ou indiretamente.

Tanto o estudo comparativo do rendimento nas operações semi-mecanizadas de colheita florestal quanto a melhor adequação dos equipamentos ao sistemas de produção (em função da realidade de cada empresa) são fatores predominantes na melhoria da produção, dessa forma diminuindo custos e superando a qualidade final do produto.

Os equipamentos importados, algumas vezes tropicalizados, não atingem a mesma eficiência operacional dos seus países de origem devido, essencialmente, às diferenças edafoclimáticas de operação e também pela carência de pesquisas para a adaptação operacional desses equipamentos em nosso país.

As empresas brasileiras vêm investindo cada vez mais em pesquisas com o objetivo de melhorar a colheita florestal, por exemplo, com a busca de equipamentos e máquinas mais confortáveis, e promovendo a realização de diversos congressos e simpósios, buscando troca de informações, estas vêm obtendo cada vez mais sucessos na implementação de sistemas mecanizados de colheita de madeira (OLIVEIRA et al., 2006).

A avaliação dos sistemas de colheita é fundamental na mediação do processo produtivo, independente de ser ou não mecanizado, pois o objetivo principal é o aumento da produtividade e a minimização dos custos, sendo assim, essa avaliação torna-se um instrumento imprescindível no estudo comparativo dos diferentes métodos de colheita florestal. O sistema de colheita florestal é formado de um conjunto de operações individuais, porém interdependentes, que obtém como resultados a madeira cortada e transportada até o consumidor final.

### **2.10.1 - Rendimentos**

Rendimento é o resultado da divisão de uma grandeza relativa, mensurável, por unidade de tempo. A base destes estudos é a estimativa da produção física em relação ao tempo (MAC DONAGH, 1994). A medição dos tempos resulta em ciclos que demonstrarão ao final os rendimentos de um colaborador, máquina e/ou implemento (STÖHR, 1981; MACHADO e MALINOVSKI, 1988).

Os rendimentos operacionais da colheita de madeira, por se tratar de uma atividade complexa, possuem a influência de diversos fatores. Assim, é extremamente necessário ter conhecimento e controle sobre esses fatores, possibilitando dessa maneira a realização máxima do trabalho e de suas estratégias. Alguns fatores que podem influenciar nos rendimentos são: a floresta, terreno, finalidade da madeira, demanda de madeira, estradas, manutenção mecânica, custos operacionais, condições climáticas, capacidade de suporte do terreno e grau de mecanização, de acordo com Zagonel (2005).

## 2.11 - Estudo de Tempos

Através do estudo de tempos são obtidas as informações mais importantes para a tomada de decisões com relação ao planejamento e execução do trabalho.

O estudo dos tempos e movimentos, independentemente do grau de mecanização da colheita, é utilizado na avaliação do sistema, pois permite que se faça correções ou alterações no processo de produção, visando melhoria dos resultados. É também indispensável na comparação de equipamentos e métodos possibilitando que as equações possam ser ajustadas a fim de se estimar o rendimento das máquinas nas condições de trabalho (MACHADO, 1984).

O caminho para se atingir os rendimentos esperados, a minimização dos custos e qualidade do processo e do produto são as avaliações operacionais, o aperfeiçoamento e o desenvolvimento dos equipamentos e dos sistemas para que se adaptem à realidade enfrentada por cada empresa. Sempre quando se pretende executar um trabalho, as maiores preocupações são de encontrar o meio mais econômico, e a partir daí determinar a quantidade de trabalho em um determinado período de tempo.

Inicialmente, as aplicações do estudo de tempos eram utilizadas somente na mão-de-obra direta nas fábricas, porém, seus princípios são universais, podendo ser empregados sempre.

Diversas formas podem ser usadas para medir o trabalho, por exemplo, padrões de tempos sintéticos e amostragem do trabalho, mas a cronometragem direta é o método mais empregado.

O método de *tempo contínuo* caracteriza-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, isto é, de forma contínua. O pesquisador faz a leitura do cronômetro cada vez que acontece um ponto de medição, anotando a hora indicada no cronômetro sem detê-lo, junto ao nome da atividade parcial recém-concluída. O tempo requerido para cada trabalho parcial é calculado durante a avaliação por subtração entre a hora em que terminou a atividade parcial em questão e a hora em que a mesma se iniciou. A vantagem neste método é que as atividades parciais são anotadas na seqüência em que ocorrem, cronologicamente, facilitando a percepção de eventuais erros, bem como a identificação e cronometragem de atividades não previstas.

Já o método de *multimomento* trabalha com cronômetros que giram continuamente. Neste método são medidos os tempos das atividades parciais. Estes são determinados através da frequência com que ocorrem. Para isto observa-se, em determinados intervalos, quais atividades parciais estão sendo desenvolvidas e faz-se uma marcação no formulário dos tempos de trabalho (BARNES, 1977; FENNER, 2001).

Com as informações obtidas podem-se estabelecer programações e planejar trabalho; estimar os custos de produção de um produto antes do início da fabricação; como auxílio ao preparo de orçamentos; estimativa de produtividade de homens e máquinas; dimensionamento da frota, ou seja, estimar de quantidade de máquinas e de pessoas que são necessárias para obter uma determinada produtividade; e como base para o pagamento de incentivo à mão-de-obra direta ou indireta.

O interesse em otimizar o rendimento dos sistemas de produção ainda não mecanizados totalmente deve ser constante, visto que, a aquisição de qualquer equipamento de produção deve ser precedida de um estudo detalhado de custos e rendimentos, infra-estrutura de assistência técnica dos fornecedores e treinamentos dos operadores, acompanhada sempre de eficiente serviço de manutenção, avaliações periódicas de resultados, além de atender plenamente à segurança e ergonomia dos operadores. O objetivo é minimizar custos tornando a atividade de colheita da madeira rentável e positiva na cadeia operacional das empresas (BARNES, 1977).

Outro fator importante é a manutenção preventiva nas máquinas em geral, pois isso reduz os tempos de interrupções das jornadas de trabalhos e também colaboram para obtenção de custos operacionais menores. Para que o equipamento esteja em condições de disponibilidade, um controle eficaz de manutenção deve sempre ser observado.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Materiais

##### 3.1.1. Caracterização da Área de Estudo

A pesquisa foi realizada entre Janeiro e Fevereiro de 2007, em uma floresta homogênea da espécie *Eucalyptus Grandis* Hill ex Maiden de primeiro corte, com seis anos de idade, seminal, destinada a atividades industriais para suprimento de fibra de madeira.

A área experimental (FIGURAS 6 e 7) localizada no Estado de São Paulo, geograficamente sob as coordenadas de Latitude Sul 23° 11' e 48° 30' de Longitude Oeste. Área de relevo classificado como plano, de altitude média 650 metros acima do nível do mar, com cerca de 31,3 ha, tendo sido utilizado para a pesquisa aproximadamente 7,51 ha.

O solo da área é classificado como AQ1- Areia Quartzo sálica, a moderado, relevo plano. Previamente foi determinado que para cada sistema seriam necessárias 15 linhas, tem um total de 5 eitos para cada sistema, sendo o eito dividido em 3 repetições de 180 metros cada.

De acordo com o registro total da área, identificou-se que no momento da colheita havia 1379 árvores em média por hectare, com diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 0,14 metros. A altura média do povoamento era de 24,10 metros com incremento médio anual (IMA) de 49,85 m<sup>3</sup>.ha.ano<sup>-1</sup> e com volume médio de 289 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> com casca.



Fonte: Google Earth (2007).

Figura 6. Área Experimental



Fonte: Google Earth (2007).

Figura 7. Localização.

### 3.1.2. Área Experimental

A área total de estudo foi de 7,51 hectares (FIGURA 8).

Após a área definida houve a necessidade da realização de um trabalho de campo para avaliar a homogeneidade da floresta determinada para o processo. Através da medição do DAP de todas as árvores dispostas nas 30 linhas da área demarcada foram medidas e mapeadas. Dessas 30 linhas ficaram 15 para o sistema 1, ou seja, para colheita e processamento com o conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal e 15 para o sistema 2, com *Harvester*, ou seja, total de 5 eitos (3 linhas cada eito). A demarcação foi de 645,50 metros de comprimento por 116,40 metros de largura (FIGURA 8).

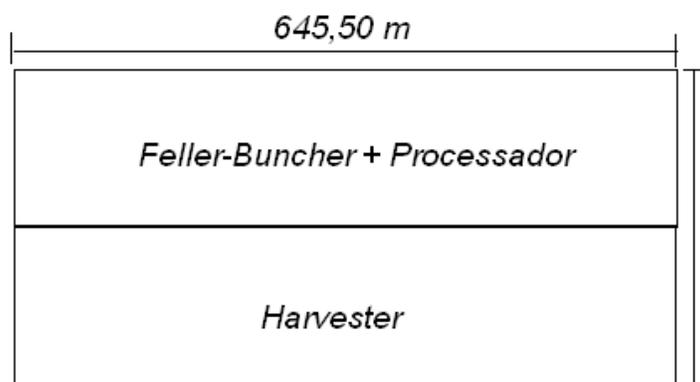


Figura 8. Croqui da área experimental.

Também foi realizada uma divisão da área em parcelas de 180 metros. As três primeiras árvores de cada linha foram cortadas a fim de evitar diferença de volume (efeito bordadura). Se algum tratamento apresentou diferenças significativas entre as médias de DAP foi levada em conta à repetição homogênea para a comparação entre os sistemas, descartando as heterogêneas.

Para comprovação da homogeneidade da floresta entre os tratamentos foi feita uma análise estatística com base nos dados recolhidos no censo, verificando se os tratamentos demarcados eram homogêneos, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre as médias.

### **3.1.3. Características Climáticas e Geológicas da Região**

Na região estudada, o clima caracteriza-se como mesotérmico úmido (Cwa), segundo a classificação de Köppen.

O total de precipitação pluvial anual em 2007, ano que foi realizado o estudo, foi de 1407 mm, com o total médio no mês mais seco de 11 mm, no mês mais chuvoso média de 278 e 253 mm no mês que foi efetuado o estudo, sendo que choveram 17 dias, com precipitação mínima de 3 mm e máxima de 30 mm.

A temperatura média anual foi de 22,8°C, sendo 16,5°C no mês mais frio, 27°C no mês mais quente e 24°C no mês em que foi efetuado o estudo.

### **3.1.4. Sistemas de Colheita**

O sistema em estudo foi de toras curtas, com comprimento de 6 metros em média, de primeiro corte, incluindo as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento da madeira dentro do próprio talhão.

### **3.1.5. Fluxos Operacionais das Máquinas**

#### **3.1.5.1. *Feller-Buncher***

O *Feller-Buncher* realizou o seguinte caminho no talhão: subiu em uma linha reta e cortou as árvores, o eito de corte era composto por três linhas e fazendo feixes paralelos dessas árvores às linhas de plantio que eram depositados no chão, com um ângulo aproximado de 45° com relação ao alinhamento do plantio e localizados a contraposto das árvores em pé, deixando-as preparadas para o processamento. (FIGURA 9).

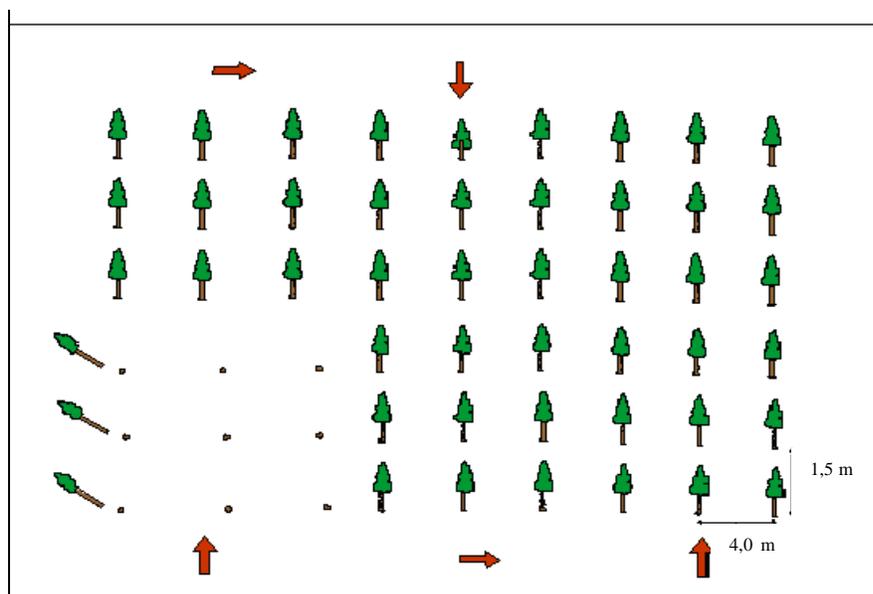


Figura 9. Fluxo do *Feller-Buncher* no eito de derrubada

### 3.1.5.2 - Processador Florestal

O processador florestal é o responsável pelo traçamento ou toragem da madeira no comprimento desejado após a operação realizada pelo *Feller-Buncher*. Deslocando-se no mesmo eito de derrubada, mas no sentido oposto ao do *Feller-Buncher*, iniciava o processamento dos feixes das árvores, que era composto de desgalhamento, traçamento, destopamento e empilhamento da madeira.

### 3.1.5.3 – *Harvester*

Nesse sistema o corte era realizado por trator tipo escavadeira com cabeçote *Harvester* (derrubador-desgalhador). O eito de derrubada do *Harvester* foi composto por três linhas de árvores. A derrubada foi feita na direção das árvores em pé, depois da derrubada realizou-se o desgalhamento, destopamento e o traçamento das árvores em toretes de seis metros de comprimento (FIGURA 10).

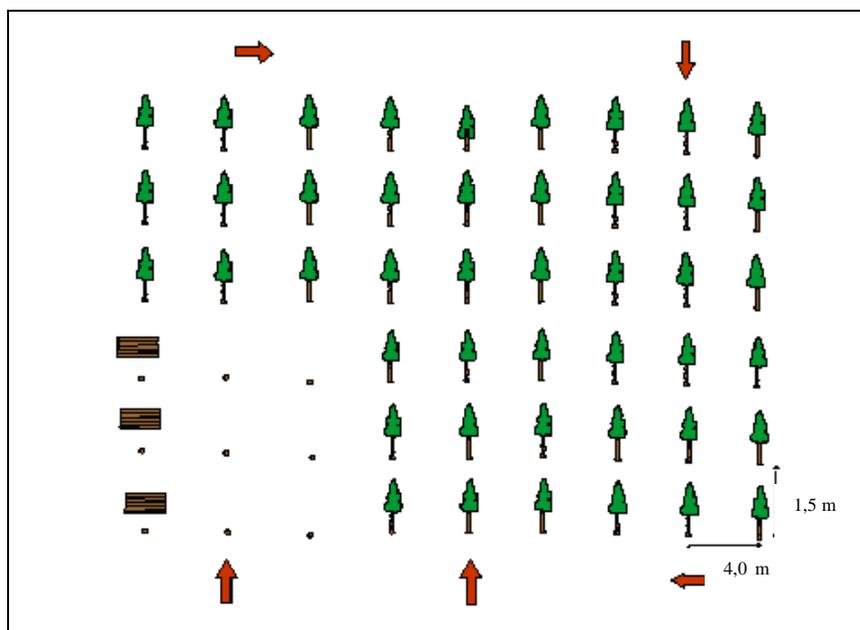


Figura 10. Fluxo do *Harvester* no eito de derrubada

### 3.1.6 - Características Gerais das Máquinas Estudadas

As máquinas de colheita florestal que foram utilizadas:

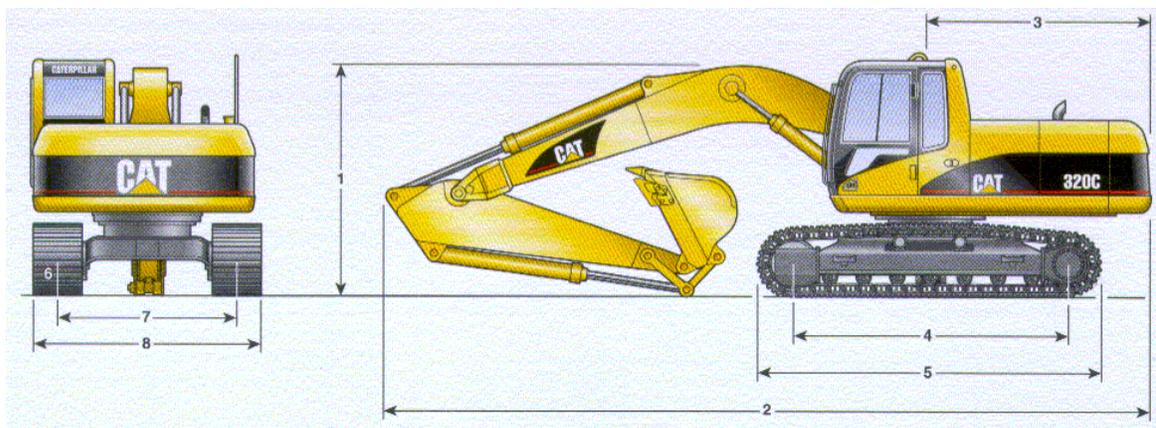
- *Harvester*: Máquina Base CAT 320 CL – Cabeçote Partek 965 BR;
- *Feller-Buncher*: Máquina Base CAT 320 CL – Cabeçote Risley H1818 TS;
- Processador Florestal: Máquina Base CAT 320 CL – Cabeçote Processador de Grande Produtividade.

#### 3.1.6.1 – *Feller-Buncher*

O *Feller-Buncher* tem a função de cortar e acumular as árvores, segurando-as à altura média do peito (DAP) com garras coletoras. A seguir, as dispõe no braço acumulador e assim sequencialmente até sua capacidade total. Com o feixe de árvores em

posição vertical, ele se desloca e a fim de agilizar o processo seguinte que é o processamento da madeira, deposita esses feixes no chão.

A estrutura da máquina base utilizada nessa pesquisa era composta de escavadeira hidráulica, com grua de alcance máximo de 8.930 milímetros e cabeçote de corte acumulador. As dimensões da máquina base são descritas na seqüência. (FIGURA 11).



Fonte: Duratex – Área Florestal.

Figura 11. Dimensões da máquina base *Feller-Buncher*.

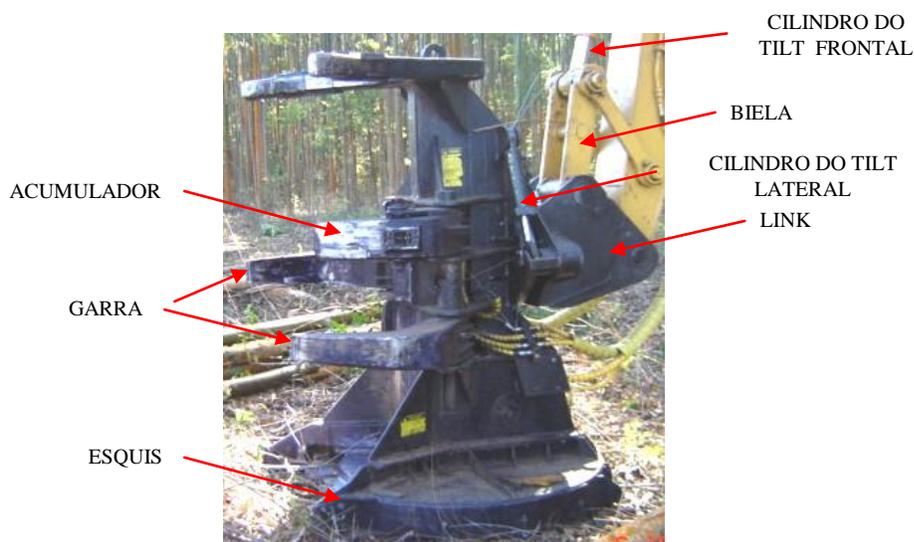
Os dados técnicos do trator empregado neste estudo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características Técnicas da máquina base Feller-Buncher.

ESCAVADEIRA	CARACTERÍSTICAS/ DIMENSÕES
CAT 320 CL	
Motor	CAT 3066 T
Configuração	6 cilindros/linha
Potência	138 HP
Sistema Elétrico	24 Volts
Altura (1) (transporte, incluindo proteção)	3,43 mm
Comprimento (2)	9,460 mm
Altura Livre do Solo (6)	475 mm
Largura da Sapata garra dupla (7)	600 mm
Largura (8)	3,180 mm
Peso (sem o cabeçote)	21.000 Kg
Giro	360°
Alcance Máximo da Lança aproximado	9,000 mm

Fonte: Duratex S/A

O cabeçote do *Feller-Buncher* era o modelo HT 1818- TS, da Risley, com velocidade do disco de corte de 1100 rpm. (FIGURA 12). O conjunto de corte possui um disco com diâmetro de 21 polegadas e dentes de 2,5 polegadas.



Fonte: Duratex –Área Florestal.

Figura 12. Cabeçote *Feller-Buncher* da marca Risley.

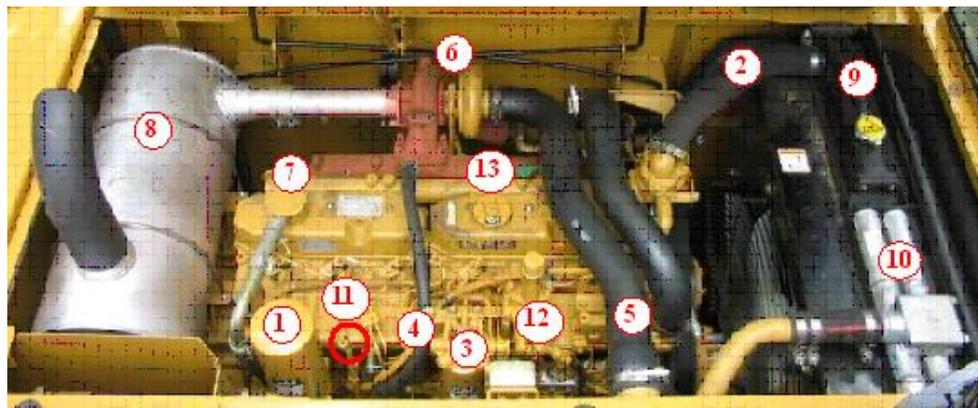
As especificações do cabeçote estão detalhadas na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2. Características do cabeçote Feller-Buncher.

Descrição	Quantidade
Peso (Kg)	3470
Pressão do sistema hidráulico (bar)	241
Diâmetro máximo de corte (mm)	510
Rotação do disco (rpm)	1.200
Rotação do motor hidráulico (rpm)	2.400
Inclinação lateral do cabeçote	15°
Cilindros do tilt lateral	2
Número de dentes cortadores	16

Fonte: Duratex – Área Florestal.

O Motor Diesel Caterpillar 3066 T Turbinado (FIGURA 13), com potência líquida 138 HP a 1900 rpm, cilindro de diâmetro 102 mm, pistões com curso de 130 mm, e 6,4l Cilindradas, pode ser mais bem detalhado de acordo com a Tabela 3.



Fonte: Duratex – Área Florestal

Figura 13. Motor e seus componentes

Tabela 3. Especificações do Motor.

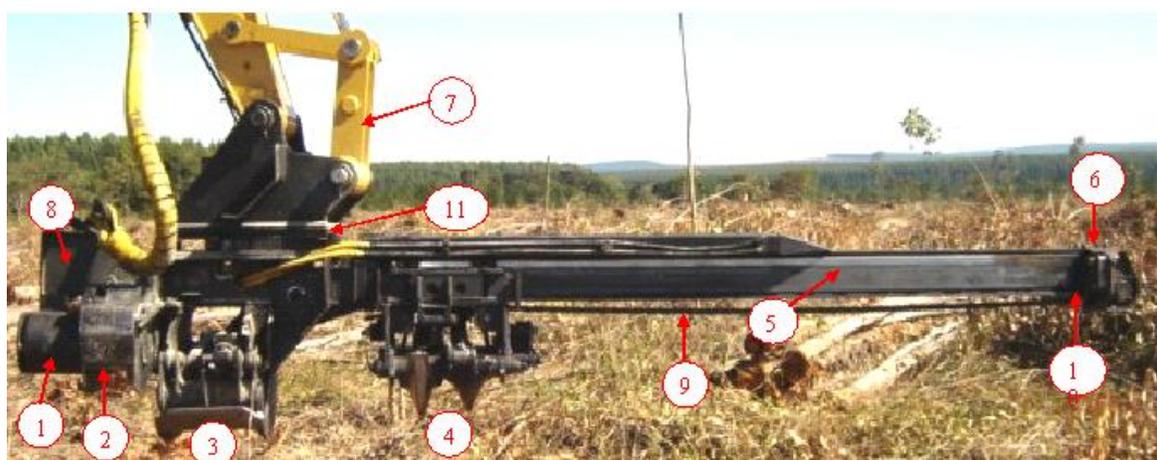
Item	Descrição
1	Filtro de Óleo do Motor;
2	Mangueira superior do radiador;
3	Filtro de óleo diesel;
4	Coletor de admissão;
5	Tubulação de alimentação de ar;
6	Turbo compressor;
7	Tampa do motor e cano de respiro;
8	Escapamento;
9	Radiador da Água do Motor;
10	Radiador do Óleo Hidráulico;
11	Vareta do Nível do Óleo do Motor;
12	Bomba Manual de Alimentação Diesel;
13	Coletor de Escape.

Fonte: Duratex – Área Florestal.

### 3.1.6.2. Processador Florestal

O Processador Florestal estudado é composto por uma máquina base estruturada por escavadeira hidráulica, com grua de alcance máximo de 8930 mm e cabeçote processador.

O cabeçote utilizado no Processador tem a função de pegar as árvores já cortadas pelo *Feller- Buncher*, acumular, desgalar, separar em seções (torar), e empilhar na forma de feixes (FIGURA 14).



Fonte: Duratex – Área Florestal.

Figura 14. Cabeçote Processador Marca MSU e seus componentes

Tabela 4. Especificações do Cabeçote Processador

Item	Descrição
1	Motor do Sabre;
2	Conjunto de corte;
3	Garra;
4	Carrinho Desganhador;
5	Torre/Mastro;
6	Ponteira;
7	Mecanismo do Tombo Frontal;
8	Comando Hidráulico;
9	Corrente de acionamento do carrinho;
10	Batentes de borracha;
11	Gremalheira

Fonte: Duratex – Área Florestal.

O cabeçote é da marca MSU, modelo Duraflora com velocidade de corte de 30 metros por segundo. Suas características técnicas são detalhadas na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5. Características do Cabeçote Processador.

PROCESSADOR	DIMENSÕES
Modelo	S21R2
Capacidade de Corte	21”
Peso	2.630 kg
Comprimento do braço	2,80 m
Rotação Lateral	2400°
Velocidade de desgalhamento	2,5 m/s
RPM da corrente de corte	30 m/s
Tempo de corte	4 – 5 seg.
Tempo de retorno do sabre	2 – 3 seg.
Número de cortadores da corrente	34
Pressão de avanço do corte mínimo	81.77 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão de avanço do cote máximo	115.73 kgf/cm <sup>2</sup>
Alimentação do motor da serra	189 l/min. a 227 l/min.

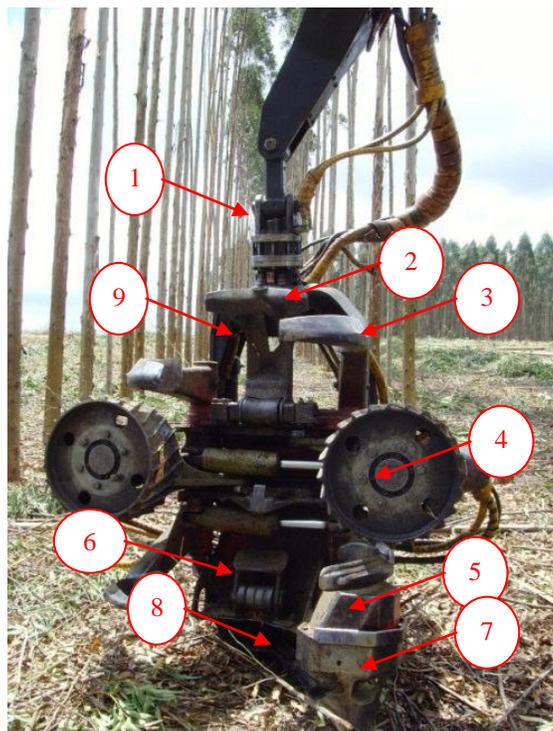
Fonte: Duratex – Área Florestal.

### 3.1.6.3. *Harvester*

O *Harvester* primeiramente derruba as árvores e posteriormente executa as funções dedesgalhamento, descascamento, traçamento, destocamento e empilhamento da madeira no local da colheita.

O *Harvester* utilizado na pesquisa é composto por máquina base com estrutura de escavadeira hidráulica, cabeçote multifuncional e com grua para alcance de 8930 mm.

O cabeçote marca *Valmet* modelo 965 BR, (FIGURA 15 e TABELA 6), tem velocidade de corte entre 0 e 4 metros por segundo.



Fonte: Duratex – Área Florestal.

Figura 15. Cabeçote *Harvester* da marca *Valmet*.

Tabela 6. Especificações do Cabeçote *Harvester*

Item	Descrição
1	Rotator
2	Faca desgalhadora frontal
3	Facas desgalhadoras
4	Rolos de tração
5	Motor da serra
6	Roldana para alinhamento da árvore
7	Caixa de corte – determina altura das cepas
8	Sabre de corte
9	Link articulado

Fonte: Duratex – Área Florestal.

Obteve-se o tracionamento das árvores através de rolos cuja força motriz fora realizada por motores hidráulicos. O corte foi executado por sabre com corrente, tipo motosserra, também acionado por motor hidráulico (TABELA 7).

Tabela 7. Características técnicas do cabeçote *Harvester*.

Marca	Modelo	Peso (Kg)	Diâmetro de Corte (mm)
Valmet	965 BR	1.205	250
Pressão do Sistema Hidráulico (bar)	Número de Facas	Abertura facas Superiores (mm)	Abertura facas Inferiores (mm)
250	5	530	700

Fonte: Duratex – Área Florestal.

### 3.1.7- Estudo de Tempos e Rendimentos

O estudo de tempos e movimentos compreendeu a medição das grandezas relativas, medição dos tempos e fatores de influência.

Para o estudo de tempos, foi utilizada tomada de tempos contínuos e multimomentos. Na obtenção do rendimento efetivo da máquina *Harvester*, foram excluídos os tempos ociosos, ou seja, os tempos de pausa, manutenção, sendo apenas o tempo de corte, de ciclo de cada árvore. Para isso foi somado o tempo de ciclo de cada repetição e através do número de árvores cortadas, foi calculado o tempo médio em cada ciclo, e através do volume médio de cada árvore, multiplicando pelo número de árvores por hora, pode ser calculado o rendimento operacional efetivo.

No rendimento operacional efetivo da máquina *Feller-Buncher*, também foram excluídos os tempos ociosos citado anteriormente. Foram somados os tempos de ciclo de cada repetição e através do número de feixes cortados, calculados os tempos médios em cada ciclo, e através do volume médio de cada árvore, multiplicado pelo número médio de árvores por ciclo, calculou-se o volume médio por ciclo, esse volume médio por ciclo multiplicado pelo número de ciclos por hora, nos dá o cálculo do rendimento operacional efetivo. O processador também foi calculado pelo número de horas trabalhadas (efetivo). Esse tempo gasto para processar e soltar as galhadas é o tempo efetivo da máquina e o rendimento

foi calculado pelo volume total de madeira processada que foi enviada para a fábrica. Esse volume dividido pelas horas efetivas, calculando-se assim o rendimento operacional efetivo.

Toda a madeira medida e cortada em campo foi transportada separadamente para a fábrica.

### **3.1.8. Atividades Parciais das Máquinas**

#### **3.1.8.1. *Harvester***

Na seqüência (TABELA 8) seguem descritas as operações parciais que produziram o ciclo de atividades do *Harvester* no estudo de tempo pelo método de multimomento. Enquanto que na Tabela 9 pode ser verificado o ciclo de atividades do *Harvester* no estudo de tempo pelo método contínuo.

Tabela 8. Ciclo Operacional *Harvester* – MULTIMOMENTO.

ATIVIDADES	DESCRIÇÃO
PARCIAIS	
Atividades Efetivas (AE)	
Pegar	Momento em que o operador encosta o cabeçote da máquina para pegar a árvore.
Cortar	Tempo dispendido para efetuar o corte da árvore.
Processar	Tempo necessário para realizar o processamento da árvore.
Traçar Movimento cabeçote	Tempo dispendido para efetuar o corte das árvores em toretes. Deslocamento do cabeçote para pegar e/ ou soltar a árvore.
Deslocamento	Deslocamento da máquina dentro do talhão
Soltar galhada	Tempo dispendido para soltar a galhada.
Travesseiro	Tempo em que o operador prepara o travesseiro para iniciar um novo feixe.
Atividades Gerais (AG)	
Manutenção	Interrupção do trabalho por motivo de quebra, reparos e/ ou manutenção da máquina.
Pausa	Tempo dispendido para necessidades fisiológicas.

Tabela 9. Ciclo Operacional *Harvester* – CONTÍNUO.

ATIVIDADES	DESCRIÇÃO
PARCIAIS	
Atividades Efetivas (AE)	
Corte	Tempo dispendido para efetuar o corte da árvore, tempo dispendido para soltar a galhada e tempo em que o operador prepara o travesseiro para iniciar um novo feixe e deslocamento da máquina dentro do talhão.
Atividades Gerais (AG)	
Pausa	Tempo dispendido para necessidades fisiológicas.
Manobra	Inicia-se no momento em que a máquina sai da linha de plantio e realiza manobra na estrada ou no carreador, finalizando quando retorna a linha de plantio.
Manutenção	Interrupção do trabalho por motivo de quebra, reparos e/ ou manutenção da máquina.

### 3.1.8.2. *Feller-Buncher*

Seguem descritas, na seqüência, as operações parciais no estudo de tempos pelos métodos multimomento (TABELA 10) e contínuo (TABELA 11), os quais produziram o ciclo de atividades do *Feller-Buncher*.

Tabela 10. Ciclo Operacional *Feller –Buncher* – MULTIMOMENTO.

ATIVIDADES PARCIAIS	DESCRIÇÃO
Atividades Efetivas	
Pegar/cortar	Tempo dispendido para pegar/cortar árvore.
Pegar árvore caída	Tempo dispendido para pegar árvore caída no chão.
Soltar árvore	Momento em que o operador deposita no chão o feixe com as árvores cortadas.
Movimento cabecote	Deslocamento do cabecote para pegar e/ou soltar a árvore.
Deslocamento	Deslocamento da máquina dentro do talhão
Acertar feixes	Tempo dispendido para acertar feixes no chão.
Atividades Gerais	
Manutenção	Interrupção do trabalho por motivo de quebra, reparos e/ou manutenção da máquina.
Pausa	Tempo dispendido para necessidades fisiológicas.

Tabela 11. Ciclo Operacional *Feller- Buncher*- CONTÍNUO

ATIVIDADES PARCIAIS	DESCRIÇÃO
Atividades Efetivas	
Corte	Tempo dispendido para efetuar o corte da árvore, tempo dispendido para pegar árvore caída no chão e tempo dispendido para acertar feixes no chão.
Deslocamento	Deslocamento da máquina dentro do talhão
Atividades Gerais	
Manutenção	Interrupção do trabalho por motivo de quebra, reparos e/ou manutenção da máquina.
Pausa	Tempo dispendido para necessidades fisiológicas.
Manobra	Inicia-se no momento em que a máquina sai da linha de plantio e realiza manobra na estrada ou no carreador, finalizando quando retorna a linha de plantio.

### 3.1.8.3. Processador Florestal

Seguem descritas as operações parciais que produziram o ciclo de atividades do Processador Florestal no estudo de tempo pelo método de multimomento (TABELA 12) e pelo método contínuo (TABELA 13).

Tabela 12. Ciclo Operacional do Processador Florestal - MULTIMOMENTO

ATIVIDADES	DESCRIÇÃO
PARCIAIS	
Atividades efetivas	
Deslocamento	Deslocamento da máquina dentro do talhão
Pegar feixe	Tempo dispendido para pegar feixe.
Dificuldade pegar feixe	Dificuldade para pegar feixes devido a distribuição das árvores no chão.
Processar	Tempo dispendido para efetuar o processamento das árvores.
Dificuldade para processar	Dificuldade para realizar o processamento devido quantidade de galhos e/ou condição de trabalho do sabre.
Traçar	Tempo dispendido para efetuar o corte das árvores em toretes.
Dificuldade para traçar	Dificuldade de corte devido ao diâmetro das árvores e/ou condição de trabalho do sabre.
Desgalhar	Tempo dispendido para desgalhar o feixe.
Soltar galhada	Tempo dispendido para soltar a galhada.
Atividades Gerais	
Manutenção	Interrupção do trabalho por motivo de quebra, reparos e/ou manutenção da máquina.

Tabela 13. Ciclo Operacional do Processador Florestal - CONTÍNUO

ATIVIDADES PARCIAIS	DESCRIÇÃO
Atividades efetivas	
Deslocamento	Deslocamento da máquina dentro do talhão
Processamento	Tempo dispendido para efetuar o processamento das árvores. Dificuldade para realizar o processamento devido quantidade de galhos e/ou condição de trabalho do sabre. Tempo dispendido para efetuar o corte das árvores em toretes. Dificuldade de corte devido ao diâmetro das árvores e/ou condição de trabalho do sabre. Tempo dispendido para desgalhar o feixe. Tempo dispendido para soltar a galhada.
Atividades Gerais	
Pausa	Tempo dispendido para necessidades fisiológicas.
Manobra	Inicia-se no momento em que a máquina sai da linha de plantio e realiza manobra na estrada ou no carreador, finalizando quando retorna a linha de plantio.

### 3.2. Metodologia

Para a escolha da área experimental foram estabelecidos os seguintes parâmetros: floresta homogênea, equiânea e da mesma espécie, talhão de primeiro corte, relevo plano, solo areia Quartzó sálica. Os operadores das máquinas possuíam a mesma

experiência profissional e a coleta dos dados foi efetuada nos mesmos horários e condições climáticas.

Após a alocação das parcelas no campo as mesmas foram inventariadas para determinar a homogeneidade em diâmetro à altura do peito e volume de madeira.

Um estudo piloto foi efetuado para a definição dos elementos do ciclo operacional e para determinar o número mínimo de amostragem.

Os rendimentos operacionais foram calculados com base nos dados do estudo de tempos e movimentos de cada máquina estudada e no volume de madeira cortada e processada.

### 3.2.1. Amostragem

Foi utilizada a amostragem sistemática, sendo o número de ciclos operacionais estimados através da metodologia utilizada por Barnes (1968). Inicialmente, realizou-se um estudo piloto dos ciclos operacionais, buscando estabelecer o número mínimo de ciclos, para um erro de amostragem admissível fixado em 5%, a 95% de probabilidade, através da equação 1:

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$n$  – número mínimo de ciclos operacionais necessários;

$t$  – valor de  $t$ , *Student*, no nível de probabilidade desejado e  $(n-1)$  graus de liberdade;

$CV$  – coeficiente de variação (%);

$E$  – erro admissível (%).

### 3.2.2. Estudo dos Rendimentos

Para determinar o rendimento operacional das máquinas envolvidas na colheita florestal, houve a necessidade de realizar um estudo de tempos e movimentos.

O rendimento operacional da colheita florestal foi calculado através do volume da madeira com casca, em metros cúbicos e do tempo efetivo necessários para efetuar a operação.

O volume de madeira foi obtido multiplicando o número de árvores derrubadas ou de toretes processados pelo volume médio por árvore ou por torete. Os volumes médios das árvores ou dos toretes foi determinado preliminarmente através de cubagem.

O cálculo do rendimento operacional médio das operações mecanizadas de colheita florestal está representado na equação 2:

$$R = v \cdot T^{-1} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

R – rendimento operacional médio ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ );

v – volume, em metros cúbicos de madeira com casca derrubada e processada ( $\text{m}^3$ );

T – tempo em horas (h).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estudo de Tempos e Movimentos

Foram comparados dois modais de sistemas *Harvester* e *Feller-Buncher* + Processador. O estudo dos rendimentos dos dois modais de colheita em questão é uma ferramenta importante para cálculos de custo e produtividade.

Na análise técnica dos dados coletados foram comparados os modos de extração em termos de produtividade por hora efetiva e observaram-se os tempos do ciclo operacional da cada máquina.

A partir dos dados coletados no campo foram calculados os rendimentos operacionais efetivos em ( $\text{m}^3.\text{hora}^{-1}$ ) e ( $\text{árvores}.\text{hora}^{-1}$ ), valores estes que expressam o rendimento operacional total para cada modal. Para calcular o rendimento operacional total foram utilizados valores referentes ao número de árvores derrubadas, às quantidades de ciclos ou feixes, ao volume das toras com casca em metros cúbicos e tempo total gasto em horas. O volume por árvore é a variável de influência que mais explica as variações nas produtividades obtidas pelo Harvester (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

Os resultados referentes às diferenças de tempo indicam as perdas ocorridas durante a atividade de colheita, sejam estas por tempos de manobras, descarregamento, paradas para reparos e/ou manutenção, entre outras ocorrências relacionadas à máquina ou ao operador.

O estudo de tempos foi realizado de modo a permitir a determinação do tempo total requerido pela operação e dos ciclos operacionais que a compõem. Enquanto que o estudo dos movimentos foi feito considerando todas as atividades diretas ou indiretas resultantes da produção.

Para obtenção dos dados foram avaliados 3.940 ciclos operacionais para o *Harvester*, 853 para o *Feller-Buncher* e 474 para o Processador Florestal. Esses números são suficientes dentro do calculado para evitar erro de amostragem, uma vez que, através da equação 1 que consta na metodologia, o número mínimo de ciclos obtido para o *Harvester*, *Feller-Buncher* e Processador foi de 62, 42 e 13, respectivamente.

Os resultados referentes aos rendimentos operacionais efetivos para os diferentes sistemas de colheita florestal mecanizada podem ser observados na Tabela 14.

Tabela 14. Rendimentos operacionais efetivos para dois modais de sistemas de colheita florestal.

	Modal de Sistema 1		Modal de Sistema 2
	<i>Harvester</i>	<i>Feller-Buncher</i>	+ Processador
nº total de árvores	3940	4214	4674
nº total de ciclos ou feixes	3940	853	474
Volume total (m³)	889,65	951,52	1070,24
Tempo total (hora)	21,40	8,87	7,68
ROE (m³/hora)	41,61	107,29	139,27
ROE (árvores/hora)	184,11	475,08	608,59

ROE – Rendimento Operacional Efetivo

## 4.2. *Harvester*

Os resultados referentes ao estudo de tempos e movimentos para o *Harvester* foram demonstrados em porcentagem. Para o *Harvester* o tempo total gasto foi de aproximadamente 21,40 horas.

Os dados referentes ao estudo de tempos, multimomento e percentual de tempo efetivo e geral das atividades de corte e deslocamento podem ser observados individualmente nas Figuras 16, 17 e 18, respectivamente.

Para obtenção das informações que seguem foram derrubadas 3.940 árvores, com volume médio por árvore equivalente a 0,2258 m<sup>3</sup>, correspondendo a um volume total de 889,65 m<sup>3</sup> de madeira processada.

A partir dos estudos de tempos (FIGURA 16) pode-se depreender que a atividade que despendeu maior tempo foi o corte, representando 90,90% do ciclo operacional, seguida pela de manutenção com 8,00% e pelas demais que somam pouco mais que 1,00%. Ao contrário do observado por Lopes (2007), neste estudo as interrupções operacionais do *Harvester* não tiveram influência considerável no tempo do ciclo operacional, pois consumiram aproximadamente 2,00% do tempo total do ciclo.

Em relação aos resultados de multimomento (FIGURA 17), as atividades que consumiram maior tempo foram as de descascar (24,38%) e a de traçar (23,49%). Resultado semelhante foi observado por Burla (2008) que verificou maior gasto de tempo no ciclo de colheita nas atividades de descascar (29,00%) e de traçar (23,00%) em situação de relevo plano.

Como pode ser observado no Figura 18, a eficiência operacional efetiva foi de 90,90 %, com rendimento operacional de 41,61 (m<sup>3</sup>/hora) e de 184,11 (árv/hora). Essa eficiência deve-se ao volume que é a variável que melhor explica a capacidade operacional do *Harvester* (MARTINS et al., 2009). No estudo feito por Burla (2008) os rendimentos foram de aproximadamente 35,00 (m<sup>3</sup>/hora) e 115 (árv/hora), essa divergência de resultados pode estar relacionada ao comprimento dos toretes que foi de 4,40 m, enquanto que neste estudo os toretes foram processados com 6,0 m.

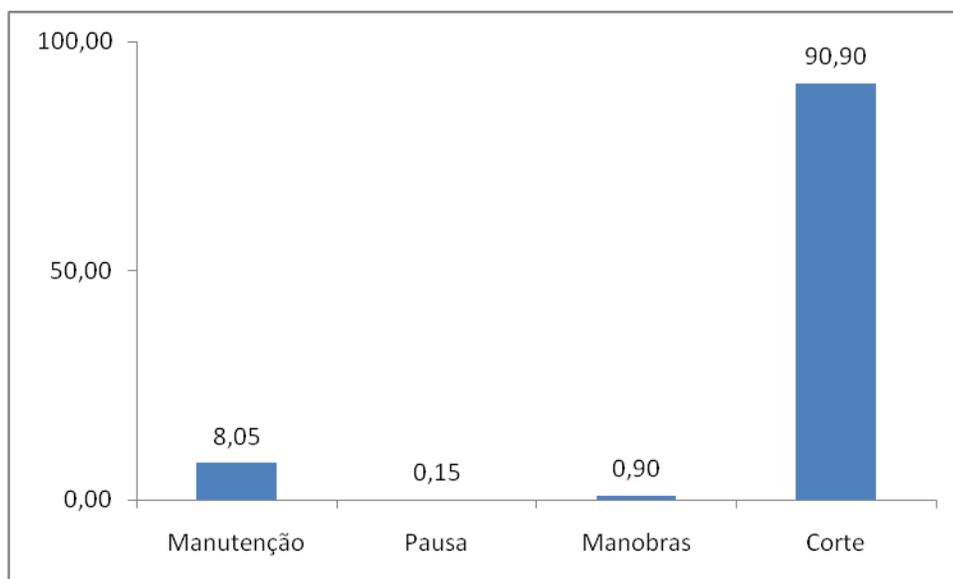


Figura 16. Percentual do estudo pelo método contínuo do *Harvester* (%).

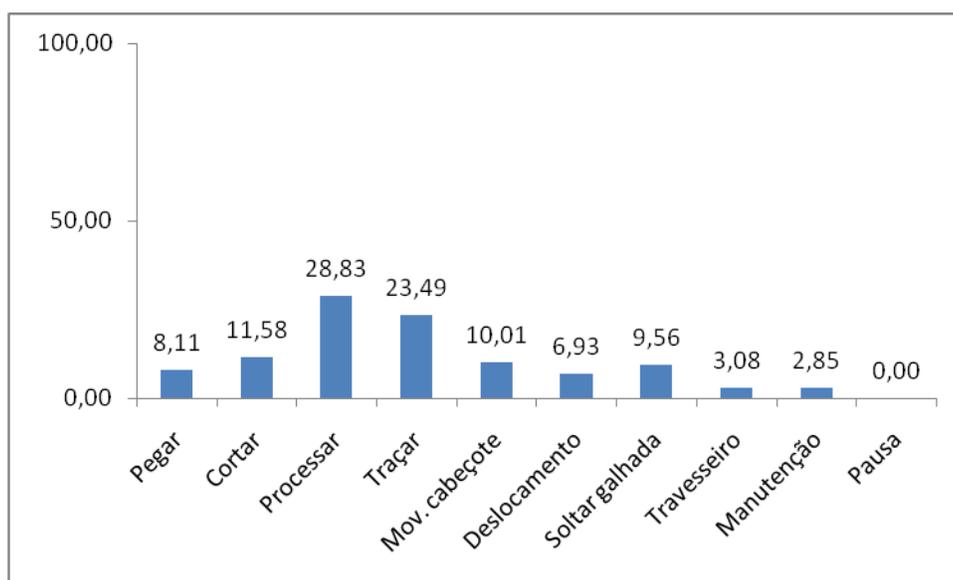


Figura 17. Percentual do estudo pelo método do multimomento do *Harvester* (%).

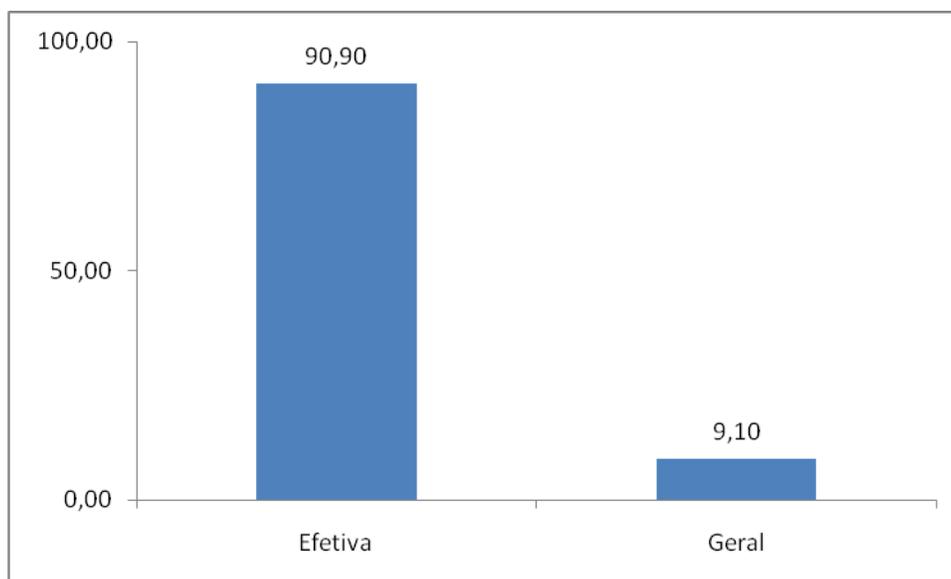


Figura 18. Eficiência operacional do *Harvester* (%).

### 4.3. *Feller-Buncher*

As informações foram coletadas por meio de corte de 4.214 árvores, com 24,10 metros de comprimento médio e 0,2258 m<sup>3</sup> de volume médio, correspondendo a um volume total de 951,52 m<sup>3</sup> de madeira derrubada, portanto, o rendimento operacional efetivo foi de 107,29 m<sup>3</sup>/hora de madeira com casca derrubada. O tempo total gasto foi de 8,87 horas.

Como pode ser observado na Figura 19, o *Feller-Buncher* consumiu maior parte do tempo do ciclo com o corte das árvores (64,90%), seguido pelo deslocamento (27,74%) e então pelas demais atividades que somam cerca de 7,50%, resultados semelhantes foram notados também por Fiedler (2008) e Fernandes (2009).

Segundo a Figura 20, o estudo de multimomento para o *Feller-Buncher* mostra que as atividades que demandam maior tempo no ciclo são as de movimento do cabeçote (45,00%) e a de pegar/cortar (23,00%), enquanto que Moreira et al. (2004) verificou que as atividades que consumiram maior tempo foram pegar/cortar (50,00%) e de deslocamento/descarregamento (38,00%), essa diferença deve-se ao fato de neste trabalho

terem sido consideradas as atividades de movimento do cabeçote e pegar/cortar separadamente, enquanto que Moreira et al. (2004) considerou estas atividades conjuntamente.

A efetividade foi de 92,61% (FIGURA 21). O rendimento operacional efetivo foi de 107,29 (m<sup>3</sup>/hora) e de 475,08 (árvores/hora), esse resultado se mostrou inferior aos obtidos por Moreira et al. (2004), que encontraram em seus estudos valores entre 500 e 542 árvores por hora de trabalho efetivo. No entanto, neste trabalho foram estudadas árvores de diâmetro maior que os de Moreira et al. (2004) e sabe-se que quanto menor o volume por árvore, maior é a quantidade de árvores por hora efetiva e trabalho, porém menor o rendimento operacional.

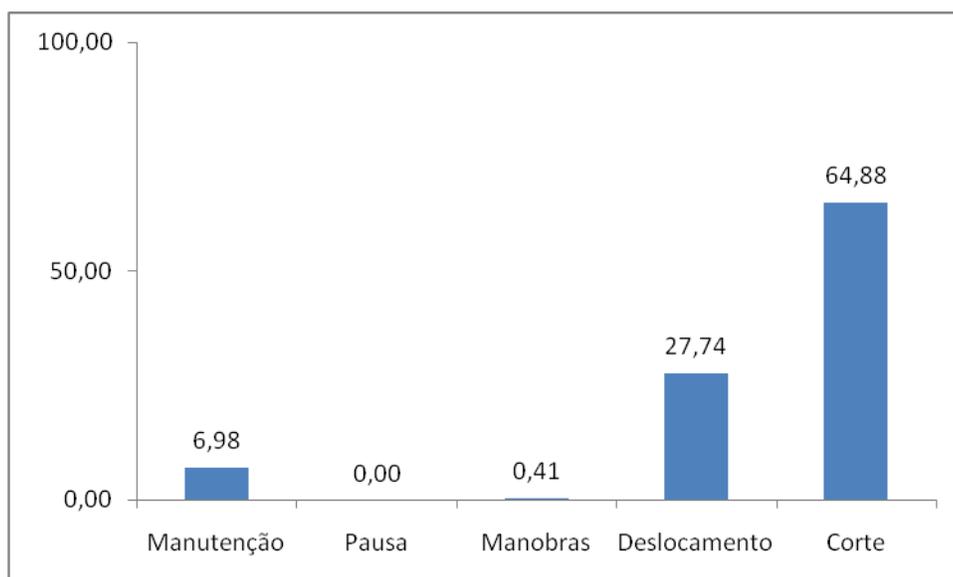


Figura 19. Percentual do estudo pelo método contínuo do *Feller-Buncher* (%).

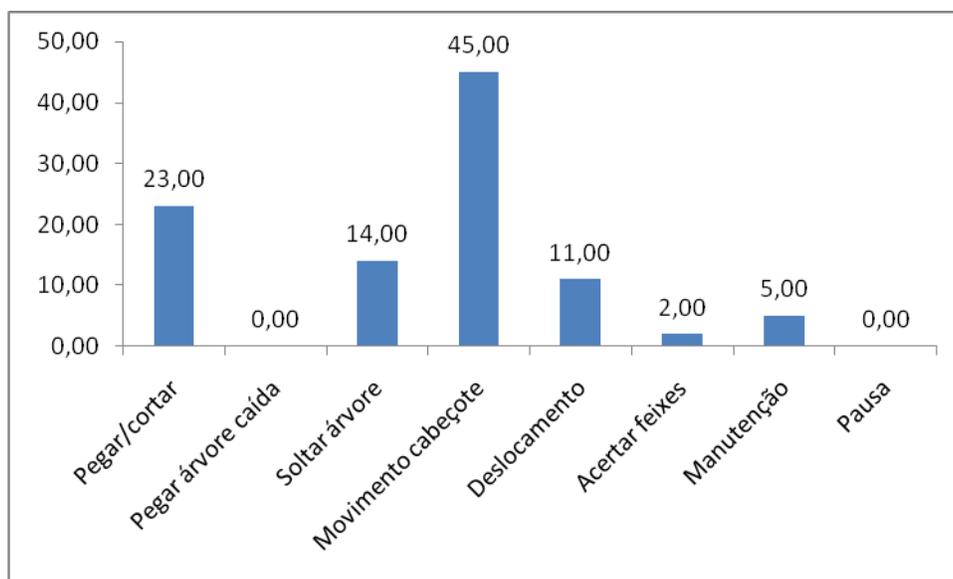


Figura 20. Percentual do estudo pelo método do multimomento do *Feller-Buncher* (%).

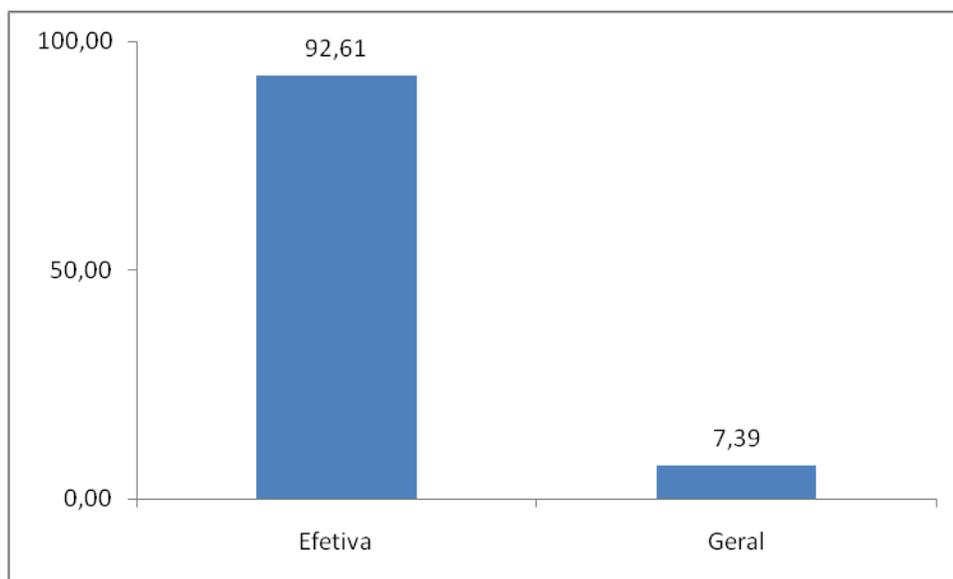


Figura 21. Eficiência operacional do *Feller-Buncher* (%).

#### 4.4. Processador Florestal

Para obtenção das informações que seguem foram processados 4.674 árvores com 0,2289 m<sup>3</sup> de volume médio, correspondendo a 1.070,24 m<sup>3</sup> de madeira com casca processada. Os toretes foram processados com 6 metros e os eitos de derrubada foram os mesmos do *Feller-Buncher*. O tempo total gasto nesta atividade foi de 7,68 horas.

A atividade que despendeu maior tempo segundo o estudo de tempos (FIGURA 22) foi a de processar, representando 74,52% do tempo total do ciclo, seguida por deslocar com 22,10%, as atividades de manutenção, pausa e manobras representam aproximadamente 3,50%. Situação semelhante foi observada por Lopes et al. (2008) quando estudando garra traçadora concluiu que a atividade que consome maior tempo é a de processar seguida por deslocamento.

A Figura 23 ilustra os resultados do estudo de multimomento, no qual foi observado que as atividades que despenderam maior tempo foram as de processar (30,00%), cortar (24,00%) e deslocar (21,00%), ainda é possível verificar que o Processador Florestal não teve dificuldade em pegar feixes e processá-los.

A eficiência operacional foi de 96,60% (FIGURA 24), o rendimento operacional efetivo foi de 139,27 (m<sup>3</sup>/hora) e de 608,59 (árv/hora). Tarnowski et al. (1999) verificou em povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden que o processador florestal apresentou rendimento operacional efetivo de 42,30 m<sup>3</sup>/hora e 126 árv/hora, essa diferença entre os resultados deve-se a diferença de comprimento dos toretes, que é uma variável diretamente proporcional ao rendimento, no estudo realizado por Tarnowski et al. (1999) o comprimento dos toretes eram de 2,8 metros e nesse estudo foram de 6 metros.

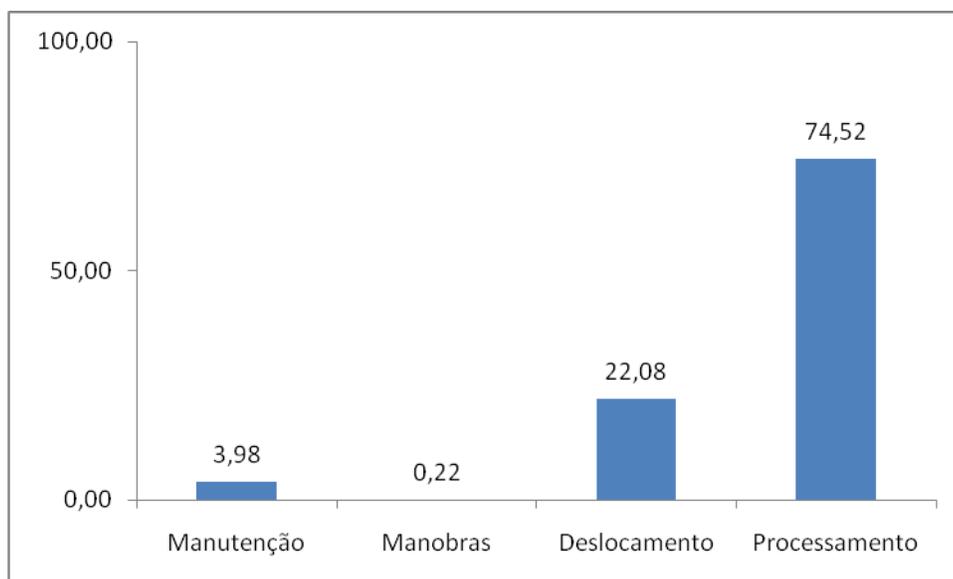


Figura 22. Percentual do estudo pelo método contínuo do Processador Florestal (%).

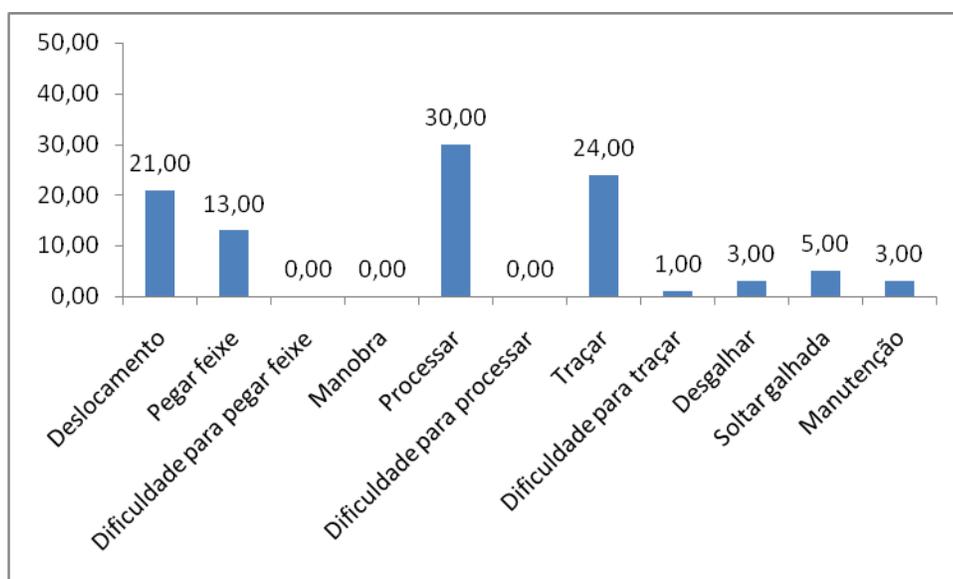


Figura 23. Percentual do estudo pelo método do multimomento do Processador Florestal (%).

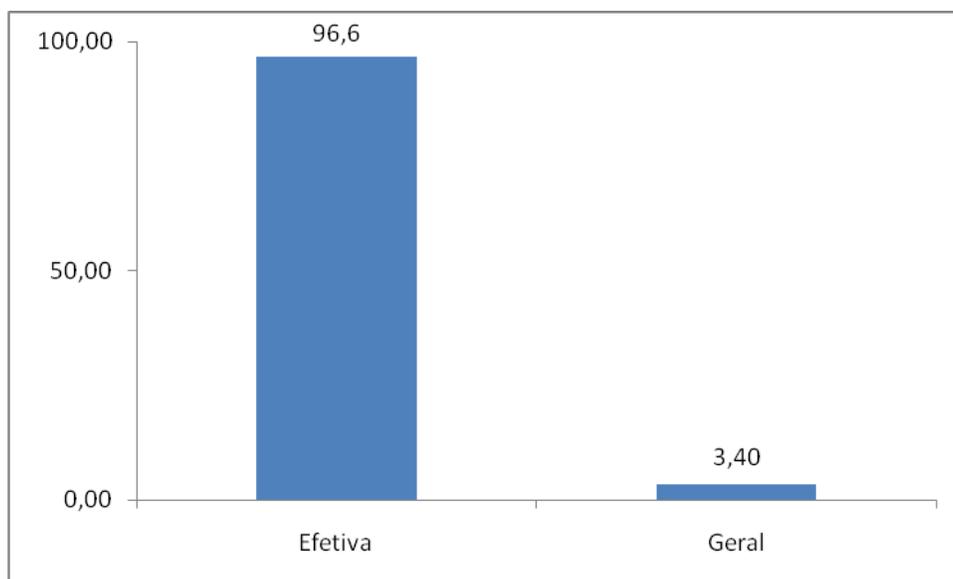


Figura 24. Eficiência operacional do Processador Florestal (%).

A análise de variância mostrou que existe diferença significativa entre os modais de sistema de colheita florestal estudados ( $p$ -valor  $< 0,01$ ), sendo assim pode-se inferir que o do *Feller-Buncher* + Processador é o modal mais indicado para a colheita florestal de eucalipto em primeira rotação (Figura 25).

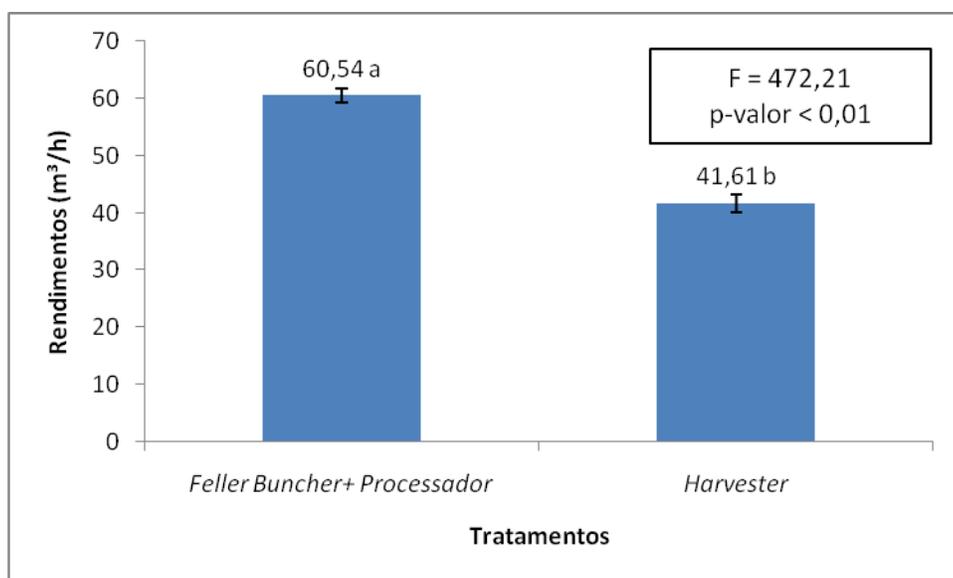


Figura 25. Análise de variância ( $p$ -valor  $< 0,01$ ) para os dois modais de sistema de colheita florestal.

## 5. CONCLUSÕES

A partir da análise técnica da colheita florestal mecanizada de eucalipto nos modais de sistemas, *Harvester* e *Feller-Buncher* + Processador Florestal, conclui-se que trabalhando nas mesmas condições, o conjunto *Feller-Buncher* + Processador Florestal demonstrou rendimento operacional efetivo superior, sendo desta forma o mais indicado para a colheita florestal de eucalipto em primeira rotação.

A metodologia utilizada neste estudo demonstrou ser apropriada para a estimativa dos rendimentos.

## 6. RECOMENDAÇÕES

- Repetir a mesma análise em outras áreas, com relevo acidentado, volume por árvore e clima diferente;
- Avaliar outros cabeçotes *Feller-Bunchers* com maiores capacidades de produção (cabeçote maior e máquina base com maior potência).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF: ANO BASE 2007**. Brasília: ABRAF, 2008. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF08-BR.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2010.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF: ANO BASE 2008**. Brasília: ABRAF, 2009. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2010.

ARCE, J. E.; MACDONAGH P.; FRIEDLER. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.28, n. 2, p. 383-391, 2004.

BARNES, R.M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 635 p., 1977.

BRAMUCCI, M. **Determinação e Quantificação de Fatores de Influência sobre a produtividade de “Harvesters” na Colheita da madeira**. 2001. 50 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

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

BURLA, E.R. **Avaliação técnica e econômica do “Harvester” na colheita do eucalipto**. 2008. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

CANTO, J. L.; **Diagnóstico da colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

FENNER, P.T. **Notas de aula da disciplina de colheita e transporte de madeira**, do curso de Pós-graduação em Energia na Agricultura. Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP/FCA. Botucatu-SP, 2001.

FREITAS, K. E. de, **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada**. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C.C.; SANT'ANNA, G. L.; SOUSA, H. T. **Ferramentas computacionais no planejamento da colheita florestal**, Revista da Madeira, n° 92, out., 2005. Disponível em:  
<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=808&subject=Colheita%20Florestal&title=Ferramentas%20computacionais%20no%20planejamento%20da%20colheita%20florestal](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=808&subject=Colheita%20Florestal&title=Ferramentas%20computacionais%20no%20planejamento%20da%20colheita%20florestal)>. Acesso em: 10 mai. 2010.

FOELKEL, C. Gestão Ecoeficiente Dos Resíduos Florestais Lenhosos Da Eucaliptocultura, **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2007. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/IPEF.\\_Res%EDduos\\_florestais.Parte\\_01.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/IPEF._Res%EDduos_florestais.Parte_01.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2010.

FONTES, J. M. **Desenvolvimento de um sistema informatizado para planejamento e controle de manutenção em máquinas florestais: SIPLAM**. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

GUIA DO EUCALIPTO: oportunidade para um desenvolvimento sustentável. **Guia do Eucalipto**. 2008. Disponível em:  
<[http://www.cib.org.br/pdf/Guia\\_do\\_Eucalipto\\_junho\\_2008.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf)>. Acesso em: 18 ago 2010.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de Tecnologias Apropriadas às Operações Florestais em Países em Desenvolvimento**, Helsink: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo da Finlândia. Parte 2. Programa de Treinamento Florestal Publicação, n.9, 1994, 202 p.

LOPES, E.S., et al. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote harvester em diferentes condições operacionais. **Floresta**, Curitiba-PR, v.37, n.3, set./dez., 2007.

LOPES, S.E., et al. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.79, p. 215-222, set., 2008.

MAC DONAGH, P. M. **Avaliação técnico-econômica da extração de Pinus spp. Utilizando tratores com garra no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 1994. 156 f.

MACHADO, C.C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa-MG, UFV, Imprensa Universitária, 1984, 138 p.

MACHADO, C. C; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa-MG, UFV, Imprensa Universitária, 1988. 65p.

MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa-MG: UFV, 2002. 468 p.

MACHADO, C. C. O Setor Florestal Brasileiro. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita Florestal**. Livro. Viçosa-MG, UFV, 2002. p.15-32.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa-MG, UFV, 2008. 501 p.

MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. **Evolução dos sistemas de colheita de Pinus na Região Sul do Brasil**. Curitiba-PR, FUPEF, 1998. 138p.

MALINOVSKI, J.R., CAMARGO, C.M.S. A Eucaliptocultura no contexto brasileiro, **Revista Madeira**, Brasília, nº 59, Set., 2001. Disponível em:  
<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=11&subject=Eucaliptocultura&title=A%20Eucaliptocultura%20no%20Contexto%20Brasileiro](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=11&subject=Eucaliptocultura&title=A%20Eucaliptocultura%20no%20Contexto%20Brasileiro)>. Acesso em: 12 jun. 2010.

MARTINS, R.J.; SEIXAS, F.; STAPE, J.L. Avaliação técnica e econômica de um harvester trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.83, p. 253-263, set., 2009.

MINETTI, L. J. **Análise de fatores operacionais ergonômicos da operação de corte florestal com motosserra**., Tese de Doutorado em Ciência Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1996. 211f.

MOLIN, J.P., MILAN, M., NESRALLAH, M. G.T., CASTRO, C. N., GIMENEZ, L. M. Determinação de Parâmetros de Desempenho de Colheita Mecanizada Utilizando dados georeferenciados. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, **Anais...**, Piracicaba: Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 9 p.

MOREIRA F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000. 148 p.

MOREIRA, F.M.T., et al. Avaliação operacional e econômica do “Feller-Buncher” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p. 199-205, 2004.

NOVAIS, L. F. **Análise da Colheita Florestal mecanizada em povoamentos de *Eucalyptus spp* na região de Coronel Fabriciano – MG.** Seropédica, UFRRJ, 2006, 33 f. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

OLIVEIRA JR, E. D., **Análise Energética de Dois Sistemas de Colheita Mecanizada de Eucalipto.** 91 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2005.

OLIVEIRA, R.J.; MACHADO, C.C.; SOUZA, LEITE, A. P., GARCIA, H. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com "clambunk skidder". **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 267-275, 2006.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal.** Piracicaba-SP, IPEF, Circular Técnica, 1980, 10p.

SANT'ANNA, C. de M. Corte Florestal. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita Florestal**, Livro. Viçosa-MG, UFV, p.55-88, 2002.

SANTOS, L. S. dos. Mecanização florestal no Brasil. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 51. p. 43-44, ago., 2000.

SCHNEIDER, P. R. e FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas.** Santa Maria-RS. CEPEF, 2000. 195p.

SEIXAS, F. **Extração**. In: MACHADO, C.C. (ed.). Colheita Florestal. Viçosa-MG, UFV, 2002. p.89-128.

SERRA, G.E.; HEEZEN, A.M.; MOREIRA, J.R.; GOLDEMBERG, J. **Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. São Paulo: Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de tecnologia industrial, 1979. 86p.

SILVA, J.C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. **Revista Madeira**, Curitiba-PR, nº 92, out., 2005.

SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; MINETTI, L. J.; JACOVINE, L. A. G.: Perspectivas na Área de Colheita e Transporte Florestal. **Revista Madeira**, Curitiba-PR, n. 51, p. 52-62, 2000.

STÖHR, G. W. D. Metodologia do custo-hora para máquinas florestais. In: BECKER, G.; STÖHR, G.W.D.; MALINOVSKI, J.R. **III Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal**, Curitiba-PR, FUPEF, 1981. p. 33-44.

STOKES, B.J. Harvesting developments in the South. In: Annual Hardwood Symposium, 21., 1993, Cashiers. **Proceedings...**Cashiers: Hardwood Research Counciln, 1993. P.59-71

TARNOWSKI, B.C.; SCHNEIDER, P.R.; MACHADO, C.C. Produtividade e custos do processador trabalhando em povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v.9, n.2, p. 103-115, 1999.

TIBURCIO, V. C. S.; SENE J. M. e CONDI, L. G. B. Colheita mecanizada: avaliação de harvester e forwarder. In: Simpósio Brasileiro Sobre Exploração e Transporte Florestal, **Palestras...** Salvador-BA, 1995. p. 204- 221.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNdes**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez., 2007.

WADOUSKI, L. H. Fatores Determinantes da Produtividade e dos Custos na Colheita de Madeira. In: Seminário de Atualização sobre sistemas de colheita e transporte florestal, Curitiba – PR. **Anais...**Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1987.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de *Pinus Taeda***. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.