

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE DOIS SISTEMAS DE COLHEITA
FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO**

DANILO SIMÕES

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
Junho - 2008**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE DOIS SISTEMAS DE COLHEITA
FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO**

DANILO SIMÕES

Orientador: Prof. Dr. Paulo Torres Fenner
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Maura Seiko Tsutsui Esperancini

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
Junho - 2008**

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

S593a Simões, Danilo, 1973-
Avaliação econômica de dois sistemas de colheita flo-
restal mecanizada de eucalipto / Danilo Simões. - Botucatu
: [s.n.], 2008.
iv, 105 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Paulo Torres Fenner
Co-orientador: Maura Seiko Tsutsui Esperancini
Inclui bibliografia.

1. Custos. 2. Mecanização florestal. 3. Harvester. 4.
Feller-Buncher. 5. Processador florestal. I. Fenner, Paulo
Torres. II. Esperancini, Maura Seiko Tsutsui. III. Univer-
sidade Estadual Paulista "Júlio de Mêsquita Filho" (Campus
de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Títu-
lo.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE DOIS SISTEMAS DE COLHEITA
FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO”**

ALUNO: DANILO SIMÕES

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO TORRES FENNER

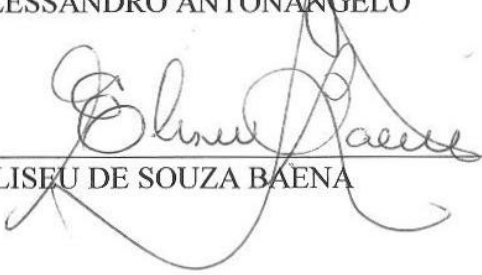
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. PAULO TORRES FENNER



PROF. DR. ALESSANDRO ANTONANGELO



PROF. DR. ELISEU DE SOUZA BAENA

Data da Realização: 20 de junho de 2008.

“Não se administra o que não se mede”

Peter F. Drucker

*A minha super mãe Magdalena, fonte de exemplo
e a minha tia Rosa, pelo estímulo e ajuda incessante.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por sempre iluminar meus caminhos.

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, por intermédio do programa de Pós-Graduação em Agronomia na área de Energia na Agricultura, pela formação científica. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo suporte financeiro através da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Paulo Torres Fenner, orientador, amigo e exemplo de conduta, pelo acolhimento, dedicação, paciência durante o desenvolvimento deste trabalho e pelo enriquecimento profissional me proporcionado. Obrigado pela confiança!

A minha co-orientadora Prof^ª. Dr^ª. Maura Seiko T. Esperancini pela valiosa contribuição e colaboração.

Aos professores Dr. Zacarias Xavier de Barros e Dr. Waldemar Gastoni Venturini Filho, pelas oportunidades, incentivos e amizades.

Aos colaboradores da empresa onde foi realizado o estudo, em especial ao Eng^o Luiz Carlos Baccarin, por apoiar e viabilizar a realização do estudo.

Ao Prof. Dr. Gero Becker e principalmente ao Dr. Reiner Mühlisiegel do *Institute of Forest Utilization and Work Science da Albert-Ludwigs-Universität*, em Freiburg na Alemanha, pela oportunidade e extraordinária experiência propiciada.

À Anette Leins, pela amizade e carinho, a amiga Rosangela Moreci pela atenção e amizade prestada durante os momentos difíceis dessa jornada.

De maneira especial ao Lucas Ribeiro Faria, Daiane Gaia e Diorande Bianchini Junior, pela competência e profissionalismo durante o árduo trabalho de campo.

Ao amigo e irmão Marcelo E. Cordeiro pela presteza, companheirismo e por compartilhar bons e maus momentos.

As assistentes Lurdinha e Silvia pela amizade. A Marlene, Marilena, Jaqueline e Kátia, pelo auxílio às informações. A Janaína pelas correções das referências bibliográficas, aos funcionários da biblioteca e a todos que acreditaram na minha capacidade.

E por fim, um agradecimento eterno e especial àquela que a cada gesto de amizade verdadeira, de modo humilde, solícito e valioso, incentivou, contribuiu, encorajou e me apoiou no dia a dia. A você Flávia, toda a minha alegria!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Características do setor florestal brasileiro	3
2.2 Colheita florestal de eucalipto.....	4
2.3 Sistemas mecanizados de colheita florestal.....	6
2.4 Corte da madeira na colheita florestal	9
2.5 Planejamento operacional da colheita florestal	10
2.6 Variáveis da produtividade das máquinas florestais	13
2.7 Manutenção das máquinas florestais.....	14
2.8 Investimentos em máquinas florestais.....	15
2.9 <i>Harvester</i>	16
2.10 <i>Feller-Buncher</i>	19
2.11 Processador Florestal.....	20
2.12 Rendimentos operacionais das máquinas florestais	21
2.13 Estudo de tempos e movimentos.....	21
2.14 Custos de produção no setor agropecuário.....	24
2.14.1 Custos de máquinas	27
2.14.2 Custos de colheita florestal.....	28
2.15 Custos fixos.....	28
2.15.1 Taxas de juros.....	29
2.15.2 Depreciação	30
2.15.3 Abrigo.....	33
2.16 Custos variáveis.....	34
2.16.1 Custos de combustíveis	35
2.16.2 Custos de lubrificação	35
2.16.3 Custos de reparos e manutenção.....	36
2.16.4 Custos de mão-de-obra	38
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.1 Material	40
3.1.1 Caracterização da área do estudo.....	40
3.1.2 Área experimental.....	41

3.1.3	Clima e geologia.....	42
3.1.4	Sistema de colheita.....	43
3.1.4.1	Atividades operacionais do <i>Harvester</i>	43
3.1.4.2	Atividades operacionais do <i>Feller-Buncher</i> e Processador Florestal.....	44
3.1.5	Máquinas florestais analisadas	45
3.1.5.1	<i>Harvester</i>	45
3.1.5.2	<i>Feller-Buncher</i>	48
3.1.5.3	Processador Florestal.....	50
3.1.6	Tempos e movimentos.....	53
3.1.6.1	Ciclo operacional do <i>Harvester</i>	54
3.1.6.2	Ciclo operacional do <i>Feller-Buncher</i>	54
3.1.6.3	Ciclo operacional do Processador Florestal	55
3.2	Métodos.....	56
3.2.1	Definição da amostragem	56
3.2.2	Rendimento operacional das máquinas florestais.....	57
3.2.3	Estimativa dos custos operacionais das máquinas florestais.....	57
3.2.3.1	Custos fixos	58
3.2.3.1.1	Juros	58
3.2.3.1.2	Depreciação.....	59
3.2.3.1.3	Abrigo.....	59
3.2.3.2	Custos variáveis.....	60
3.2.3.2.1	Mão-de-obra	60
3.2.3.2.2	Combustíveis.....	60
3.2.3.2.3	Lubrificação	61
3.2.3.2.4	Reparos e manutenção.....	62
3.2.4	Estimativa dos custos de colheita florestal	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1	Rendimentos operacionais.....	63
4.1.1	<i>Harvester</i>	64
4.1.2	<i>Feller-Buncher</i>	66
4.1.3	Processador Florestal.....	68
4.2	Custos operacionais.....	70
4.2.1	<i>Harvester</i>	70
4.2.2	<i>Feller-Buncher</i>	72
4.2.3	Processador Florestal.....	73
4.2.4	Comparativo dos custos operacionais.....	75
4.3	Custos de colheita florestal.....	76
4.3.1	<i>Harvester</i>	77
4.3.2	<i>Feller-Buncher</i>	77
4.3.3	Processador Florestal.....	78

4.3.4	Custos de colheita do conjunto <i>Feller-Buncher</i> e Processador Florestal	79
4.4	Simulação dos custos operacionais	79
4.4.1	<i>Harvester</i>	80
4.4.2	<i>Feller-Buncher</i>	82
4.4.3	Processador Florestal.....	84
4.5	Simulação dos custos de colheita florestal	86
5	CONCLUSÕES	88
6	RECOMENDAÇÕES.....	89
7	REFERÊNCIAS	90
8	APÊNDICE	103

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Características técnicas da máquina base <i>Harvester</i>	46
Tabela 2: Características técnicas do cabeçote <i>Harvester</i>	47
Tabela 3: Características técnicas da máquina base <i>Feller-Buncher</i>	48
Tabela 4: Características técnicas do cabeçote <i>Feller-Buncher</i>	49
Tabela 5: Características técnicas da máquina base Processador Florestal.	51
Tabela 6: Características técnicas do cabeçote MSU.	52
Tabela 7: Tempos despendidos do <i>Harvester</i>	64
Tabela 8: Rendimentos operacionais do <i>Harvester</i>	66
Tabela 9: Tempos despendidos do <i>Feller-Buncher</i>	66
Tabela 10: Rendimentos operacionais do <i>Feller-Buncher</i>	67
Tabela 11: Tempos despendidos do Processador Florestal.	68
Tabela 12: Rendimentos operacionais do Processador Florestal.	70
Tabela 13: Custos fixos e percentuais do <i>Harvester</i>	70
Tabela 14: Custos variáveis e percentuais do <i>Harvester</i>	71
Tabela 15: Custos fixos e percentuais do <i>Feller-Buncher</i>	72
Tabela 16: Custos variáveis e percentuais do <i>Feller-Buncher</i>	72
Tabela 17: Custos fixos e percentuais do Processador Florestal.	74
Tabela 18: Custos variáveis e percentuais do Processador Florestal.	74
Tabela 19: Custos de colheita florestal do <i>Harvester</i>	77
Tabela 20: Custos de colheita florestal do <i>Feller-Buncher</i>	78
Tabela 21: Custos de colheita florestal do Processador Florestal.	78
Tabela 22: Custo de colheita florestal do conjunto <i>Feller-Buncher</i> e Processador Florestal.	79
Tabela 23: Custos fixos e variáveis do <i>Harvester</i>	80
Tabela 24: Custos fixos e variáveis do <i>Feller-Buncher</i>	83
Tabela 25: Custos fixos e variáveis do Processador Florestal.	85
Tabela 26: Simulação dos custos de colheita florestal.	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Localização do reflorestamento.	41
Figura 2: Área experimental.	42
Figura 3: Deslocamento do <i>Harvester</i> no eito de derrubada.	44
Figura 4: Deslocamento do <i>Feller-Buncher</i> no eito de derrubada.	44
Figura 5: Deslocamento do Processador Florestal no eito de derrubada.	45
Figura 6: Máquina base <i>Caterpillar</i> 320 CL equipada com o cabeçote <i>Harvester</i>	46
Figura 7: Cabeçote <i>Harvester</i> da marca <i>Valmet</i>	47
Figura 8: Máquina base <i>Caterpillar</i> 320 CL equipada com o cabeçote <i>Feller-Buncher</i>	49
Figura 9: Cabeçote <i>Feller-Buncher</i> da marca <i>Risley</i>	50
Figura 10: Máquina base <i>Caterpillar</i> 320 CL equipada com Processador Florestal.	51
Figura 11: Cabeçote Processador Florestal da marca MSU.	52
Figura 12: Percentual de tempos das atividades parciais do <i>Harvester</i>	65
Figura 13: Percentual de tempos das atividades parciais do <i>Feller-Buncher</i>	67
Figura 14: Percentual de tempos das atividades parciais do Processador Florestal.	69
Figura 15: Percentuais dos custos fixos e variáveis do <i>Harvester</i>	71
Figura 16: Percentuais dos custos fixos e variáveis do <i>Feller-Buncher</i>	73
Figura 17: Percentuais dos custos fixos e variáveis do Processador Florestal.	75
Figura 18: Comparativo dos custos operacionais das máquinas florestais.	76
Figura 19: Simulação dos percentuais dos custos fixos e variáveis do <i>Harvester</i>	81
Figura 20: Simulação dos custos de reparos e manutenção do <i>Harvester</i>	82
Figura 21: Simulação dos percentuais dos custos fixos e variáveis do <i>Feller-Buncher</i>	83
Figura 22: Simulação dos custos de reparos e manutenção do <i>Feller-Buncher</i>	84
Figura 23: Simulação dos percentuais dos custos fixos e variáveis do Processador Florestal.	85
Figura 24: Simulação dos custos de reparos e manutenção do Processador Florestal.	86

RESUMO

Com a introdução da mecanização florestal no Brasil, intensificou-se a necessidade de conhecer os rendimentos operacionais e os custos de colheita, devido essa operação despende elevado percentual dos custos de produção de florestas comerciais. Os elevados investimentos em máquinas e, conseqüentemente com os dispêndios de reparos e manutenção, combustíveis, entre outros estabelecem um amplo desafio para a redução dos custos. O estudo foi desenvolvido em uma floresta de *Eucalyptus grandis*, homogênea, equiânea em primeiro corte. Os rendimentos operacionais foram obtidos, através de um estudo de tempos e movimentos, em parcelas experimentais homogêneas, variando-se apenas as máquinas empregadas nas operações de colheita. O *Harvester* foi comparado com o conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal. Para estimar os custos operacionais foi aplicada a metodologia proposta pela *American Society of Agricultural Engineers*, adaptada as condições deste estudo. A metodologia utilizada para esse estudo mostrou-se apropriada para a estimativa dos custos operacionais e de colheita florestal, proporcionando embasamento científico para a tomada de decisões. A viabilidade econômica da colheita florestal depende do rendimento operacional das máquinas florestais e do gerenciamento dos custos operacionais. Os custos variáveis das máquinas florestais, em média, representaram aproximadamente 80% dos custos operacionais. Os principais componentes dos custos variáveis das máquinas florestais foram os combustíveis e a mão-de-obra. Os custos de colheita florestal foram menores para a colheita com o conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal em comparação ao *Harvester*.

Palavras chaves: custos, mecanização florestal, *Harvester*, *Feller-Buncher*, Processador Florestal.

ECONOMIC EVALUATION OF TWO SYSTEMS OF MECHANIZED FOREST HARVEST OF EUCALIPTUS. Botucatu, 2008. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: DANILO SIMÕES

Adviser: PAULO TORRES FENNER

SUMMARY

With the introduction of forest mechanization in Brazil, there has been an intensified necessity to know about the operational performance and costs of harvests, as this operation expends high percentage of the production costs of commercial forests. The high investments in machinery and consequently with the expenditures of repairs and maintenance, fuels, etc. establish a major challenge for the reduction of costs. This study was developed in a homogeneous, even-aged *Eucalyptus grandis* forest, in first cutting. The operational performance were obtained through a study of times and movements, in homogeneous experimental parcels, varying only the machines used in the harvesting operations. Harvester was compared with the Feller-Buncher set and Forest Processor. To estimate the operational costs, the methodology proposed by the American Society of Agricultural Engineers, adapted for the conditions of this study, was applied. The methodology used for this study showed to be appropriate to estimate the operational and forest harvest costs, providing scientific foundation for making decisions. The economic viability of the forest harvest depends on the operational performance of the forest machines and the management of the operational costs. The changeable costs of the forest machines, in average, represented approximately 80% of the operational costs. The main components of the changeable costs of the forest machines were the fuels and the man labor. The costs of forest harvest were less for the Feller-Buncher set and Forest Processor in comparison with the Harvester.

Key words: costs, forest mechanization, Harvester, Feller-Buncher, Forest Processor.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, dentre as principais atividades do agronegócio, está a atividade florestal, que vem se consolidando com um desenvolvimento crescente e competitivo, fortalecendo a investigação incessante de conhecimento e de novas tecnologias, a fim de promover condições inovadoras aos diferentes elos da cadeia produtiva do agronegócio florestal, de forma a propiciar a inovação, qualidade, desenvolvimento e a otimização dos recursos empregados.

O aumento da demanda de madeira para atender a produção de celulose e fabricação de painéis expôs a necessidade de um grande aumento das áreas de plantios florestais comerciais, o que engajou as empresas florestais a investir e buscar conhecimento em tecnologia silvicultural e sobre a colheita florestal.

Os sistemas de produção de madeira em florestas comerciais se caracterizam por uma seqüência ordenada de atividades, denominadas assim, de operações florestais. Essas são realizadas de modo cronológico, acompanhando as fases de implantação, desenvolvimento da floresta e colheita da madeira.

Atualmente, a maior parte das grandes empresas florestais, que possuem plantios em áreas com declividades não acentuadas utilizam técnicas de colheita e processamento da madeira que oferecem melhor produtividade, ou seja, empregam a mecanização dessas atividades, proporcionando um grande aumento da eficiência operacional. Porém, para que esse resultado seja alcançado, é fundamental um bom planejamento silvicultural, para que se possa atingir uma elevada eficiência operacional.

Diante disso, a aquisição de máquinas empregadas na colheita florestal depende de alto investimento financeiro, o que implica em definir o qual será a máquina ou o conjunto mais preconizado para a racionalização dessa operação, o que compete a cada empresa deliberar conforme as suas necessidades, tendo por objetivo atingir o menor custo possível e sustentação em longo prazo, adotando-se práticas economicamente viáveis.

Através do conhecimento dos custos operacionais das máquinas florestais, a tomada de decisões em projetos futuros torna-se mais confiável economicamente, o que possibilita um planejamento adequado, que resultará na maximização operacional e minimização dos custos de colheita.

Com a introdução da colheita mecanizada no Brasil, tornam-se imprescindíveis estudos para a obtenção dos rendimentos operacionais e dos custos de colheita florestal, devido essa operação despende o maior percentual dos custos de produção de florestas comerciais.

Devido à escassez de estudos que apontem para a redução dos custos de colheita florestal e, principalmente, para as adequações das condições de trabalho de cada empresa, é fundamental o desenvolvimento de estudos que abrangem esses aspectos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os rendimentos, os custos operacionais e de colheita de diferentes máquinas utilizadas para colheita florestal de eucalipto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características do setor florestal brasileiro

A atividade florestal instalou-se no país nos primeiros anos após seu descobrimento, por meio da exploração do pau-brasil, e por muito tempo constituiu-se na principal atividade econômica. Com o desenvolvimento da agricultura, foi relegada a segundo plano na economia brasileira e só a partir da década de 60, com a implementação dos incentivos fiscais, o reflorestamento tornou-se uma atividade em larga escala (SIQUEIRA, 1990).

O setor é formado por cerca de 60 mil empresas, proporcionando 2,5 milhões de empregos diretos e indiretos – algo em torno de 11% da população economicamente ativa do país e com contribuições que chegaram a US\$ 3,8 bilhões anuais na arrecadação de impostos no ano de 2005 (PINHEIRO, 2007).

A indústria de base florestal, principalmente a vinculada aos setores de celulose e papel, siderurgia a carvão vegetal e painéis de madeira reconstituída, vive um momento de franca expansão. Aspectos como o crescimento dos mercados domésticos e internacional, bem como as vantagens competitivas do setor de base florestal brasileiro, frente aos competidores internacionais têm criado ambiente altamente favorável para o crescimento desses segmentos no Brasil. Este contexto tem levado empresas nacionais e internacionais a

promoverem estudos com vistas à expansão de novos empreendimentos florestais-industriais no país (ABRAF, 2007).

Segundo a SBS (2007) a área plantada de florestas para fins comerciais, por região do Brasil no ano de 2006, foi de 627.000 hectares. A região Sudeste é a que possuiu a maior área de florestas com um percentual de 43,86% da área total, seguida da região Sul com 27,91%, Nordeste com 15,07%, Centro-oeste 7,66% e a região Norte com 5,50% da área total de florestas plantadas, respectivamente.

2.2 Colheita florestal de eucalipto

Os projetos de reflorestamento tiveram início no Brasil com a introdução do eucalipto em 1904, como matéria-prima destinada à produção de lenha e de dormentes no estado de São Paulo e estenderam-se para todo o Centro e Sul do Brasil. O setor florestal brasileiro mantém cerca de 4,8 milhões de hectares de florestas de rápido crescimento, plantadas em regime de produção. Consiste em cerca de 3,0 milhões de hectares reflorestados com eucaliptos 1,8 milhão de hectares, com *Pinus* (SBS, 2007).

O crescimento da demanda dos produtos florestais incentivou o planejamento dos processos produtivos das empresas, valorizando o grau de competitividade das mesmas. Dentro deste setor, uma das atividades considerada mais importante é a colheita florestal, visto ser a mais onerosa em termos de custo de produção (FREITAS, 2005).

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que envolvem desde a preparação e a extração da madeira até o local de transporte, mediante uso de técnicas e de padrões estabelecidos, com a finalidade de transformar essa mesma madeira em produto final. A colheita destaca-se como a fase mais importante do ponto de vista técnico-econômico e inclui as etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento); de descascamento, quando executado no campo; e de extração e carregamento (MACHADO, 2002).

De acordo com Conway, citado por Valverde (1995), colheita florestal é definida como “o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final. Dependendo da situação, a operação de colheita envolve também o

planejamento da operação, a medição, o recebimento no pátio da indústria e a comercialização da madeira”.

A expressão colheita de madeira é considerada mais adequada com referência a florestas plantadas e ainda implica uma conotação de vantagem; sugere impacto menos negativo que a expressão exploração florestal (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Souza (2001) definiu colheita florestal como o conjunto de atividades que visam derrubar, extrair e fazer sortimentos de madeira visando o abastecimento de unidades industriais. As operações de colheita e transporte de madeira representam aproximadamente 70% do custo da madeira colocada no pátio das empresas, sendo de grande impacto na definição dos custos finais da matéria-prima.

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

A racionalização e o aumento da produtividade das atividades florestais se deram em maior escala após o surgimento de novas máquinas, principalmente na extração, por apresentar dificuldades naturais bastante grandes e envolvimento de altos custos (SOUZA, 1978).

Segundo Parise e Malinovski (2002), o principal objetivo da mecanização florestal centra-se na obtenção do menor custo de produção no processo de colheita florestal. O processo de colheita florestal abrange o corte, a extração e o transporte.

Embora a mecanização não seja a única maneira de racionalizar os trabalhos florestais, esta tem elevado destaque nos esforços para reduzir custos, substituir mão-de-obra e tornar mais ameno o trabalho florestal (STÖHR; BAGGIO, 1981). Para exemplificar, segundo Machado (1984), existem máquinas florestais e sistemas de exploração utilizados no Brasil que apresentam baixa eficiência operacional por falta de racionalização do trabalho.

A mecanização da colheita de madeira, embora não seja a única forma de controle da evolução dos custos, proporciona reduções drásticas em prazos relativamente curtos e alcança um lugar de elevada importância nos esforços de aumentar a produtividade e humanização do trabalho florestal (WADOUSKI, 1997).

Seixas (1986), em artigo sobre planejamento e estudo de sistemas de exploração, ressalta a necessidade de se conhecer profundamente as atividades desenvolvidas em uma operação florestal, sendo que o levantamento de informações deve servir de base para qualquer interferência que se queira fazer. Bridi e Ferlin (1994) também ressaltam a importância dos testes operacionais e das adaptações para as situações específicas de cada empresa como instrumento para a melhoria contínua.

Andersson e Laestadius (1987) afirmam que a eficiência de um sistema de colheita de madeira é altamente dependente do ambiente em que é operacionalizado. Os principais fatores a serem considerados são: o clima, o terreno, a espécie vegetal, a infraestrutura, o nível de desenvolvimento, a tradição do sistema utilizado e a estrutura da indústria. Os autores também citam algumas formas de expressar a eficiência da atividade de colheita no que se refere ao maquinário, dentre elas estão: o consumo de potência diário para produzir e transportar um determinado volume de madeira, ou ainda a relação do consumo de combustível para uma determinada potência demandada. Pode-se considerar também a produtividade do trabalho, expressa em homens/dia/m³ produzido, quando o sistema envolve menores níveis de mecanização; ou ainda a eficiência econômica em termos de custo por unidade produzida (metros cúbicos, metros esterres, toneladas).

2.3 Sistemas mecanizados de colheita florestal

Sistema é definido como conjunto formado por elementos e processos (STÖHR, 1976). É o conjunto de atividades inter-relacionadas entre si que contribuem para um objetivo comum, é caracterizado por uma seqüência, lugar e objeto de trabalho (MALINOVSKI, 1981).

Machado (2002) define sistema como um conjunto de atividades integradas entre si que permitem o fluxo constante de madeira, evitando-se os pontos de estrangulamento, levando os equipamentos a sua máxima utilização. Mac Donagh (1994)

conceitua os sistemas de colheita como sendo a ligação entre matéria-prima (árvores em pé, na floresta) e as indústrias de transformação da madeira através do conjunto de operações responsáveis pelo abastecimento das mesmas.

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

Para Machado (2002), no início das atividades de reflorestamento no Brasil, poucas empresas utilizavam a mecanização nas operações de colheita. Até a década de 1940, praticamente não havia emprego de máquinas na colheita florestal. Durante muitos anos, estas dependeram do uso de equipamentos adaptados dos tratores agrícolas e industriais para a sua operação. Nesse período, os sistemas manuais e semi-mecanizados foram amplamente usados por falta de alternativas, empregando grande contingente de mão-de-obra, tornando as operações onerosas e com alto risco de acidentes.

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

O processo de mecanização teve início nos anos 90 e os méritos devem ser atribuídos a todos que, de forma muito rápida, conseguiram introduzir esta tecnologia nas empresas (PACCOLA, 2003).

Segundo Machado (2002), os sistemas de colheita podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis.

De acordo com a classificação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 1978) e Malinovski e Malinovski (1998), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto ao comprimento das toras, a forma como são extraídas e ao local de processamento. Desta forma existem basicamente quatro sistemas de colheita:

- sistema de toras curtas (*cut-to-length*): a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras, com menos de seis metros de comprimento. É o sistema mais antigo em uso no Brasil;
- sistema de toras compridas (*tree-length*): a árvore é semi-processada (desgalhamento e destopamento) no local de derrubada e levada para a margem da estrada ou o pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento;
- 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;
- sistema de árvores completas (*whole-tree*): a árvore é arrancada com parte de seu sistema radicular e levada para a margem da estrada ou para o pátio temporário, onde é processada.

Machado (1985) acrescenta mais um sistema, o Sistema de Cavaqueamento (*Chipping*).

De acordo com Moreira (2000) estudos realizados com sistemas de colheita mecanizados mostraram que a produtividade dos povoamentos apresentava influência direta sobre a eficiência de várias máquinas, sendo mais eficientes aquelas que atuavam em povoamentos de maior produtividade volumétrica por unidade de área. Santos e Machado (1995), estudando processadores mecânicos nas atividades de desgalhamento e traçamento de eucalipto, observaram que a capacidade produtiva crescia à medida que aumentava o volume por árvore, até atingir um ponto máximo.

Hoje, dada a grande quantidade de máquinas e equipamentos de corte e extração disponíveis no mercado, as empresas podem formar vários conjuntos de colheita que podem ser empregados, cabendo a cada empresa optar por aquele que seja mais adequado às suas peculiaridades (JACOVINE et al., 2001).

Em trabalhos desenvolvidos pelo FERIC (*Forest Research Institute of Canada*) sobre o desempenho de *Harvesters* e processadores, concluiu-se que o fator mais significativo que afetou a produtividade de ambas as máquinas foi o volume médio por árvore. Além disso, o desempenho dos *Harvesters* foi também influenciado pela razão entre o número de árvores não-comerciais por hectare e o número de árvores comerciais por hectare e pela experiência do operador (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

Portanto, a realização de estudos que visem conhecer a real capacidade produtiva e possíveis variáveis que interferem no rendimento das máquinas de colheita de madeira tornou-se uma preocupação crescente por parte das empresas florestais, com vistas ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção (SILVA et al., 2003).

De um modo geral, a produtividade do corte mecanizado é muito influenciada pelo volume individual da árvore, de maneira que o rendimento da colheita acompanha proporcionalmente o volume individual das árvores, quando este está entre 0,08 e 0,15 m³ com casca (EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX, 1999b). Holtzscher e Lanford (1997), estudando o efeito do diâmetro à altura do peito (DAP) sobre custo e produtividade da colheita mecanizada, encontraram alta correlação entre tais fatores, de modo que, à medida que crescia o diâmetro médio das árvores, aumentava a produtividade do sistema e, conseqüentemente, caíam os custos operacionais. Além de interferir no custo da operação de colheita, a produtividade da floresta que está sendo explorada, interfere da mesma forma na operação seguinte, ou seja, a extração da madeira quer seja ela feita através de arraste (Valverde et al., 1996), ou através de baldeio (Santos et al., 1995), mostrando-se, portanto, o fator preponderante na formação dos custos finais da madeira.

2.4 Corte da madeira na colheita florestal

A etapa de corte compreende as operações de derrubada, desgalhamento e traçamento. A atividade de corte semi-mecanizado utiliza a motosserra para derrubar, desgalhar e traçar, podendo ou não ter auxílio de ferramentas manuais no desgalhamento (SANT'ANNA, 2002). O surgimento e a evolução das motosserras livraram o trabalhador florestal do corte manual, considerado uma atividade bastante rudimentar. Mas, apesar de o sistema semi-mecanizado ser muito usado no Brasil, o sistema mecanizado vem sendo adotado pelas empresas florestais, que fazem uso de máquinas do tipo *Harvester*, *Feller-Buncher* e *Processador Florestal*.

Dentre os diversos fatores que influenciam o corte, podem-se mencionar, como sendo os principais, a declividade do terreno, o diâmetro das árvores, a

densidade do povoamento, a situação do sub-bosque, o tipo de equipamento utilizado e a capacidade e treinamento do operador (SALMERON, 1980).

No planejamento do corte, deve-se considerar a minimização dos custos, a otimização dos rendimentos operacionais e a redução dos impactos ambientais. O direcionamento da derrubada de árvores é uma das principais etapas, sendo as faixas de derrubada planejadas de acordo com as rotas de extração, o que inclui não somente o planejamento da direção, mas também seqüência de derrubada das árvores. Os fatores a serem considerados são: terreno, vias de extração, distâncias, métodos de trabalho e a direção do vento (SANT'ANNA, 2002).

O corte mecanizado tem algumas vantagens: alto rendimento individual; maior conforto e segurança do operador; possibilidade do trabalho em turnos. Suas principais desvantagens são: limitação do diâmetro de corte (máximo), elevado investimento inicial, exigência de boa estrutura de manutenção e limitação de atuação a terrenos planos e levemente ondulados (SANT'ANNA, 2002).

Para Seixas (2002), a busca da produção intensiva com máquinas de elevado custo aquisitivo aumentou a preocupação das empresas em relação aos aspectos de disponibilidade mecânica e eficiência operacional. Esse fato levou-as adotar sistemas mais eficientes de manutenção mecânica e treinamento de operadores, que recebem atenção especial, responsáveis pela otimização e economia das operações de colheita de madeira ao atingir a máxima utilização dos equipamentos, que deve ocorrer com um mínimo de interrupções, causada por falhas mecânicas ou de planejamento de trabalho. Portanto, a empresa deve contar com um processo seletivo rigoroso e fornecer um programa de treinamento abrangente e de longa duração, inclusive com a utilização de simuladores, evitando-se o desgaste prematuro das máquinas mais sofisticadas tecnologicamente.

2.5 Planejamento operacional da colheita florestal

Antes de começar a colheita de madeira uma empresa deve esclarecer a idéia básica de suas ações e o propósito de sua colheita. Para atingi-la, requerem-se objetivos formulados e ordenados numa seqüência lógica de tempo. Nestas bases, pode ser formulada a

estratégia de colheita de madeira, o que significa que as atividades vão conduzir ao cumprimento da meta (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Segundo os mesmos autores a primeira fase é o planejamento estratégico para: explorar as possibilidades de produção, formular as políticas para silvicultura e a colheita, especificar um plano de implementação. Diferentes pontos, fracos e fortes devem ser comparados. Por exemplo, deve-se decidir se a colheita será feita com equipamentos próprios da empresa ou por empreiteiros. O planejamento das atividades de desenvolvimento também deve estar incluído neste planejamento estratégico.

O planejamento conduz à preparação dos planos operacionais. Estes podem ser de longo, médio e curto prazo, porém, sempre atualizados durante o período de planejamento. A colheita deve estar sempre baseada no manejo em rendimento sustentado. Portanto, as possibilidades de produção de madeira devem ser conhecidas a fim de se formular uma política de atividades silviculturais, bem como, de colheita de madeira. Isto pode ser implementado na base de inventários florestais. Através deles, a empresa tem acesso a dados geográficos, climáticos e de solo. Também são fornecidas informações quanto aos tipos de sortimentos comercializáveis e suas quantidades e produções por hectare (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Segundo Guimarães (2004) considerando a idade de rotação ótima das florestas, a estratégia de macroplanejamento se evidencia pelo levantamento e caracterização de todos os talhões que atingirão determinada idade num horizonte de planejamento estratégico. A caracterização de tais talhões inclui tanto aspectos relativos à estrutura e produtividade da floresta, quanto a toda rede viária, própria e externa, considerada para atendimento aos fluxos de distribuição da madeira. Logo, os objetivos específicos do macroplanejamento priorizam a macrovisão de aspectos operacionais da colheita e transporte da madeira, da rede viária, da identificação de aspectos ambientais da área, do nível de utilização de recursos externos à companhia e, conseqüentemente, da indicação das necessidades de investimento e adequação da estrutura operacional.

Segundo o mesmo autor, os objetivos do macroplanejamento florestal podem ser sumarizados em:

- definição das regiões e talhões a serem trabalhados dentro do horizonte de planejamento;

- análise da rede viária disponível e da distância média de transporte por ano de planejamento;
- avaliação dos investimentos de médio prazo;
- planejamento para atendimento dos requisitos legais e ambientais.

De acordo com Oliveira (2006) o microplanejamento está inserido no planejamento de curto prazo, no nível operacional. Além de permitir um maior domínio da produção, é uma ferramenta que serve para intervenções no projeto, no macroplanejamento, na sequência de execução, na organização da mão-de-obra, no fornecimento de serviços e na logística, tudo com a finalidade de atuar pró-ativamente na gestão da produção.

Segundo Araújo et al. (2001) o microplanejamento contempla, sob uma visão microscópica dos serviços, a programação e o seu controle. A detecção de desvios pela etapa de controle pode levar a possíveis reprogramações dos serviços, com relação à programação inicial.

Para Guimarães (2004) o microplanejamento florestal, partindo da visão macro, tem como objetivos segregar e caracterizar todos os aspectos operacionais que nortearão a estratégia de planejamento tático operacional de curto prazo. A menor unidade de manejo, definida como talhão, é segregada, visando a minuciosa caracterização da floresta a ser colhida, com absoluta e detalhada quantificação do volume de madeira estabelecido por sortimento, bem como a descrição fiel da estrutura física do talhão, incluindo rede viária, áreas de preservação permanente e reserva legal, sítios de valor histórico, testes experimentais e demais aspectos de relevância para o planejamento e operacionalização de todas as operações florestais subsequentes à colheita e ao transporte de madeira.

Segundo o mesmo autor, os principais objetivos do microplanejamento florestal são:

- quantificação de volume de madeira por sortimento de produção;
- definição de sentidos e distâncias de arraste;
- definição de postos de processamento e carga;
- identificação de reserva legal e áreas de preservação permanente;
- programação de transporte de madeira (planejamento de rede viária);
- caracterização física das estradas que serão utilizadas no escoamento da produção.

Oliveira (2006) cita algumas vantagens constatadas com a utilização do microplanejamento, tais como: maior domínio da produção, possibilidade de antecipar possíveis falhas na programação do macroplanejamento, correção das causas dos problemas de forma pró-ativa, entre outras.

2.6 Variáveis da produtividade das máquinas florestais

Wadouski (1987) distingue as variáveis que podem afetar a produtividade das máquinas, aquelas passíveis de identificação imediata e direta e as indiretas. Como de identificação direta podem-se citar: os volumes a serem extraídos, a extensão da área a explorar, as características dos fustes, porcentagem e diâmetro dos galhos, topografia, natureza dos solos e sua distribuição geográfica, malha viária, distância média de arraste, intensidade e distribuição das chuvas e necessidades de sortimentos diversos. Por outro lado, muitas outras variáveis são de difícil determinação (indiretas) e a intensidade com que irão afetar os trabalhos deve ser cuidadosamente estimada. Assim, o grau de erodibilidade dos solos, a estabilidade das áreas declivosas, a qualidade, habilidade e disponibilidade de mão-de-obra, as necessidades impostas pelo manejo florestal, os riscos de compactação dos solos e a possibilidade de bruscas variações climáticas impõem limitações, mais ou menos severas, à aplicação dos sistemas de colheita de madeira em função da conjunção positiva ou negativa.

As principais variáveis externas que influenciam na produtividade das máquinas nas operações de colheita de madeira, e que complementam o trabalho de Wadouski (1987) são: a declividade do terreno, a espécie, o diâmetro da base, o diâmetro dos galhos, a altura e o volume individual das árvores, o volume por hectare, o espaçamento, o tipo de intervenção que irá ocorrer, o tipo de rebrota, a altura de tocos após a operação de corte, a distância média de extração (DME), o comprimento da madeira, a umidade do solo, a qualidade do planejamento das operações (planificação), a pluviosidade, o sub-bosque. Em relação às variáveis operacionais, o autor as cita como sendo o conjunto de aspectos ligados diretamente à máquina que influencia a operação e deve ser controlada com periodicidade definida pelo planejador, para o cumprimento satisfatório das operações propostas. O planejamento e o acompanhamento das variáveis relacionadas à operacionalidade dos equipamentos são de suma importância para a obtenção de bons padrões de produtividade,

bem como, a sua manutenção durante toda a vida útil da máquina. Em relação à operacionalidade das máquinas, as principais variáveis que podem afetar a produtividade são: o estado dos elementos das peças repostas, estado dos pneus e esteiras, treinamento e reciclagem dos operadores, tipo de jornada de trabalho, e a dependência de outro equipamento.

Mialhe (1974) define desempenho operacional das máquinas agrícolas como um complexo conjunto de informações que determinam seus atributos ao executarem operações sob determinadas condições de trabalho. Essas informações podem ter características: operacionais, relativas à qualidade e à quantidade de trabalho; dinâmicas, relativas à potência requerida e à velocidade de trabalho; e de manejo, relativas às regulagens, aos reparos, às manutenções das máquinas. A avaliação das características operacionais, no caso dos tratores e implementos agrícolas, é feita pela capacidade de campo, a qual é estimada pela área trabalhada em uma unidade de tempo. A capacidade de campo pode ser teórica, efetiva ou operacional.

2.7 Manutenção das máquinas florestais

Uma assistência técnica eficiente na descoberta de problemas com os equipamentos, garantindo suporte de peças, deve ser analisada sob dois aspectos: o do custo que se tem com grandes oficinas mecânicas, que geram gastos com estrutura e mão-de-obra, e também o fato de se ter um almoxarifado, que pode ser muito dispendioso quando se verifica o capital que fica imobilizado, juros e também da estrutura para o seu funcionamento. Quando se utilizam equipamentos importados, também ocorrem gastos com importações e pessoal para sua realização (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

É lógico que se deve ter uma estrutura de manutenção, porém, quanto menor for esta, e mais eficiente, agindo em parceria com a assistência técnica dos revendedores, menores serão os gastos com manutenção que incidirão no custo horário da máquina e, por conseguinte no custo por tonelada ou metro cúbico produzido (Malinovski; Malinovski, 1998).

2.8 Investimentos em máquinas florestais

O investimento é a força motriz básica da atividade empresarial. É a fonte de crescimento que sustenta as estratégias competitivas explícitas da administração e, normalmente, está baseado em planos (orçamentos de capital) comprometidos com fundos novos ou já existentes, destinados a três áreas principais: capital de giro (saldo de caixa); ativos fixos (terrenos, edifícios, máquina e equipamentos); e programas de gastos principais (pesquisa e desenvolvimento, programas de promoção, etc.) (HELFERT, 2000).

As principais razões de realizar investimentos para a substituição de equipamentos são: custo exagerado da operação e da manutenção devido a desgaste físico; inadequação para atender a demanda atual; e obsolescência em comparação aos equipamentos tecnologicamente melhores e que produzem produtos de melhor qualidade (HIRSCHFELD, 2000).

As estratégias de investimento dependem de uma tensão essencial: o custo explícito da negociação e do custo da oportunidade de não a realizar. Devido a isso, é de fundamental importância analisar se a atividade será rentável, ou seja, se cobrirá todos os custos e ainda proporcionará a margem de lucro desejada pelo investidor (BERNSTEIN; DAMODARAM, 2000).

As empresas florestais, em geral, adotam sistemas de colheita diferenciados, de acordo com suas conveniências, com o destino final do produto ou com a tecnologia empregada. Dependendo do sistema adotado, a empresa terá a composição diferenciada para os custos de colheita. É possível que o custo final seja semelhante, porém os custos dos componentes muito provavelmente serão diferentes (MACHADO, 2002).

Ainda o mesmo autor relata que cada sistema terá uma estrutura de custos própria, necessitando de estudos detalhados de cada um dos componentes que formam os custos do sistema, para que possa ser identificado aquele que melhor se enquadra às condições da empresa.

O conhecimento do custo operacional de máquinas é de suma importância no processo de tomada de decisão, auxiliando, de forma fundamental, o controle e planejamento da utilização desses equipamentos (MACHADO e MALINOVSKI, 1988). Os

custos de máquinas referem-se ao somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação (MACHADO, 1989).

Para manter a competitividade é necessário aumentar a produtividade e reduzir custos; com isto, a colheita, por ser o item que mais onera o custo de produção da madeira no Brasil (STÖHR; BAGIO, 1981, TANAKA, 1986, MACHADO, 1984, VALVERDE, 2000), precisa ter suas operações otimizadas, de forma que a qualidade seja melhorada, as perdas diminuídas e os custos minimizados.

O custo operacional dos equipamentos é a base de determinação para as avaliações econômicas e estudos comparativos entre sistemas, através da variação das grandezas de seus parâmetros. Os seus componentes são: valor de aquisição; vida útil; valor residual; taxa de remuneração; seguros e outras taxas; utilização anual; mão-de-obra; combustível ou energia e manutenção (RODRIGUEZ et al., 1992).

2.9 *Harvester*

Segundo Machado (2002), o *Harvester* ou colhedora pode executar, simultaneamente, as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento e empilhamento da madeira. É composta por máquina base de pneus ou esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote.

De acordo com Lima e Leite (2002) este trator, conhecido como colhedor e processador florestal, é automotriz e tem a finalidade de cortar e processar árvores dentro da floresta. É uma máquina que pode executar, simultaneamente, as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento e empilhamento da madeira. Suas características principais são definidas por um conjunto-motriz de alta mobilidade e boa estabilidade. É composta por uma máquina-base de pneus em tandem ou esteiras, uma lança hidráulica, grua e um cabeçote (MACHADO, 2002).

Em diversos sistemas de toras curtas, o *Harvester* é a máquina principal, utilizada na derrubada e processamento, que consiste, em alguns casos no descascamento das árvores, no desgalhamento e no corte em toras de comprimento pré-determinado, deixando as toras agrupadas e prontas para serem retiradas da área de plantio. Trata-se de um equipamento autopropelido, constituído por um conjunto motriz de alta

mobilidade dentro da floresta e boa estabilidade, um braço hidráulico e um cabeçote processador (AMABILINI, 1991). Por trabalhar em regime de campo, sua capacidade produtiva é fortemente influenciada por um grande número de fatores ambientais e técnicos. Os principais fatores que influenciam a colheita de madeira são: o clima (chuva e ventos), a capacidade de suporte do terreno, topografia, características das árvores quanto ao diâmetro, tamanho dos galhos e da copa, peso e qualidade da madeira (SEIXAS, 1998).

Alguns modelos desenvolvidos e utilizados são oriundos da adaptação de uma retroescavadora, que possui um braço de acionamento hidráulico (lança), acoplado ao cabeçote de múltiplas funções. A altura máxima e o comprimento do braço articulado são, em alguns modelos com movimento telescópico, pontos importantes na seleção, e o cabeçote de, em associação com a estrutura da retroescavadora, é comumente chamado de trator *Harvester* (LIMA; LEITE, 2002).

O cabeçote é constituído de braços acumuladores (preensores), cuja finalidade é segurar e levantar a árvore após o corte. Nesse tipo de trator, a movimentação e o acionamento dos dispositivos que compõem o cabeçote são realizados pelo operador, que empunha um *joystick*. Em alguns modelos, o corte é realizado por uma serra, um sabre ou um disco, com a árvore posicionada horizontalmente e movimentada por rolos dentados ora para a esquerda, ora para a direita, de forma que o descasque e o desganhamento seja realizado por uma estrutura metálica de corte (LIMA; LEITE, 2002). No caso de o *one grip Harvester*, cabeçote derruba, desgalha e traça, e, em se tratando de o cabeçote *two grip Harvester*, somente derruba, sendo o desganhamento e o traçamento feitos em implementos localizados sobre o eixo traseiro da máquina-base (SANT'ANNA, 2002). Então, iniciam-se a toragem e o empilhamento, de acordo com a finalidade da madeira colhida, com a vantagem de alguns modelos possuírem um sistema de informação que determina e registra o volume de madeira processada no turno de trabalho.

Salmeron e Ribeiro (1997), comparando a capacidade produtiva de *Harvesters* em declividades de até 65%, trabalhando com comprimentos de toras de 2,2 e 5,7 metros, obtiveram produtividades de 13,39 e 19,17 m³.h⁻¹, respectivamente. Tiburcio et al. (1995), avaliando diferentes sistemas de corte, processamento e baldeio de *Eucalyptus grandis* de 5,7 anos, obtiveram para o *Harvester* uma produtividade de 23,6 m³.h⁻¹, trabalhando com três linhas de plantio simultaneamente, e 25 m³.h⁻¹, com cinco linhas de plantio. Os autores

consideraram o sistema de três linhas como o mais viável, por razões de segurança operacional.

Construindo um modelo matemático para simulação de colheita florestal através de *Harvesters*, Eliasson (1999) observou que o tempo gasto pelo *Harvester* para mover-se e para a derrubada da árvore praticamente não se altera em função do aumento da distância entre as árvores. Já os tempos gastos com o corte, a derrubada e o processamento crescem proporcionalmente ao DAP das árvores. Por outro lado, a capacidade produtiva em volume de madeira por hora cresce proporcionalmente ao aumento do volume individual das árvores derrubadas.

Em um estudo comparativo entre *Harvesters* com diferentes capacidades de corte (um até 350 mm de diâmetro e outro até 600 mm), Iwaoka et al. (1999) não encontraram diferença significativa entre os rendimentos. Ressaltou, entretanto, o menor impacto ambiental e o menor custo de aquisição e de manutenção das máquinas de menor porte.

No que diz respeito à interferência da experiência do operador na capacidade produtiva dos *Harvesters*, McConchie e Evanson (1996) relataram que de 212 trabalhos publicados na Nova Zelândia sobre mecanização florestal, apenas oito tratavam da influência dos aspectos humanos sobre a operação de colheita florestal mecanizada. A operação de um *Harvester* é um trabalho complexo, que envolve contínuas tomadas de decisão e rápidos movimentos manuais nos controles, e por isso a habilidade do operador tem grande influência sobre a produtividade do equipamento (RICHARDSON; MAKKONEN, 1994).

Estudando a capacidade produtiva de *Harvesters* operados por iniciantes, Parker (1996) relatou que durante os 30 primeiros dias de trabalho havia um grande aumento na capacidade produtiva, reduzindo-se sempre que ocorria alguma mudança nas condições de trabalho e voltando logo depois à normalidade. Entretanto, foram considerados apenas os 400 primeiros dias de trabalho neste estudo. Seriam necessárias comparações entre operadores com maior ou menor tempo de experiência, uma vez que o nível de treinamento do operador pode ter grande influência sobre a produtividade do *Harvester*.

2.10 *Feller-Buncher*

O *Feller-Buncher* ou trator florestal cortador – acumulador consiste de um trator de pneus ou esteira com cabeçote que realiza o corte e o empilhamento de árvores. garra invertida (MACHADO, 2002).

O surgimento do *Feller-Buncher* no Brasil deu-se no fim da década de 70, quando, com base em modelos de máquinas americanas, a empresa *Olinkraft* desenvolveu um equipamento de corte acionado por uma bomba hidráulica que, ligada ao motor de uma máquina-base, acionava duas lâminas em forma de tesoura, efetuando assim o corte da árvore (SANT'ANNA, 2002).

O *Feller-Buncher* é um trator florestal de pneus ou esteira com cabeçote, um implemento frontal que faz o corte, acumula várias árvores e tomba-as (báscula), formando feixes de toras ou de árvores, empilhando-as para a posterior operação. O cabeçote é uma peça de construção rígida, onde está localizado o órgão de corte que pode ser composto por um disco dentado, uma tesoura de dupla ação, uma serra, ou um sabre e os braços acumuladores, todos acionados por um sistema hidráulico (MACHADO, 2002).

O *Feller-Buncher* consiste basicamente em um trator de pneus ou de esteiras com um implemento frontal que faz o corte, acumulando árvores ou não e empilhando-as para a extração. Os implementos de corte podem ser três: sabre, tesoura e disco (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

O procedimento de corte com o *Feller-Buncher* consiste em fixar a árvore por duas garras na altura aproximada do DAP e, em seguida, fazer o corte no nível do solo com o instrumento adequado. Após o corte, é acionado o braço acumulador, firmando uma árvore no cabeçote, reabrindo as garras e acionando a máquina de corte para nova operação, até atingir a capacidade de carga. Após a derrubada da primeira metade dos dois eitos, o *Feller-Buncher* desloca-se para a outra extremidade do talhão, iniciando assim a derrubada da segunda metade do primeiro eito de trabalho e, posteriormente, a da outra metade do segundo eito, posicionando a base dos feixes para serem arrastados para essa extremidade do talhão (MACHADO; LOPES, 2002).

Segundo Sant'Anna (2002), o corte realizado com sabre é similar ao efetuado com motosserra, com diferença básica na força propulsora da corrente, pois com a

motosserra a força é gerada por um motor a explosão, e não por motor hidráulico. Um ponto a ser salientado é que os *Fellers* de sabre desenvolvidos no Brasil não são acumuladores, ou seja, efetuam o corte e depositam a árvore diretamente na pilha. Já o corte realizado com cabeçote de tesoura, segundo o mesmo autor, pode apresentar algumas variações quanto ao número de lâminas e ao sentido do corte. Os cabeçotes de guilhotina apresentam somente uma lâmina, a qual é introduzida frontalmente na árvore. Por fim, os cabeçotes com duas lâminas podem ter movimentos laterais simultâneos, ou uma lâmina ser fixa e a outra móvel, para efetuar o corte. Os cabeçotes de disco são formados basicamente por um motor hidráulico, que faz girar um disco metálico com dentes no seu perímetro. Este disco tem espessura de aproximadamente 50 mm, pesa em torno de 1.000 kg (2.245 kg é o peso total do cabeçote), gira a 1.500 rpm e é capaz de cortar uma árvore com um simples golpe.

A distribuição dos tempos no trabalho do *Feller-Buncher*, estudado por Lima e Sant'Anna (2001), demonstrou que o tempo efetivo de trabalho da máquina não chegou a 30% do seu dia típico de trabalho, sendo 48% do seu tempo gasto com as atividades gerais. Dentro dessas atividades, a manutenção corretiva foi a que consumiu o maior tempo, chegando a 34% do dia.

2.11 Processador Florestal

De acordo com Machado (2002) o Processador Florestal é responsável pelo traçamento ou toragem da madeira no comprimento desejado. É composto por máquina base de pneus ou esteiras e um cabeçote com serra de acionamento hidráulico.

Na etapa de processamento das árvores, devem ser considerados os seguintes parâmetros: topografia, disposição dos feixes à beira do talhão, local de empilhamento, disposição da galhada, capacidade de suporte dos solos e distância de segurança em relação a outras máquinas (MACHADO; LOPES, 2002).

Estudando a utilização de processadores mecânicos na operação de desgalhamento e toragem de eucalipto, Santos e Machado (1995) observaram que a capacidade produtiva do equipamento crescia à medida que aumentava o volume por árvore até atingir um ponto máximo, com um volume por árvore de $0,34 \text{ m}^3$, decrescendo após esse valor. O custo do processamento teve comportamento exatamente inverso. Vale ressaltar ainda

que os autores demonstraram que os gastos com peças e mão-de-obra de oficina corresponderam a 42,6% do custo operacional do equipamento.

Gingras (1992) avaliou a utilização de um cabeçote processador da marca *KETO* modelo 150, montado em uma máquina base de esteiras, na derrubada de árvores em um sistema de toras longas, ou seja, sem processar a madeira. Observou uma produtividade de 90 árvores ou 20 m³ de madeira por hora efetivamente trabalhada.

O processamento das árvores (desgalhamento, toragem e embandeiramento) é totalmente mecanizado com o uso de processadores. A cada Processador Florestal é dada uma faixa de trabalho (eito) de cinco linhas. A máquina entra pela quarta linha de seu eito e processa as árvores da primeira à quinta linha. Os toretes ficam posicionados entre a primeira e a terceira linha, e a galhada é colocada entre a terceira e a quinta linha (SANTOS, 1995).

2.12 Rendimentos operacionais das máquinas florestais

Segundo Fenner (2002), o rendimento operacional pode ser determinado através do estudo de tempos e movimentos do trabalho, cujos objetivos são medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realizar determinada tarefa, registrar o resultado do trabalho obtido durante estes tempos (rendimento) e compreender os fatores que exercem influência sobre a atividade que esta sendo desenvolvida. Para a empresa, o estudo de tempos é empregado no planejamento, controle e racionalização das operações podendo resultar em aumento de rentabilidade o qual se manifesta através do aumento da produtividade ou pela redução dos custos de produção. É importante considerar tanto os interesses da empresa como o dos trabalhadores observando os aspectos econômico-financeiros bem como as inter-relações ergonômicas, ou seja, a adaptação do trabalho ao homem.

2.13 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos iniciou-se com Taylor, em 1881 e o dos movimentos com o casal Gilbreth, por volta de 1885 e foram conjoinados no início do século XX, bem como receberam a contribuição inovadora de sensores orbitais a partir da

última década do século, permitindo acurácia em ações anteriormente consideradas de difícil controle na obtenção de dados devido ao campo de ação dentro do canteiro de obras (florestas, lavoura, transporte rodoviário, aéreo e marítimo). O estudo de tempos e movimentos tem influência fundamental a intenção de melhoria dos métodos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises do processo produtivo, de atividades, relação homem-máquina e operações em geral. O controle da produção e custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão-de-obra e da máquina (MACHADO, 1984).

Estudos de tempos e movimentos auxiliam no trabalho operacional e sistemas administrativos, para que se atinjam os objetivos da organização resultando em aumento de rendimento operacional e induzindo maior satisfação ao pessoal de produção, principalmente. Também são usados no equacionamento do processo geral de solução de problemas (BARNES, 1977).

Para a organização, o estudo de tempos e movimentos é empregado no planejamento, controle e racionalização das operações podendo resultar em aumento de rentabilidade o qual se manifesta através do aumento da produtividade ou pela redução dos custos de produção (FENNER, 2002). Contudo existem limites da aplicação do estudo de movimentos e tempos em um processo laboral, exigindo-se um cuidadoso projeto de métodos de trabalho e o desenvolvimento do método melhorado sempre que o estudo de tempos e movimentos é aplicado com frequência em uma atividade (BARNES, 1977).

O estudo de tempos e movimentos é definido por Mialhe (1974) apud Barnes (1977) como o estudo sistemático dos processos de trabalho com os seguintes objetivos: desenvolver o método adequado ou preferido, usualmente aquele de menor custo; padronizar este sistema e método; determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica e; orientar o treinamento do trabalhador no método preferido. Machado (1984) define o estudo de tempos e movimentos na exploração florestal aquele que procura encontrar a melhor técnica de se executar uma operação, enquanto determina o seu tempo padrão dentro de um clima econômico, social e ecológico.

O estudo de tempos e movimentos também pode ser usado para o planejamento e organização do trabalho. Neste caso, o objetivo do estudo pode ser a

configuração adequada do local de trabalho e dos meios de produção, a definição da técnica e/ou método para efetuar as operações, a organização da seqüência de execução do trabalho e para controlar a produtividade e fixar a remuneração do trabalho. No planejamento econômico da empresa, o estudo de tempos pode ser usado para a otimização e racionalização das operações, bem como para o micro e macro planejamento operacional (FENNER, 2002).

Segundo o mesmo autor, para atingir os mais variados objetivos na realização do estudo de tempos e movimentos, é preciso conhecer os tempos parciais e totais necessários para a realização de cada atividade, os rendimentos obtidos (produção), bem como os fatores que influem direta ou indiretamente no resultado do trabalho desenvolvido. Os estudos são realizados para aumentar a capacidade em horas produtivas (com eficiência normal), reduzindo as horas improdutivas, pois no geral, existem diferenças substanciais entre as horas disponíveis para o trabalho com as horas efetivas, ou seja, o tempo dedicado à transformação propriamente dita com eficiência razoável. Trata-se de levantar informações tais como a incidência de perturbações, paradas, preparações, manutenção, falta de componentes ou programa, transportes, manuseios, principalmente e partir para a busca de alternativas para sua diminuição. Racionalizar é tornar o trabalho de fácil execução. É transformá-lo em ações de fácil manipulação, evitar os desperdícios, principalmente de tempo e aproveitar ao máximo os recursos de produção. Adaptação de dispositivos quando a exigência de habilidade ou capacidade ultrapassa as limitações naturais do ser humano.

Ao se adotar o estudo de tempos, deve ser considerado os equipamentos e o desenvolvimento de processos apropriados para cada caso específico. Deve ser considerada a avaliação do ritmo, a determinação das tolerâncias e do tempo padrão para a execução das tarefas, a diferença entre a operação manual e mecanizada. A avaliação preliminar da utilização de tempos, tais como tempos pré-determinados, tempos padrão a partir de tempos elementares são fundamentais para que possam ser identificados os sistemas e determinadas às matrizes, ferramentas e fórmulas a serem utilizadas (BARNES, 1977).

O método do estudo do tempo pode ser dividido em análise e síntese. A análise é a pesquisa do decurso do trabalho na sua situação (estado atual), como ele acontece na prática. A análise não contém intervenções na estruturação do sistema de trabalho. A síntese compreende a elaboração de um processo a ser atingido em situação futura, ou seja, é a pesquisa do decurso do trabalho previamente estruturado com a finalidade de, por exemplo,

aumentar os rendimentos, melhorar as condições de trabalho, aperfeiçoar o aproveitamento das capacidades de trabalho da mão-de-obra e/ou máquinas e aparelhos entre outros. Normalmente, são necessárias várias repetições de análise e síntese, utilizando as informações obtidas na pesquisa anterior até encontrar, sob condições normais de trabalho, o decurso ótimo (FENNER, 2002).

Os estudos de movimentos na mecanização permitem automação, racionalização e padronização destes por intermédio de adoção de métodos apropriados e específicos (BARNES, 1977).

Uma das técnicas utilizadas no planejamento e na otimização das atividades de colheita é o estudo de tempo e movimento (ANDRADE, 1998). O objetivo básico é determinar o tempo necessário para a realização de uma atividade definida, estabelecida por método racional e executada em cadência normal por uma pessoa qualificada e habituada a determinada técnica (BARNES, 1968).

2.14 Custos de produção no setor agropecuário

Custos consistem nos dispêndios efetuados por uma empresa, nos recursos empregados para produzir o seu produto (SILVA et al., 2005).

Segundo Ferreira (2002), os custos associados à mão-de-obra são fator limitante ao crescimento do setor. De um modo geral, deve-se considerar que a produção é influenciada pela produtividade da força de trabalho e pela eficiência do gerenciamento, características estas que também variam com o local. Os custos são específicos para cada região ou local, podendo haver diferenças significativas consoantes às características do local.

Há vários significados para a expressão custo de produção ou simplesmente custo. Do ponto de vista do homem de negócios, os custos a serem considerados vão depender da finalidade em vista, da decisão que se precisa tomar. Assim, quando se vai apurar o lucro, incluem-se no custo as despesas diretas, as depreciações, o juro, o aluguel e os impostos. Entretanto, para certos fins inclui-se na determinação do custo com um número menor de itens (HOFFMANN et al., 1981).

Segundo Neves et al. (1996), as determinações de custo são feitas com várias finalidades. Para o agricultor, servem como elemento auxiliar de sua administração na

escolha das culturas, criações e das práticas a serem utilizadas. Para o governo e entidades de classe, fornecem subsídios à formulação de sua política agrícola. Essa política pode referir-se à fixação de preços para efeito de tabelamento, ao cálculo das necessidades de crédito, à orientação dos trabalhos de assistência técnica à produção e à fixação de preços mínimos.

As determinações dos custos de produção nas atividades agrícolas, pecuárias, florestais e ainda industriais, são, ao mesmo tempo, um dos processos mais simples e mais complicados em economia. Simples porque não envolvem cálculos complicados para sua efetivação. Entretanto, torna-se complicado, porque muitas vezes este processo reveste-se de elementos altamente subjetivos para sua análise (NEVES et al., 1996).

Os custos muitas vezes são confundidos com despesas e gastos, mas, em economia, estas palavras têm significados diferentes. As despesas são entendidas como o valor de todo o pagamento a vista ou a crédito realizado pela empresa. Os pagamentos de salários e de insumos são exemplos de despesas com compensação produtiva. Já as doações a entidades não o são. Os gastos são todos os desgastes de valores ou de materiais e energia expressa em valores dentro da empresa. Os gastos surgem no momento de consumo, e as despesas, quando há desembolso para o pagamento (MACHADO, 2002).

Por outro lado, as determinações dos custos de produção são elementos importantes para auxiliar o produtor ou empresa no processo de tomada de decisão para atingir a melhor rentabilidade possível dentro das condições disponíveis.

Além de auxiliar na determinação da rentabilidade das atividades, é possível utilizar os custos de produção para determinar as causas ou motivos de possíveis variações dos custos unitários das diferentes explorações ou mesmo de uma determinada exploração em diferentes sistemas de produção, além de determinar corretamente as exigências físicas dos fatores de produção, bem como um dos elementos mais importantes para a tomada de decisão (NEVES et al., 1996).

Para que os custos sejam calculados é de fundamental importância que se conheçam três itens: os produtos cujo custo se planeja calcular, os materiais utilizados na produção e o processo de produção.

Há vários significados para a expressão custo de produção, ou simplesmente custo:

- a) para fins de análise econômica o termo custo significa a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma firma para produzir um determinado bem, devem receber, para que eles continuem fornecendo estes fatores à firma. Diz-se compensação ao invés de pagamentos porque em certos casos não ocorre um pagamento formal, como quando se está operando um negócio próprio em que parte do capital pertence ao empresário e o empresário não paga a si mesmo pelo uso deste capital, mas existe o que chamamos de custo de oportunidade do capital (HOFFMANN et al., 1989);
- b) é o pagamento pela utilização dos recursos produtivos utilizados na produção de determinados bens;
- c) é o desembolso que se gasta com fatores de produção diretamente utilizados na produção de determinado produto;
- d) é o custo de uso dos fatores de produção.

Milan (2005) relata que o desempenho econômico da máquina agrícola envolve o cálculo do custo direto, indireto e operacional. Os custos diretos são aqueles associados à posse e ao uso, os indiretos são aqueles devidos a um dimensionamento inadequado do sistema mecanizado e o operacional está associado à capacidade de trabalho do conjunto ou máquina.

Segundo o mesmo autor, a mão de obra do operador pode ser acrescentada ao custo direto de duas formas: a primeira, se o operador tem como função exclusiva a operação do conjunto/máquina, o custo incide totalmente para a máquina; a segunda, se ele exerce outras atividades, a divisão poderá ser proporcional ao tempo que ele despende na máquina e na outra atividade.

O desempenho econômico das máquinas agrícolas é estimado pelos custos operacionais, os quais são divididos em custos fixos e variáveis (ou de uso). Os custos fixos são dependentes do tempo de propriedade da máquina, incluindo a depreciação, os juros, as taxas, os impostos, o seguro e o alojamento. Os custos de uso variam proporcionalmente com a utilização das máquinas, incluindo os gastos com o combustível, o lubrificante, os reparos, a manutenção e a mão-de-obra (WITNEY, 1988).

Os principais fatores que afetam o custo da colheita florestal são: condições locais (clima e topografia), tipo de floresta (natural ou plantada), espécies florestais, diâmetro ou volume das árvores (tempo de corte de 1 m³), número de trabalhadores por turma,

treinamento do trabalhador, tipo de salário, equipamentos utilizados, tipos de corte (raso e seletivo), organização do trabalho e distância de arraste ou extração (SILVA et al., 2005).

2.14.1 Custos de máquinas

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

Edwards (2002) relata que os custos de máquinas podem ser divididos em duas categorias: custos de propriedade (também chamados de custos fixos) que são constantes durante um período definido e, portanto, independentes do nível de atividades ou utilização e custos variáveis, que dependem das atividades ou o tempo de utilização da máquina.

Segundo o mesmo autor, o verdadeiro valor destes custos não é conhecido até que a máquina seja vendida ou utilizada. Mas os custos podem ser calculados fazendo algumas suposições sobre a vida útil da máquina, uso anual, consumo de combustível e custo da mão-de-obra.

Stöhr (1981) ressalta que, tanto para a planificação e controle do emprego de máquinas como para a comparação de diversas alternativas de investimento em máquina, é necessário ter uma noção, a mais precisa possível, dos custos de utilização das máquinas. Estes devem ser facilmente calculáveis, segundo um esquema que permita comparação.

Existem muitas metodologias para o cálculo do custo-hora da máquina, e muitas vezes elas variam também entre pesquisadores e em função dos objetivos ou das normas preestabelecidas, modelos já foram apresentados por Machado (1984), Stokes (1993), Malinovski e Fenner (1991), Gibson et. al. (1991), Moreira (1992), Lima e Sant'anna (2001), entre outros.

2.14.2 Custos de colheita florestal

A colheita florestal compreendida em suas três atividades básicas, ou seja, corte, extração e transporte, segundo Tanaka (1986), apresenta-se como o item de maior custo das atividades.

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

Os custos de colheita representam, em alguns casos, mais de 50% do custo total da madeira posta na indústria. Por isso, as operações relacionadas a esta atividade merecem um planejamento rigoroso, a fim de reduzir esses custos (MOREIRA, 1992).

Segundo Malinovski e Malinovski (1998), a influência do custo por tonelada de madeira é de fundamental importância na decisão da escolha dos equipamentos, devendo este item receber um dos maiores pesos na análise benefício-custo. O custo fixo é de fácil estimativa. Depende somente das condições em que a empresa deseja recuperar o capital investido e qual o lucro que ela deseja em função do risco, liquidez e rentabilidade do investimento.

2.15 Custos fixos

Existem vários métodos propostos para se estimar os custos fixos e variáveis das máquinas agrícolas e florestais como nos trabalhos de Bortolai (1975), Hosokawa (1977a), Hosokawa (1977b), Oliveira (2000), Stöhr (1977a) e Stöhr (1977b). Entretanto, Molin (2000) e Milan (2005) relatam que especialistas da área de mecanização agrícola têm se orientado pelos métodos da ASAE, que nada mais fez do que juntar vários trabalhos executados em diferentes situações e com máquinas ou implementos semelhantes, sistematizando essas informações em várias equações.

Segundo Neves (1995) os custos fixos são aqueles cujos valores são os mesmos qualquer que seja o volume de produção da empresa, inclusive no caso da empresa não existir produção.

Custos fixos são os custos que a empresa é obrigada a pagar para fatores de produção durante um período de decisão definido, conforme ASAE (2001) esses custos são afetados pelas decisões atuais. Se algumas escolhas são fixas para uma determinada decisão, então os custos associados a elas também serão fixos.

Os custos fixos incluem depreciação, custos de oportunidade, impostos, seguro, taxas, garagem e instalações de manutenção (EDWARDS, 2002).

Kantola e Harstela (1994) definem que custos fixos são os custos constantes durante um período definido e, portanto, independentes do nível de atividades ou utilização. Eles incluem a maior parte dos custos de administração e o investimento do capital nestes últimos e os custos fixos representam a depreciação e o juro. Outros custos fixos são as despesas administrativas, seguros e determinadas taxas.

2.15.1 Taxas de juros

Os juros calculados sobre o capital investido na compra das máquinas se constituem também em um custo de propriedade. Normalmente os juros são simples e calculados sobre o capital médio investido (BALASTREIRE, 1990).

O pagamento ao fator capital é expresso normalmente por uma taxa percentual, que se refere, obrigatoriamente, a certo período de tempo. Essa taxa é chamada de taxa de juros e indica remuneração do capital durante um período a que ela se refere, ou seja, ela expressa o preço cobrado pela utilização do capital durante uma unidade de tempo considerada (REZENDE; OLIVEIRA, 2001).

A taxa de juros de mercado nominal varia em parte com a taxa de inflação. Se uma taxa alta de juros for usada nas estimativas, o capital e as despesas operacionais também serão altos, sem fixar os efeitos da inflação nos custos. As estimativas de taxa de juros em muitos países não são incluídas e estes custos de oportunidade do capital infelizmente resultam em superestimação de rendas líquidas. Se o analista exclui, pode tentar ajustar os custos para cima. A melhor alternativa é pôr todos os custos e despesas em uma base

real a partir do fim do período informando. Isto envolve usando taxas de juros nominais (inclusive inflação) para o período de produção e usando rendas reais, custos, e taxas de juros para períodos futuros computando os custos de bens de capital (ASAE, 2001).

Os juros podem ser definidos como a remuneração obtida pela não-utilização imediata do capital, em detrimento de uma satisfação de uma necessidade atual, sendo esperada uma maior satisfação futura (NEVES et al., 1996).

Os juros servem para atualizar o valor do dinheiro no tempo. Um indivíduo de posse de certa quantidade de dinheiro pode hoje, se assim desejar, adquirir um produto que lhe proporcione certa satisfação atual. Outra opção seria emprestar o dinheiro cobrando certa taxa de juros, ou então aplicar o dinheiro em algum título no mercado financeiro que lhe remunere a uma determinada taxa de juros. A possibilidade de o indivíduo obter, ao longo do tempo, uma remuneração de capital conduz ao conceito de valor do dinheiro no tempo. Considerando que o dinheiro tem valor no tempo, uma quantia de dinheiro apresenta em instantes diferentes valores também diferentes (NEVES et al., 1996).

Segundo Speidel (1966) os custos de juros correspondem ao pagamento pelo uso do capital e dividem-se em:

- juros reais, quando o capital é emprestado (empréstimo);
- juros calculados (ou custo de oportunidade do capital), quando o capital é próprio da empresa.

A utilização dos juros torna-se importante para a análise de atividades econômicas realizadas num horizonte temporal mais longo, como é o caso da atividade de resinagem (NOGUEIRA; BATALHA, 2000).

2.15.2 Depreciação

Depreciação é um conceito essencialmente contábil, mas de grande importância nos estudos econômicos. Na prática ocorre, freqüentemente, confusão entre o conceito técnico de depreciação (permitida por lei como item de custo de produção) e o conceito mais amplo de depreciação tomado como perda de valor do bem durável com o passar do tempo (NORONHA, 1987).

A depreciação se refere à desvalorização da máquina em função do tempo, seja ela utilizada ou não. Se uma máquina é pouco utilizada durante o ano, a sua depreciação ocorrerá principalmente devido a obsolescência, enquanto se a mesma for intensamente utilizada a depreciação se dará devido ao desgaste. A obsolescência ocorre sempre que uma nova máquina, empregando tecnologias avançadas, torna antieconômica a utilização da máquina disponível (BALASTREIRE, 1990).

Segundo o mesmo autor, a depreciação de uma máquina não é conhecida com certeza enquanto ela não for vendida, pois apenas nesta ocasião se terá certeza do seu valor real. Por esse motivo, a depreciação normalmente é estimada através de diversos métodos existentes na literatura especializada.

Segundo Edwards (2002), depreciação é um custo que é o resultado do uso, obsolescência, e idade de uma máquina. O tempo de uso mecânico pode fazer o valor de uma máquina ficar abaixo do valor de mercado quando é comercializada ou vendida. A introdução de novas tecnologias ou mudanças de modelo pode fazer uma máquina mais velha repentinamente obsoleta, causando um declínio acentuado em seu valor. Mas a idade e horas acumuladas de uso normalmente são os fatores mais importantes que determinam o valor final de uma máquina.

O mesmo autor afirma que antes de estimar a depreciação anual, pode ser calculada uma vida econômica para a máquina e um valor de retorno ao término da vida econômica.

De acordo com a ASAE (2001) depreciação é a redução do valor de uma máquina ao longo da sua vida útil. Há métodos vários para calcular os custos de depreciação. O método de depreciação linear resulta num custo anual constante, e este é o método mais utilizado para calcular os custos de depreciação.

Conforme Noronha (1987), os métodos de depreciação mais comuns são:

- a) método linear: o método linear consiste na aplicação de taxas constantes durante o tempo de vida útil estimado para ou bem e é o mais frequentemente utilizado;
- b) método do saldo decrescente: este método usa uma taxa constante de depreciação aplicada sobre o valor residual do ano anterior. Como o valor residual

decrece e a taxa é a mesma, o valor de depreciação tende a ser maior no início, diminuindo paulatinamente à medida que o bem de capital envelhece;

c) método do somatório dos números que representam a vida útil do bem depreciado, ou método dos números naturais: este método consiste em estipular taxas variáveis, durante o tempo de vida útil do bem, adotando-se o seguinte critério: somam-se os algarismos que formam o tempo de vida útil do bem, obtendo-se assim, o denominador da fração que determinará o valor da depreciação em cada período;

d) método do fundo de formação do capital: ao contrário dos dois métodos anteriores, a taxa de depreciação é decrescente neste caso. Mas esta taxa se aplica sempre ao mesmo valor como no método linear. Desta forma, a taxa de depreciação e o valor da depreciação anual e, conseqüentemente, o valor residual decresce à medida que o bem vai se depreciando.

Segundo Jorgenson (1996), a depreciação de um bem durável é representada pela queda no seu preço, refletindo a redução corrente e o valor presente das reduções futuras da eficiência do equipamento. Para Griliches (1963), a queda no preço do bem reflete, na realidade, o comportamento de três componentes de difícil separação: deterioração, obsolescência e exaustão. A deterioração reflete a menor produtividade da vida útil remanescente; a obsolescência indica a redução no preço do bem decorrente do surgimento de modelos mais modernos e a exaustão refere-se à redução na vida útil futura do bem.

Os custos de depreciação correspondem àqueles provenientes de bens que não são consumidos em um ano, ou seja, bens de capital. Estes custos referem-se aos custos inerentes do processo natural de desvalorização pelo qual passam os ativos, ao longo de sua vida útil. As causas da existência desses custos são a desvalorizações que ocorre com o passar do tempo, em razão do uso, ou pela obsolescência tecnológica, com o surgimento de máquinas mais modernas e eficientes (SPEIDEL, 1966).

A vida econômica de uma máquina é o número de anos para os quais custos serão calculados. É freqüentemente menor que a vida útil da máquina. Uma regra boa é usar uma vida econômica de 10 a 12 anos para as máquinas florestais e uma vida de 15 anos para tratores, a menos que você saiba que irá comercializá-las em um menor período de tempo (ASAE, 2001).

Silva e Miranda (2002), relatam que os custos de depreciação correspondem àqueles provenientes de bens que não são consumidos em um ano, bens de capital, como é o caso das máquinas e equipamentos de colheita florestal. Estes custos são incluídos no rol dos custos fixos das máquinas e equipamentos, pois referem-se aos custos inerentes do processo natural de desvalorização pelo qual passam os ativos, ao longo de sua vida útil. As causas da existência desses custos são a desvalorização que ocorre com o passar do tempo, devido à ferrugem e ao desgaste físico, em razão do uso, ou pela obsolescência tecnológica, com o surgimento de máquinas mais modernas e eficientes.

Segundo Edwards (2002), o valor de retorno é uma estimativa do valor de venda da máquina ao término de sua vida econômica. O valor de mercado atual variará deste valor, pois depende da condição da máquina, do mercado atual para máquinas novas, e preferências locais ou de modelos.

A grande influência do custo de depreciação na formação dos custos operacionais da colheita florestal faz com que se atente para a importância da determinação do tempo ótimo de substituição das máquinas e equipamentos utilizados nestas operações. É de grande importância a determinação da vida útil econômica dessas máquinas e equipamentos para que sua substituição seja feita no tempo certo (MACHADO, 2002).

No Brasil, a legislação referente à forma de cálculo da depreciação, para fins de cálculo de Imposto de Renda é bastante rigorosa e estabelece o método linear como padrão, prevendo, em alguns casos, a possibilidade de uso outros métodos. Espera-se que, devido à pressão do setor produtivo, a legislação brasileira passe a adotar métodos de cálculo de depreciação mais realistas que o método linear (SILVA; MIRANDA, 2002).

2.15.3 Abrigo

Segundo a ASAE (2001), abrigo, ferramentas, e equipamentos de manutenção para máquina no campo, resultarão em menos consertos e menos deterioração. Isso deverá produzir maior segurança no campo e um valor comercial mais alto no momento da venda.

De acordo com Balastreire (1990), se a máquina for mantida sob um abrigo, certamente a sua vida útil será maior, dada a possibilidade de se executar reparos com

qual condição climática e o fato da maior durabilidade das partes da máquina protegida das intempéries. A dificuldade de se calcular o valor do alojamento reside no fato de raramente se construir um abrigo especificamente para máquinas. Em face dessa dificuldade, costuma-se utilizar para o cálculo do custo do alojamento uma porcentagem do custo inicial da máquina que varia entre 0,75 e 1,0%, por ano.

2.16 Custos variáveis

Denominam-se custos variáveis todos aqueles que se alteram na proporção direta com a quantidade produzida. Os custos variáveis devem ser analisados com respeito às quantidades consumidas na produção e não às quantidades adquiridas ou às estocadas. O conhecimento dos custos variáveis da empresa permite que sejam formuladas as estratégias e quantificados os resultados esperados. O reconhecimento dos custos variáveis da empresa, a análise de sua composição, a identificação dos itens mais relevantes e o conhecimento dos efeitos de cada um destes custos sobre o resultado são as condições exigidas para melhorar o desempenho da empresa (ROCHA, 1997).

Balastreire (1990) cita que os custos variáveis podem ser chamados de custos operacionais, os quais dependem da quantidade de uso que se faz da máquina e se constituem dos seguintes componentes: combustíveis, lubrificantes, manutenção, salários e combustíveis.

Segundo Neves (1995), os custos variáveis são aqueles cujos valores se alteram em função da produção da empresa, ou seja, aumentam à medida que a produção aumenta, como por exemplo, a depreciação dos equipamentos quando esta for feita em função das horas/máquinas trabalhadas.

Custos variáveis são os custos que são afetados pelas ações atuais da empresa em um período definido de decisão. Custos variáveis acontecem em decorrência das decisões de compras, fatores adicionais e de produção ou serviços (ASAE, 2001).

Os custos variáveis dependem do nível das atividades ou utilização. Os custos de combustível, lubrificantes, serviços, manutenção, reparos e salários aumentam em relação ao uso da máquina (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Os custos variáveis de operação de máquina são a soma de combustível, óleo e filtro, conserto e manutenção e custos de mão-de-obra por hectare (ASAE, 2001).

2.16.1 Custos de combustíveis

Os combustíveis são utilizados principalmente para o acionamento dos motores de tratores ou colhedoras autopropelidas. A quantidade de combustível gasto em uma determinada operação depende do tipo de combustível utilizado (óleo diesel, gás liquefeito de petróleo ou biogás, gasolina, álcool, etc.) e da carga exercida sobre o motor para uma dada operação (BALASTREIRE, 1990).

Segundo a FAO (1992), a taxa de consumo de combustível para um equipamento depende do tamanho de máquina, fator de carga, da condição do equipamento, da habilidade do operador, condições ambientais, e da finalidade básica do equipamento.

De acordo com a classificação da *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001), o custo de combustível é calculado baseado no preço do combustível e dos cálculos das taxas de consumo de combustível das máquinas.

2.16.2 Custos de lubrificação

Segundo Edwards (2002), pesquisas indicam que a lubrificação e engraxamento total custam para a maioria das empresas, a média de quinze por cento dos custos de combustível. Então, uma vez calculado o combustível consumido por hora, podem ser obtidos os custos de lubrificação e engraxamento.

Uma forma mais expedita de se calcular o consumo de óleo lubrificante pelo motor seria através da utilização da capacidade do cárter, a cada intervalo de troca recomendado pelo fabricante. O mesmo processo pode ser utilizado para se calcular o consumo de óleo pela transmissão e filtro de ar, já o consumo de graxa fica em torno de 0,5 kg a cada 10 horas de serviço do trator em condições normais de utilização (BALASTREIRE, 1990).

Para a ASAE (2001) os custos de lubrificação incluem óleo de motor, óleo de transmissão, graxas e filtros. A taxa de consumo varia com o tipo de equipamento,

condição de funcionamento ambiental (temperatura), o desígnio do equipamento e o nível de manutenção.

De acordo com a FAO (1992), os custos de lubrificação são compostos por óleo lubrificante, óleo de transmissão, lubrificantes graxos, lubrificante pastoso e filtros. A taxa de consumo varia com o tipo de equipamento, condição de funcionamento ambiental (temperatura), o desígnio do equipamento e o nível de manutenção.

2.16.3 Custos de reparos e manutenção

Dentre as despesas de manutenção que devem ser computadas, para o cálculo do custo de operação de máquinas agrícolas, encontram-se aquelas realizadas para a manutenção preventiva e corretiva. Na manutenção preventiva, devem ser computados os gastos com componentes trocados a intervalos regulares, tais como filtros de ar, filtros de óleo, filtros de combustíveis, etc. (BALASTREIRE, 1990).

Segundo o mesmo autor a manutenção corretiva é bem mais difícil de ser estimada, uma vez que dependem de fatores de difícil controle, como a habilidade do operador, as condições do terreno (tipo de cobertura, topografia, obstáculos) etc. Em face dessa dificuldade, há necessidade de se conduzir estudos detalhados sobre a manutenção de máquinas agrícolas, de forma a fornecer tabelas que permitam o cálculo desses custos, até mesmo antes da aquisição das máquinas necessárias.

Para a ASAE (2001) devido estes custos terem uma grande variabilidade tornam-se difíceis de calcular, sendo essa em decorrência das condições operacionais, administrativas, do programa de manutenção, dos custos locais, etc. Geralmente os custos de reparos e manutenção aumentarão com a idade da máquina.

A conservação do sistema mecanizado é definida, segundo Noronha et al. (1991) como o conjunto de procedimentos que visam a sua confiabilidade operacional. Os custos de conservação abrangem os itens abrigo, serviços de apoio no campo (comboio) e outros custos (lubrificantes, peças de reposição e serviços mecânicos). No total, estes custos representam entre 10% e 20% do custo-hora das máquinas.

Os custos de manutenção referem-se àqueles custos que incorrem a partir do final do ano zero (ano de implantação) até o início da colheita final (SILVA et al., 2005).

Edwards (2002), afirma que os custos de consertos acontecem por causa de manutenção rotineira, desgaste, e acidentes. Custos de consertos para um tipo particular de máquina variam amplamente de uma região geográfica ou por causa do tipo de terra, pedras, terreno, clima, e outras condições. Dentro de uma área local, custos de consertos variam por causa de diferentes políticas de administração e habilidade do operador. Os melhores dados para calcular custos de consertos são os registros das próprias despesas de consertos anteriores. Bons registros indicam se uma máquina teve custos de consertos acima ou abaixo da média e quando uma revisão deverá ser realizada. Eles também proverão informações sobre a manutenção mecânica programada. Sem tais dados, entretanto, devem ser calculados custos médios de conserto.

Bowers (1970) estudou a relação entre a confiabilidade da máquina e sua idade para manutenção e reparos realizados de forma correta e inadequada. Conclui que a máquina se torna menos confiável com o tempo de uso, agravando-se ainda com manutenção inadequada.

Os custos de combustível, lubrificantes, serviços, manutenção e reparos aumentam em relação ao uso da máquina (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Teixeira (1995) considera que os dispêndios com reparos e manutenções objetivam manter o conjunto mecanizado disponível durante o maior período e com a melhor condição operacional possível, não promovendo uma valorização significativa no valor patrimonial ou revenda do mesmo. Alcock (1986) atribui ao gerenciamento da máquina uma considerável importância na redução do custo de produção da cultura. O autor cita outros pesquisadores para afirmar que 30% do custo de produção das culturas ou mais pode ser atribuído à operação de máquinas.

Segundo Hirschfeld (1992), o desgaste é típico dos equipamentos cuja eficiência decresce gradativamente com o tempo ou com o uso, provocando aumento nos custos operacionais e de manutenção, além de prejudicar a qualidade do serviço realizado e diminuir a eficiência produtiva.

2.16.4 Custos de mão-de-obra

Os salários do operador, bem como outros benefícios e encargos sociais, referentes à mão-de-obra, devem ser computados no cálculo do custo operacional das máquinas agrícolas (BALASTREIRE, 1990).

No Brasil, embora a mão-de-obra não qualificada ainda seja bastante mal remunerada, os custos com este fator de produção têm sido incrementados pela evolução dos custos sociais. Ainda com relação ao fator mão-de-obra, um ponto importante a considerar é o treinamento. Para o sucesso da colheita florestal há que se combinarem máquinas com boa eficiência, serviços de assistência técnica local e operadores e mecânicos bem preparados (LUNDQVIST, 1996).

Conforme a ASAE (2001), o custo de mão-de-obra é calculado para pagar os operadores e usam taxas salariais comuns em folha de pagamento, incluindo benefícios e impostos. O custo da mão-de-obra por horas/hectare está baseado na capacidade de campo da máquina. Um fator de ajuste da mão-de-obra é usado para calcular horas de trabalho totais para operação da máquina, incluindo tempo para deslocamento, preparo, e transporte da máquina.

Os benefícios adicionais ou encargos sociais podem variar consideravelmente. Os custos do pessoal de operação de máquinas devem ser incluídos no custo operacional da máquina (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Os encargos sociais e benefícios estão diretamente ligados aos custos de salários e se destinam a promover segurança e bem estar social. Podem representar entre 50 e 100% do valor do salário, sendo esta variação devida ao tipo de atividade da empresa e aos benefícios oferecidos aos funcionários (SILVA et al., 2005).

De acordo com a FAO (1992), o custo de mão-de-obra inclui pagamentos indiretos como impostos, pagamentos de seguro, comida, moradia, transporte, subsídios, etc. Os custos de mão-de-obra precisam ser considerados cuidadosamente quando são calculados os custos de máquina.

Para as empresas florestais, a mecanização, a automação e a globalização da economia têm exigido, porém, mão-de-obra em menor quantidade e tecnicamente mais bem preparada (REZENDE; OLIVEIRA, 2001).

Ao realizar a avaliação dos custos de máquinas, existem fatores importantes que devem ser considerados em decorrência das máquinas possuírem tamanhos diferentes e exercerem tarefas variadas. Outro fator importante são as horas reais de trabalho que normalmente excedem o tempo de máquina efetiva no campo. Por causa de viagem, tempo requerido para lubrificar e consertos devem ser calculados de 10 a 20 por cento, nos custos de mão-de-obra (EDWARDS, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Caracterização da área do estudo

O estudo foi desenvolvido entre os meses de janeiro e fevereiro do ano de 2.007 em uma floresta homogênea da espécie *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden de primeiro corte, seminal, com seis anos de idade, destinada ao suprimento de fibra de madeira para atividades industriais da empresa onde foi realizado o estudo.

A área está experimental localizada nas coordenadas geográficas 23° 11' de Latitude Sul e 48° 30' de Longitude Oeste, no Estado de São Paulo (Figura 1).

O relevo da área foi classificado plano, com uma altitude média de 650 metros acima do nível do mar.

Foi realizado o inventário total da área experimental, o qual possibilitou identificar que no momento da colheita havia em média 1.379 árvores por hectare, com o DAP (diâmetro à altura do peito) médio de 0,14 metros. A altura média do povoamento era de 24,10 metros com IMA (incremento médio anual) de 49,85 m³.ha.ano⁻¹ e o volume médio com casca de 289 m³.ha⁻¹.

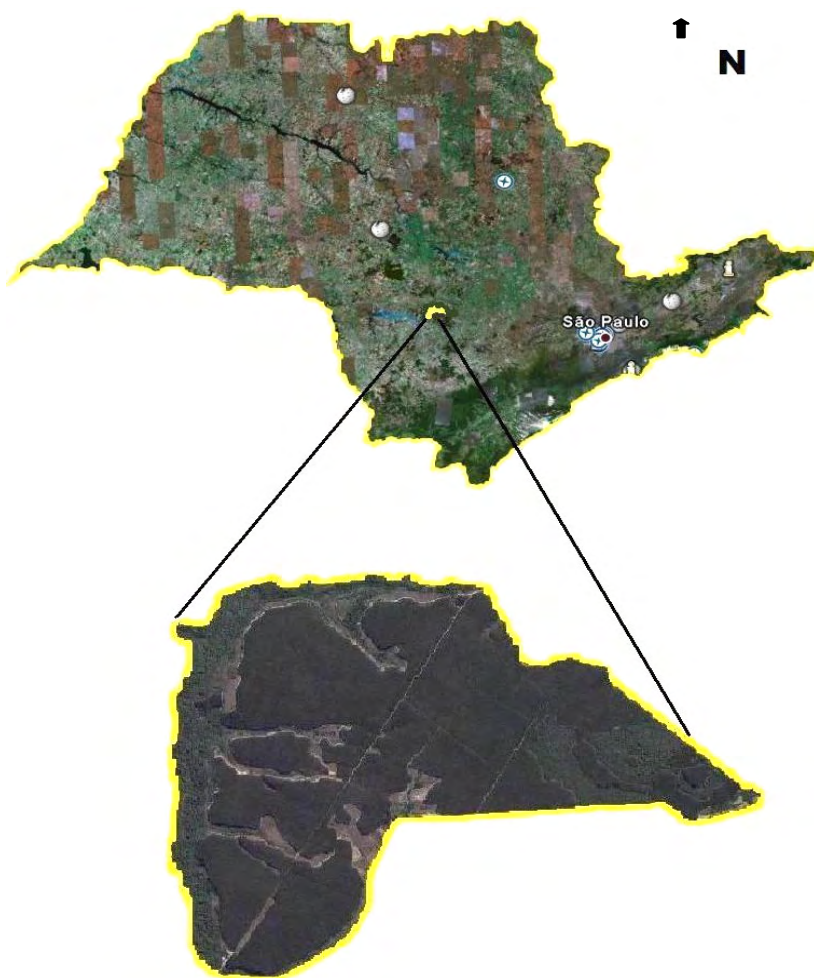


Figura 1: Localização do reflorestamento.

Fonte: *Google earth* modificado (2007).

3.1.2 Área experimental

O estudo foi realizado em uma área experimental com 7,51 hectares. Após a derrubada das árvores da bordadura, a área foi demarcada com 15 linhas de plantio para a colheita e processamento com *Harvester* e 15 linhas de plantio para a colheita e processamento com o conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal. O comprimento de cada demarcação foi de 645,50 metros e largura total de 116,40 metros (Figura 2).



Figura 2: Área experimental.

Fonte: *Google earth* modificado (2007).

3.1.3 Clima e geologia

A área do reflorestamento estudado, segundo a classificação de Wilhelm Köppen, está localizado em área de clima Cwa, clima temperado quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22° C. O total de precipitação pluvial anual apresenta a média de 1.524,5 mm, com total médio no mês mais seco de 37,4 mm e 256,7 mm no mês mais chuvoso. A temperatura média anual é de 20,5° C, sendo 17,2° C no mês mais frio e 23,4° C, no mês mais quente (CUNHA et al., 1999).

A área pertence à Formação Adamantina (Ka), cuja principal característica é a presença de sedimentos compostos de arenitos finos a muito finos que podem conter cimentação e nódulos carbonáticos, além de lentes de siltitos arenosos e argilitos, de cor castanho-avermelhado a cinza castanho, na forma de bancos maciços. Exibem grande variedade de estruturas sedimentares, caracterizadas pela presença de estratificações plano-

paralela e cruzada de pequeno porte. A formação é a de mais ampla distribuição entre as unidades geológicas encontradas na Bacia do Baixo Tietê, sendo encontrada nos níveis mais elevados do relevo, uma vez que foi totalmente removida pela erosão nos baixos vales dos principais rios. Suas rochas são em geral pouco alteradas, destacando-se pela coloração bege ou creme, às vezes amarronzada clara, sendo por isto de fácil distinção das demais unidades do Grupo Bauru. (SOARES et al. apud IPT, 1981).

3.1.4 Sistema de colheita

O estudo foi realizado num talhão com o mesmo sitio silvicultural (*site index*), formado por um povoamento homogêneo e equiâneo que passou pelos mesmos tratamentos silviculturais.

O sistema de colheita utilizado era de primeiro corte de toras curtas com casca e comprimento médio de 6 metros, envolvendo a derrubada, desgalhamento, destopamento, traçamento e empilhamento da madeira no local de abate.

3.1.4.1 Atividades operacionais do *Harvester*

A colheita realizada com o *Harvester* possuía um eito de derrubada composto por três linhas de árvores (Figura 3). Após a derrubada era realizado o desgalhamento, destopamento e traçamento de cada árvore. A derrubada era feita na direção das árvores em pé, sendo sua base puxada para a área já cortada. As árvores eram traçadas em toretes de 6 metros de comprimento e dispostos perpendicularmente à linha de plantio, formando feixes ao longo do eito, prontos para serem extraídos. A copa e os galhos das árvores eram colocados nas entrelinhas a frente da máquina que trafegava sobre esses resíduos da colheita.

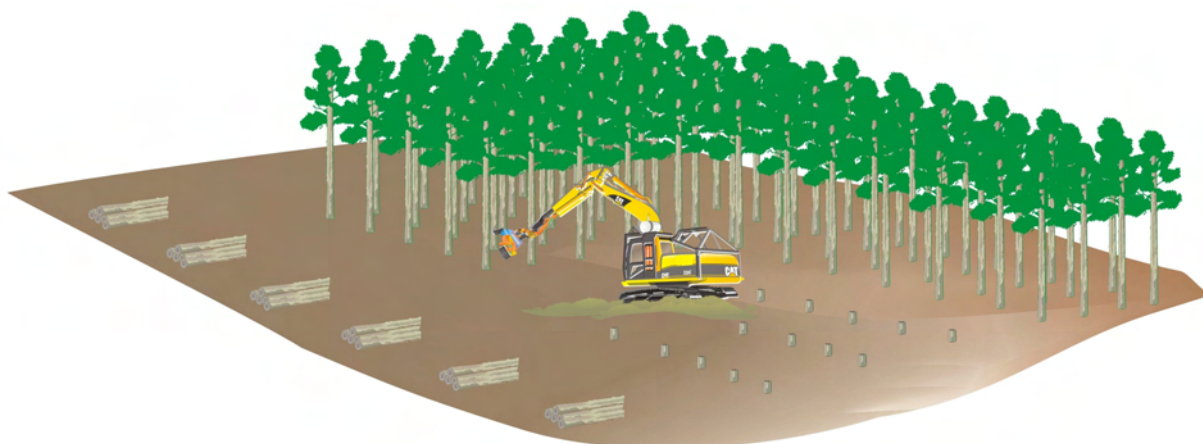


Figura 3: Deslocamento do *Harvester* no eito de derrubada.

3.1.4.2 Atividades operacionais do *Feller-Buncher* e Processador Florestal

O corte de derrubada foi realizado com o *Feller-Buncher*, que cortava e acumulava os fustes, formando feixes de árvores. O eito de corte era composto por três linhas de plantio de árvores (Figura 4). A derrubada das árvores era direcionada para o lado oposto das árvores em pé, os feixes de árvores eram depositados ao chão formando ângulo de aproximadamente 45° em relação ao alinhamento de plantio.

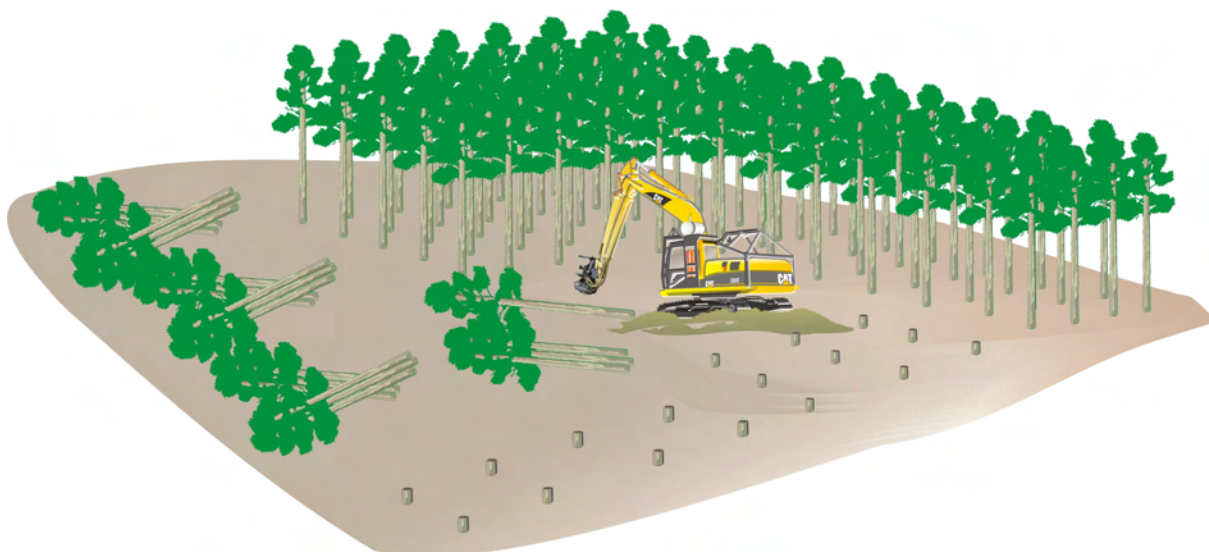


Figura 4: Deslocamento do *Feller-Buncher* no eito de derrubada.

Após a operação do *Feller-Buncher*, o Processador Florestal deslocava-se no mesmo eito de derrubada do *Feller-Buncher* no sentido oposto, iniciando o processamento dos feixes de árvores pela extremidade do talhão. O processamento da madeira era composto pelas atividades de desgalhamento, traçamento, destopamento e empilhamento dos toretes (Figura 5).

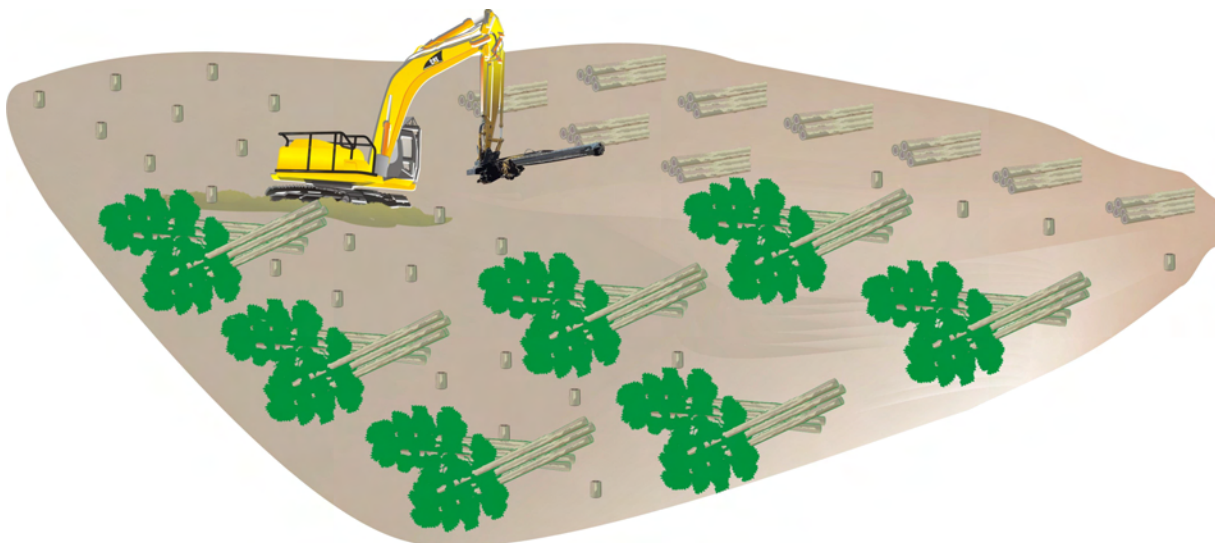


Figura 5: Deslocamento do Processador Florestal no eito de derrubada.

3.1.5 Máquinas florestais analisadas

3.1.5.1 *Harvester*

O *Harvester* é uma máquina com função inicial de derrubada de árvores e funções subseqüentes de desgalhamento, descascamento, traçamento, destopamento e empilhamento de madeira no local de abate. É composto por uma máquina-base com rodados de esteiras ou de pneus, equipado com grua telescópica hidráulica e cabeçote para múltiplas finalidades.

O *Harvester* que foi utilizado para o estudo era composto pela máquina base com estrutura de escavadora hidráulica (Figura 6), com grua para alcance máximo de

8.930 milímetros e cabeçote multifuncional. As principais características técnicas estão detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características técnicas da máquina base *Harvester*.

Características técnicas			
Marca	Modelo	Ano fabricação	Potência nominal (kW)
<i>Caterpillar</i>	320 CL	2003	103
Motor	Cilindrada (l)	Diâmetro interno (mm)	Curso (mm)
CAT 3066T	6.4	102	130
Características dimensionais e ponderais			
Rodados	Número de sapatas de cada lado	Número de roletes de esteira de cada lado	Peso operacional (kg)
Esteiras	49	8	20.330
Largura (mm)	Altura (mm)	Alcance da grua (mm)	Raio de giro (mm)
3.180	2.930	8.930	3.410
Capacidades de reabastecimento			
Tanque de combustível (l)	Sistema hidráulico (l)	Tanque hidráulico (l)	Óleo do motor (l)
410	260	138	30

Fonte: *Caterpillar*, 2007.



Figura 6: Máquina base *Caterpillar* 320 CL equipada com o cabeçote *Harvester*.

O cabeçote do *Harvester* era da marca *Valmet* modelo 965 BR (Figura 7), com velocidade de corte entre 0-4 metros por segundo.

O tracionamento das árvores foi obtido através de rolos, sendo essa força motriz realizada por motores hidráulicos. O corte era exercido por um sabre com corrente (tipo motosserra) sendo esse acionamento feito através de motor hidráulico. As principais características técnicas estão detalhadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características técnicas do cabeçote *Harvester*.

Marca	Modelo	Peso (kg)	Diâmetro de corte (mm)
<i>Valmet</i>	965 BR	1.205	650
Pressão do sistema hidráulico (bar)	Número de facas	Abertura facas superiores (mm)	Abertura facas inferiores (mm)
250	5	530	700

Fonte: *Valmet*, 2007.



Figura 7: Cabeçote *Harvester* da marca *Valmet*.

3.1.5.2 *Feller-Buncher*

As funções do *Feller-Buncher* são cortar e acumular árvores, agarrando-as com duas garras coletoras à altura média do peito (DAP). Logo após o corte as árvores, são dispostas no braço acumulador, repetindo-se a seqüência até a capacidade total do acumulador. Em seguida, desloca-se com o feixe de árvores na posição vertical e deposita-os ao chão a poucos metros de distância da área de abate, de forma a facilitar a etapa seguinte, que é o processamento da madeira.

O *Feller-Buncher* utilizado para o estudo era composto por uma máquina base com estrutura de escavadora hidráulica (Figura 8), com grua para alcance máximo de 8.930 milímetros e cabeçote de corte-acumulador. As principais características técnicas estão detalhadas na Tabela 3.

Tabela 3: Características técnicas da máquina base *Feller-Buncher*.

Características técnicas			
Marca	Modelo	Ano fabricação	Potência nominal (kW)
<i>Caterpillar</i>	320 CL	2006	103
Motor	Cilindrada (l)	Diâmetro interno (mm)	Curso (mm)
CAT 3066T	6.4	102	130
Características dimensionais e ponderais			
Rodados	Número de sapatas de cada lado	Número de roletes de esteira de cada lado	Peso operacional (kg)
Esteiras	49	8	20.330
Largura (mm)	Altura (mm)	Alcance da grua (mm)	Raio de giro (mm)
3.180	2.930	8.930	3.410
Capacidades de reabastecimento			
Tanque de combustível (l)	Sistema hidráulico (l)	Tanque hidráulico (l)	Óleo do motor (l)
410	260	138	30

Fonte: *Caterpillar*, 2007.



Figura 8: Máquina base *Caterpillar* 320 CL equipada com o cabeçote *Feller-Buncher*.

O cabeçote do *Feller-Buncher* era da marca *Risley* modelo HT 1818 – TS (Figura 9), com velocidade do disco de corte de 1.100 rpm.

Os movimentos do cabeçote eram obtidos através do sistema hidráulico, sendo que o mesmo possui uma bomba e um motor hidráulico específico para o conjunto de corte. O conjunto de corte possui um disco de 21 polegadas de diâmetro e com dentes de 2,5 polegadas.

As principais características técnicas estão detalhadas na Tabela 4.

Tabela 4: Características técnicas do cabeçote *Feller-Buncher*.

Marca	Modelo	Peso (kg)	Diâmetro de corte (mm)
<i>Risley</i>	HT 1818 - TS	3.470	510
Número de dentes cortadores	Pressão do sistema hidráulico (bar)	Rotação do motor hidráulico (rpm)	Rotação do disco (rpm)
16	241	2.400	1.200



Figura 9: Cabeçote *Feller-Buncher* da marca *Risley*.

3.1.5.3 Processador Florestal

O Processador Florestal foi projetado para obter a máxima produtividade em florestas que possuem um baixo volume médio por árvore. Suas atividades são compreendidas por: processamento dos feixes de árvores, desgalhamento, destopamento e traçamento dos toretes.

O Processador Florestal utilizado no estudo era composto por uma máquina base com estrutura de escavadora hidráulica (Figura 10), com grua para alcance máximo de 8.930 milímetros e cabeçote processador. As principais características técnicas estão detalhadas na Tabela 5.

Tabela 5: Características técnicas da máquina base Processador Florestal.

Características técnicas			
Marca	Modelo	Ano fabricação	Potência nominal (kW)
<i>Caterpillar</i>	320 CL	2006	103
Motor	Cilindrada (l)	Diâmetro interno (mm)	Curso (mm)
CAT 3066T	6.4	102	130
Características dimensionais e ponderais			
Rodados	Número de sapatas de cada lado	Número de roletes de esteira de cada lado	Peso operacional (kg)
Esteiras	49	8	20.330
Largura (mm)	Altura (mm)	Alcance da grua (mm)	Raio de giro (mm)
3.180	2.930	8.930	3.410
Capacidades de reabastecimento			
Tanque de combustível (l)	Sistema hidráulico (l)	Tanque hidráulico (l)	Óleo do motor (l)
410	260	138	30

Fonte: *Caterpillar*, 2007.



Figura 10: Máquina base *Caterpillar* 320 CL equipada com Processador Florestal.

O cabeçote do Processador Florestal era da marca MSU modelo Duraflora (Tabela 6) com velocidade de corte 30 metros por segundo.

Os feixes de árvores eram tracionados por um carro, movimentado por um motor hidráulico, que se deslocava sobre o trilho da torre. O feixe de árvores era fixado por duas garras frontais e ao ser tracionado era desgalhado. O corte de traçamento era efetuado por meio de um sabre acionado hidraulicamente.

As principais características técnicas estão detalhadas na Tabela 6.

Tabela 6: Características técnicas do cabeçote MSU.

Marca	Modelo	Peso (kg)	Diâmetro da garra (mm)
MSU	Duraflora	2.630	500
Comprimento do braço (mm)	Velocidade de desgalhamento (m/s)	Tempo de retorno do sabre (s)	Número de cortadores da corrente
2.800	2,5	2-3	34

Fonte: MSU, 2007.



Figura 11: Cabeçote Processador Florestal da marca MSU.

3.1.6 Tempos e movimentos

A coleta dos dados foi realizada empregando-se o método de cronometragem de tempo contínuo. Esse método caracteriza-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, isto é, de forma contínua. A leitura do cronômetro é feita cada vez que acontece um ponto de medição, anotando o horário indicado 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 o horário em que terminou a atividade parcial em questão e o horário em que a mesma se iniciou. A vantagem deste método é que as atividades parciais são anotadas na sequência em que ocorrem (cronologicamente), facilitando a percepção de eventuais erros, bem como a identificação e cronometragem de atividades não previstas (BARNES, 1977, FENNER, 2002).

Para a coleta dos dados foram elaborados formulários de campo, para que se pudessem obter informações sobre os tempos e os movimentos das máquinas florestais, necessários para realizar a derrubada e processamento da madeira. Para cada ciclo operacional observado foram anotadas as quantidades das árvores ou feixes processados em cada parcela experimental.

Além das colunas para os tempos cronometrados, foram incluídos no cabeçalho todos os dados que serviram para a sua identificação e, informações adicionais como número do eito de derrubada, data, operação, nome do operador e do pesquisador.

A operação de colheita florestal foi subdividida em atividades parciais e esta classificada em atividades efetivas e atividades gerais.

As atividades efetivas (AE) englobam todos os movimentos planejados que ocorrem repetitivamente durante o decurso do trabalho e que resultam em produção ou são necessárias para a realização do trabalho. As atividades efetivas indicam o grau de eficiência, ou efetividade. As atividades gerais (AG) são todas aquelas que ocorrem repetidamente ou casualmente durante o decurso do trabalho, mas que não resultam em produção. A cada atividade parcial corresponde o tempo despendido na sua realização (FENNER, 2002).

3.1.6.1 Ciclo operacional do *Harvester*

As atividades parciais que compuseram o ciclo operacional do *Harvester* estão descritas a seguir:

Atividades parciais efetivas (AE)

- cortar: tempo despendido para efetuar o corte de derrubada da árvore, o desgalhe, o destopamento, traçamento e empilhamento da madeira. Iniciava-se quando o cabeçote de corte encostava à árvore que seria abatida, finalizando após o empilhamento dos toretes;
- deslocar: deslocamento da máquina florestal dentro do talhão, em direção a próxima árvore a ser abatida, finalizando no momento em que o cabeçote de corte encostava na referida;
- manobrar: iniciava-se no momento em que o operador da máquina florestal realizava manobra na estrada ou no carreador florestal, devido ao término do eito de derrubada. Era finalizada após o retorno em outro eito de derrubada.

Atividades parciais gerais (AG)

- manutenção: tempo despendido para a realização de reparos ou manutenção da máquina ou no equipamento florestal;
- tempo pessoal: necessidades fisiológicas do operador.

3.1.6.2 Ciclo operacional do *Feller-Buncher*

As atividades parciais compreendidas no ciclo operacional do *Feller-Buncher* estão expostas a seguir:

Atividades parciais efetivas (AE)

- cortar: iniciava quando o cabeçote de corte estava totalmente apoiado à árvore que seria abatida. Após o corte de derrubada a base do feixe das árvores era posicionada no chão e em seguida o operador deslocava a máquina florestal em direção a próxima árvore a ser abatida;
- movimentar cabeçote: tempo despendido durante o deslocamento da máquina florestal na linha de plantio, com a movimentação simultânea do cabeçote em direção a árvore a ser abatida;

- manobrar: iniciava-se no momento em que o operador da máquina florestal realizava manobra na estrada ou no carreador florestal, devido ao término do eito de derrubada. Era finalizada após o retorno em outro eito de derrubada.

Atividades parciais gerais (AG)

- manutenção: tempo despendido para a realização de reparos ou manutenção da máquina ou no equipamento florestal;
- tempo pessoal: necessidades fisiológicas do operador.

3.1.6.3 Ciclo operacional do Processador Florestal

As atividades parciais que abrangeram o ciclo operacional do Processador Florestal foram:

Atividades parciais efetivas (AE)

- processar: iniciava no momento em que os feixes das árvores eram acumulados nas garras acumuladoras do cabeçote, iniciando as operações cíclicas de desgalhamento, traçamento, destopamento e empilhamento dos toretes, finalizado com o início do deslocamento da máquina florestal em direção ao próximo feixe de árvores a ser processado;

- deslocar: deslocamento da máquina florestal até o próximo feixe de árvores a serem processadas ou a outro local dentro talhão no qual está desenvolvendo o trabalho;

- manobrar: iniciava-se no momento em que o operador da máquina florestal realizava manobra na estrada ou no carreador florestal, devido ao término do eito de derrubada. Era finalizada após o retorno em outro eito de derrubada.

Atividades parciais gerais (AG)

- manutenção: tempo despendido para a realização de reparos ou manutenção da máquina ou no equipamento florestal;
- tempo pessoal: necessidades fisiológicas do operador.

3.2 Métodos

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 arenoso. Os operadores das máquinas deveriam possuir a mesma experiência profissional e a coleta dos dados seria efetuada nos mesmos horários e condições climáticas.

Após a alocação das parcelas no campo as mesmas foram inventariadas para determinar a homogeneidade em termos de número de árvores, 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 Definição da 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.

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2} \quad (1)$$

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 Rendimento operacional das máquinas florestais

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 necessário 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.

$$R = \frac{v}{t} \quad (2)$$

onde,

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

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

t – tempo em horas (h).

3.2.3 Estimativa dos custos operacionais das máquinas florestais

Em decorrência da escassez de metodologias específicas para a estimativa de custos operacionais de máquinas empregadas na colheita florestal, foi aplicada a metodologia proposta pela *American Society of Agricultural Engineers*, adaptada as condições deste estudo. Entre outras razões pode-se destacar que essa metodologia proporciona confiabilidade científica reconhecida internacionalmente.

Os custos operacionais de cada máquina florestal foram estimados em reais por hora de trabalho ($\text{R}\$. \text{h}^{-1}$).

Para o cálculo dos custos fixos, foi considerado um valor de revenda de 52% do valor inicial da máquina florestal e vida útil de 4 anos.

O valor inicial da máquina florestal inclui o valor do cabeçote de corte ou de processamento e o valor da máquina base (Apêndice 2).

Os valores de combustível, das máquinas florestais e da mão-de-obra foram fornecidos pela empresa onde foi desenvolvido o estudo e são referentes ao mês de dezembro do ano de 2.007, conforme o Apêndice 2 e 3.

Foram consideradas 367,50 horas de trabalho por mês.

3.2.3.1 Custos fixos

Os custos fixos foram aqueles que não variaram com a quantidade de horas da operação e independeram da produção das máquinas florestais, sendo compostos pelos juros, custos de depreciação e abrigo.

3.2.3.1.1 Juros

Para a estimativa dos juros foi utilizada uma taxa de 10% a.a. que se refere à utilizada pela empresa onde foi desenvolvido o estudo. Segundo a ASAE (2001), os juros são calculados pela Equação 3:

$$J = \frac{Vi + Vf}{2 \times h} \times r \quad (3)$$

onde,

J - custos com juros (R\$);

Vi – valor inicial da máquina florestal (R\$);

Vf – valor final da máquina florestal (R\$);

h – horas efetivas de uso anual;

r – taxa de juros.

3.2.3.1.2 Depreciação

O custo de depreciação estimou a perda de valor no decorrer da vida útil da máquina florestal. A estimativa do custo de depreciação foi um procedimento utilizado para recuperar o investimento inicial da máquina, à medida que ela se torna obsoleta. Incluindo o valor da depreciação no custo operacional pode ser obtido um capital de reserva para futura aquisição de uma nova máquina florestal. Foi utilizado o método da depreciação linear, pois considerou que os recursos financeiros correspondentes ficam no caixa da empresa com remuneração zero (Equação 4):

$$D = \frac{Vi - Vf}{Vu \times h} \quad (4)$$

onde,

D - depreciação por hora;

Vi - valor inicial da máquina florestal (R\$);

Vf - valor final de revenda ou de sucata da máquina florestal (R\$);

Vu - vida útil em anos;

h - horas de uso anual.

3.2.3.1.3 Abrigo

Foi calculado o custo de abrigo pago em função do local de armazenamento requerido pela máquina florestal. Foi considerado um FA (fator de ajuste) de 0,75% do valor inicial da máquina (Equação 5).

$$C_a = \frac{Vi \times FA}{h} \quad (5)$$

onde,

C_a - Custo de abrigo da máquina florestal (R\$);

Vi - valor inicial da máquina florestal (R\$);

FA – Fator de ajuste;

h - horas de uso por ano.

3.2.3.2 Custos variáveis

Os custos variáveis variaram proporcionalmente em relação ao nível das operações e do tempo despendido para a realização, ou seja, o custo operacional alterava-se de acordo com o desenvolvimento da operação. Foram considerados custos variáveis o custo do combustível, custos de mão-de-obra, lubrificação, reparos e manutenções.

3.2.3.2.1 Mão-de-obra

No custo horário de mão-de-obra (Apêndice 3), estão inclusos os salários diretos e indiretos, e todos os benefícios que os operadores recebem, baseados na quantidade de horas trabalhadas.

Devido ao tempo despendido para abastecimento de combustível, lubrificação, manutenção, ausência da máquina no campo e transporte. Foi adotado um fator de ajuste de 25% proposto pela ASAE (2001) conforme a Equação 9:

$$Co = \{W \times FA\} \quad (5)$$

onde,

Co - custo do operador por hora (R\$);

W - salário médio por hora;

FA – Fator de ajuste;

3.2.3.2.2 Combustíveis

O custo de combustível foi estimado baseado na quantidade de óleo diesel consumido por cada máquina florestal (Equação 6).

As máquinas florestais empregadas no estudo possuem um módulo de controle eletrônico do motor, o que possibilita armazenar e transmitir informações sobre o consumo médio de combustível, sendo essas informações fornecidas preliminarmente pela empresa onde foi desenvolvido o estudo. Esse consumo foi em função da potência do motor, tipo de combustível, capacidade operacional, operação desenvolvida, entre outros.

$$Cc = Qm \times Pc \quad (6)$$

onde,

Cc - custo de combustível por hora (R\$);

Qm - consumo médio de diesel (l.h⁻¹);

Pc - preço do óleo diesel por litro (R\$).

3.2.3.2.3 Lubrificação

Devido à demanda de grande quantidade de trabalho, não justificada em função dos pequenos valores envolvidos para se determinar a quantidade dos produtos consumidos e a cada quanto tempo se faz a lubrificação da máquina, a empresa não realiza o controle dessas informações.

Com base em indicadores médios de consumo e das informações técnicas do fabricante, os custos de lubrificantes foram estimados com fator de ajuste de 15% dos custos do combustível consumido por hora de trabalho, conforme a metodologia proposta pela ASAE (2001).

Nos custos de lubrificação, estão inclusos os dispêndios com óleo de motor, óleo de transmissão, graxas e filtros, estimados através da Equação 7:

$$Cl = FA \times Cc \quad (7)$$

onde,

Cl - custo de lubrificação por hora (R\$);

FA – Fator de ajuste;

Cc - preço do óleo diesel por litro (R\$.l⁻¹).

3.2.3.2.4 Reparos e manutenção

Os custos de reparo e manutenção incidem devido ao uso em condições normais ou em consequência de desgastes dos componentes, acidentes ou deterioração natural da máquina florestal, representados na Equação 8:

$$C_{rm} = \frac{\left(P \times FR_1 \left(\frac{h+u}{1000} \right)^{FR_2} \right) - \left(P \times FR_1 \left(\frac{h}{1000} \right)^{FR_2} \right)}{u} \quad (8)$$

onde,

C_{rm} - custos de reparo e manutenção;

P – valor inicial da máquina florestal (R\$);

FR₁ - Fator de reparo 1 (Apêndice 1);

h - horas de uso acumulada, até o início do ano em análise;

FR₂ - Fator de reparo 2 (Apêndice 1);

u - horas de uso no ano em análise.

3.2.4 Estimativa dos custos de colheita florestal

O custo de colheita florestal (R\$.m⁻³) foi obtido através da divisão dos custos operacionais pelo rendimento operacional das máquinas empregadas no estudo, conforme a Equação 9:

$$C_{cm} = \frac{C_{opMF}}{R} \quad (9)$$

onde,

C_{cm} – custo de colheita de madeira com casca (R\$.m³);

C_{opMF} – custo operacional da máquina florestal (R\$.h⁻¹);

R – rendimento operacional (m³.h⁻¹).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área experimental escolhida era formada por uma floresta homogênea, equiânea e de mesma espécie. O talhão era de primeiro corte, o terreno tinha relevo plano, solo arenoso e os operadores das máquinas escolhidos tinham a mesma experiência profissional. A coleta dos dados foi efetuada nos mesmos horários e condições climáticas as quais se mantiveram sem alterações, com o céu encoberto e com períodos de sol durante o período do estudo.

O inventário permitiu verificar que havia homogeneidade em termos de número de árvores, DAP e volume de madeira entre as parcelas experimentais.

Os custos de colheita florestal foram calculados com base no rendimento operacional efetivo das máquinas.

Foram estudados 3.967 ciclos operacionais para o *Harvester*, 4.674 para o *Feller-Buncher* e 474 Processador Florestal, respectivamente. Esses números foram superiores aos calculados como necessários para um erro de amostragem admissível fixado em 5% a 95% de probabilidade.

4.1 Rendimentos operacionais

O estudo de movimentos tem por objetivo definir o melhor procedimento a ser realizado durante a execução de uma operação, entretanto não deve ser realizado em função de uma única atividade parcial que compõe o ciclo operacional, mas de

todas que resultam ou não em produção. Para medir o tempo despendido e identificar os ciclos operacionais, o mais preconizado é o método de cronometragem. Através dele determina-se o tempo e os ciclos operacionais que compõem operação.

Os resultados dos rendimentos operacionais obtidos através do estudo de tempos e movimentos são referentes ao tempo total em horas das atividades parciais efetivas das máquinas florestais estudadas e com base no volume em metros cúbicos de madeira com casca derrubada e processada.

4.1.1 *Harvester*

O tempo despendido para as atividades efetivas do ciclo operacional do *Harvester* foi de 21,62 horas e de 2,00 horas para as atividades gerais.

Na Tabela 7, são apresentados os tempos despendidos durante a avaliação do desempenho do *Harvester*.

Tabela 7: Tempos despendidos do *Harvester*.

Atividades	Horas
ATIVIDADES EFETIVAS (AE)	
Cortar	21,45
Deslocar	0,05
Manobrar	0,12
Subtotal (Atividades efetivas)	21,62
ATIVIDADES GERAIS (AG)	
Manutenção	1,88
Tempo pessoal	0,12
Subtotal (Atividades gerais)	2,00
ATIVIDADE TOTAL (AT)	23,62

Na Figura 12, são apresentados os percentuais dos tempos das atividades parciais que compõem o ciclo operacional do *Harvester*. Verifica-se que a atividade parcial que despendeu maior tempo foi “cortar” que representou 90,82% do ciclo operacional. A segunda atividade parcial foi “manutenção” com 7,96%, seguida das atividades parciais

“tempo pessoal” e “manobrar” que contíguas representaram 1,00% e, pela “deslocar” com 0,22%.

O *Harvester*, durante o estudo, apresentou uma eficiência operacional de 91,53% e uma disponibilidade mecânica de 92,04%, as quais podem ser consideradas satisfatórias. O percentual das atividades gerais foi de 8,47%.

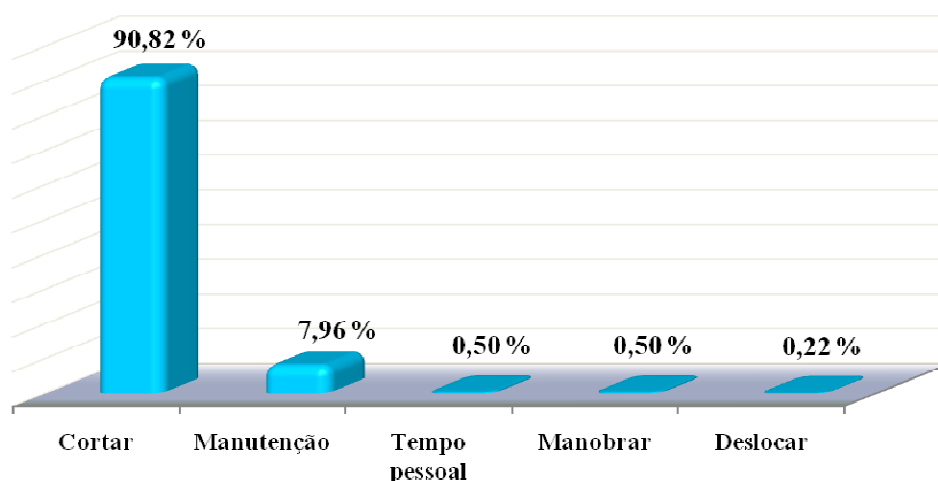


Figura 12: Percentual de tempos das atividades parciais do *Harvester*.

Durante o estudo do *Harvester*, foram processados 11.638 toretes com comprimento médio de 6 metros e volume médio de $0,0822 \text{ m}^3$, que correspondeu a um volume total de $895,93 \text{ m}^3$ de madeira processada. O rendimento operacional efetivo foi de 183 árvores derrubadas, que resultou em 41,45 metros cúbicos de madeira com casca derrubada e processada por hora.

Este valor foi superior ao citado por outros autores. Tiburcio et al. (1995), em seu estudo avaliando diferentes sistemas de corte e processamento de *Eucalyptus grandis* com 5,7 anos de idade com o *Harvester*, determinaram uma produtividade de $23,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ trabalhando com oito de três linhas de plantio. Já Salmeron & Ribeiro (1997), comparando a capacidade produtiva de *Harvesters* em declividades de até 65%, trabalhando com comprimentos de toras de 5,7 metros, determinou um rendimento de $19,17 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Embora estes autores não tenham relatado pode-se supor que os resultados divulgados referem-se ao rendimento total e de madeira descascada, enquanto que os deste estudo referem-se ao rendimento operacional efetivo e de madeira com casca.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados dos rendimentos operacionais obtidos durante o ciclo operacional do *Harvester*.

Tabela 8: Rendimentos operacionais do *Harvester*.

Rendimentos operacionais	Total
Número de toretes	11.638
Volume total processado (m ³)	895,93
Volume médio por torete (m ³)	0,0822
Rendimento operacional efetivo (m ³ .h ⁻¹)	41,45

4.1.2 *Feller-Buncher*

Na Tabela 9, são apresentados os tempos despendidos durante a avaliação do *Feller-Buncher*.

As atividades efetivas do ciclo operacional do *Feller-Buncher* consumiram 8,91 horas e as atividades gerais 0,67 horas do tempo total do ciclo.

Tabela 9: Tempos despendidos do *Feller-Buncher*.

Atividades	Horas
ATIVIDADES EFETIVAS (AE)	
Cortar	6,21
Movimentar cabeçote	2,66
Manobrar	0,04
Subtotal (Atividades efetivas)	8,91
ATIVIDADES GERAIS (AG)	
Manutenção	0,40
Tempo pessoal	0,27
Subtotal (Atividades gerais)	0,67
ATIVIDADE TOTAL (AT)	9,58

Podem ser observados, na Figura 13, os percentuais dos tempos das atividades parciais que compõem o ciclo operacional do *Feller-Buncher*. A atividade parcial que despendeu maior tempo foi a “cortar” que consumiu 64,87% do ciclo operacional. A segunda atividade parcial foi “movimentar cabeçote”, com 27,74%, seguidas das atividades

parciais “manutenção” com 4,21%, “tempo pessoal” com 2,77% e pela “manobrar” com 0,41%.

Ponderando todas as atividades parciais efetivas, foi observada para o *Feller-Buncher* uma eficiência operacional de 93,02% e disponibilidade mecânica de 95,79%, os quais podem ser considerados percentuais elevados. As atividades gerais despenderam de 6,98% do tempo total.

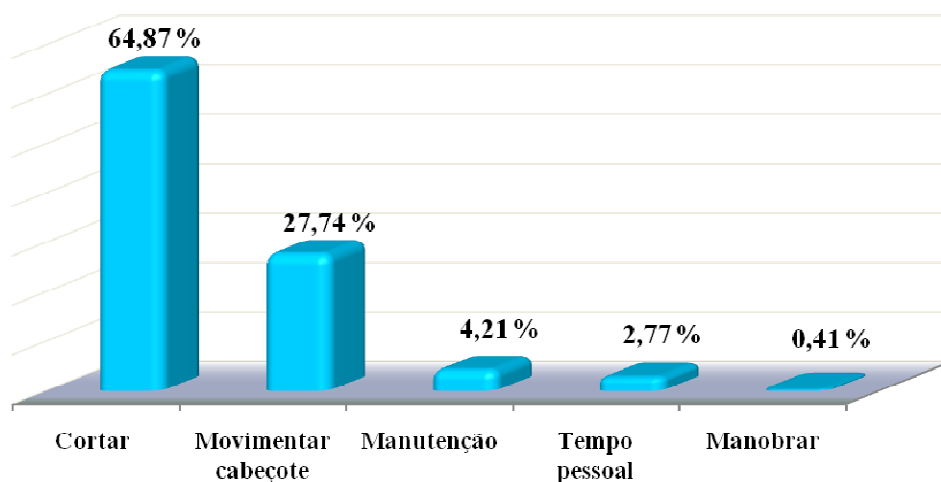


Figura 13: Percentual de tempos das atividades parciais do *Feller-Buncher*.

Foram derrubadas 4.674 árvores com comprimento médio de 24,10 metros e volume médio de $0,2266 \text{ m}^3$ durante o estudo do *Feller-Buncher*, que correspondeu a um volume total de $1.055,60 \text{ m}^3$ de madeira cortada. Durante o estudo, o *Feller-Buncher* apresentou um rendimento operacional efetivo de 118,51 metros cúbicos de madeira com casca derrubada por hora.

Na Tabela 10, são apresentados os resultados dos rendimentos operacionais obtidos para o *Feller-Buncher*.

Tabela 10: Rendimentos operacionais do *Feller-Buncher*.

Rendimentos operacionais	Total
Número de árvores	4.674
Volume total cortado (m^3)	1055,60
Volume médio por árvore (m^3)	0,2266
Rendimento operacional efetivo ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)	118,51

O rendimento operacional do *Feller-Buncher* nesse estudo foi de 524 árvores derrubadas por hora efetiva de trabalho. Esse número também foi encontrado pelos autores Moreira et al. (2004) que apresentaram em seu estudo um rendimento operacional de derrubada entre 500 a 542 árvores por hora efetiva de trabalho para dois subsistemas estudados com o *Feller-Buncher*.

4.1.3 Processador Florestal

Posteriormente, foi estudado o Processador Florestal, o qual operou nos mesmos eitos de derrubada do *Feller-Buncher*.

Os tempos despendidos durante a avaliação do Processador Florestal são apresentados na Tabela 11. O tempo das atividades efetivas do ciclo operacional do Processador Florestal foi de 7,70 horas e das atividades gerais foram despendidos 0,26 horas do tempo total do ciclo.

Tabela 11: Tempos despendidos do Processador Florestal.

Atividades	Horas
ATIVIDADES EFETIVAS (AE)	
Processar	5,93
Deslocar	1,76
Manobrar	0,02
Subtotal (Atividades efetivas)	7,70
ATIVIDADES GERAIS (AG)	
Manutenção	0,17
Tempo pessoal	0,09
Subtotal (Atividades gerais)	0,26
ATIVIDADE TOTAL (AT)	7,96

Podem ser observados, na Figura 14, os percentuais dos tempos das atividades parciais que compõem o ciclo operacional do Processador Florestal. Verificou-se que a atividade parcial que despendeu maior tempo foi a “processar” que representou 74,52% do tempo total do ciclo operacional, seguida da atividade parcial “deslocar” com 22,08%. As

atividades parciais “manutenção” com 2,10%, “tempo pessoal” com 1,08% e pela “manobrar” com 0,22% respectivamente completaram o ciclo operacional.

O resultado da eficiência operacional do Processador Florestal foi de 96,83% e disponibilidade mecânica de 97,90%. Foi a máquina que resultou numa melhor aplicação do tempo efetivo de trabalho. As atividades gerais representaram 3,17% do tempo total.

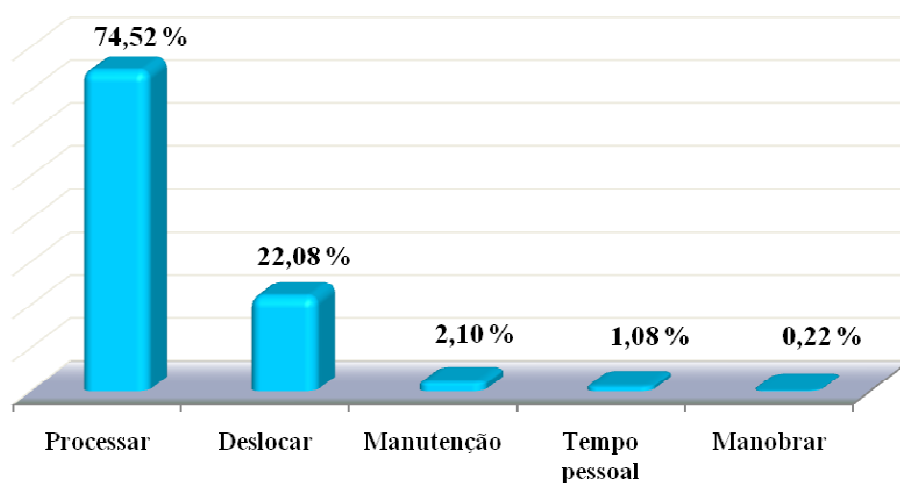


Figura 14: Percentual de tempos das atividades parciais do Processador Florestal.

O Processador Florestal processou 12.914 toretes com comprimento médio de 6 metros e volume médio $0,0822 \text{ m}^3$, que correspondeu a um volume total de $1.055,60 \text{ m}^3$ de madeira processada.

O Processador Florestal apresentou um rendimento operacional efetivo de 137,05 metros cúbicos de madeira com casca processada por hora.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados dos rendimentos operacionais obtidos durante a avaliação do Processador Florestal.

Tabela 12: Rendimentos operacionais do Processador Florestal.

Rendimentos operacionais	Total
Número de toretes	12.914
Volume total processado (m ³)	1055,60
Volume médio por torete (m ³)	0,0822
Rendimento operacional efetivo (m ³ /h)	137,05

4.2 Custos operacionais

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos deste trabalho, foram considerados dados reais fornecidos pela empresa onde foi realizado o estudo, o que demonstra os custos reais das operações desenvolvidas pelas máquinas florestais empregadas no estudo.

4.2.1 *Harvester*

Na Tabela 13, são apresentados os valores e os percentuais dos custos fixos obtidos para o *Harvester*.

O custo fixo por hora do *Harvester* foi de R\$ 28,32.

Tabela 13: Custos fixos e percentuais do *Harvester*.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹	% CF
Depreciação	16,70	58,97
Juros	10,58	37,35
Abrigo	1,04	3,68
Total	28,32	100,00

Os custos variáveis obtidos para o *Harvester* foi de R\$ 138,51 por hora.

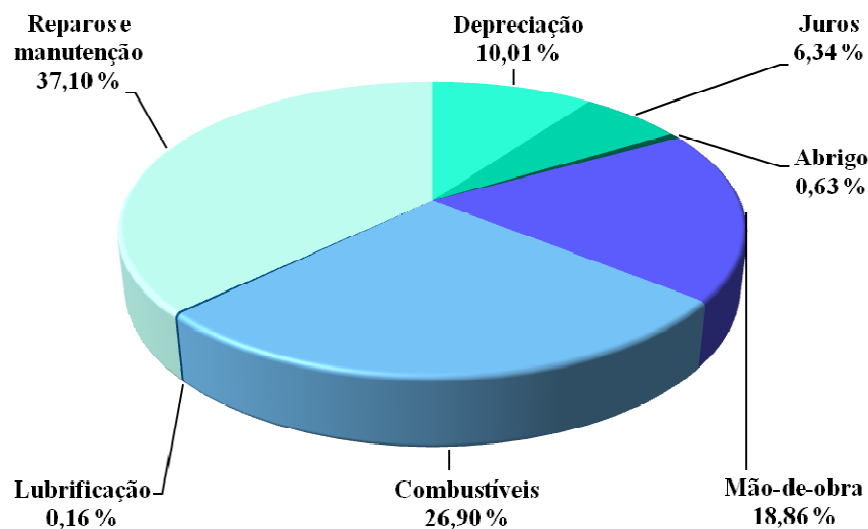
Na Tabela 14, podem ser observados detalhadamente os custos variáveis obtidos para o *Harvester*.

Tabela 14: Custos variáveis e percentuais do *Harvester*.

Custos variáveis (CV)	R\$.h ⁻¹	% CV
Mão-de-obra	31,46	22,72
Combustíveis	44,88	32,40
Lubrificação	0,28	0,20
Reparos e manutenção	61,89	44,68
Total	138,51	100,00

Diante do somatório dos custos fixos e variáveis, o *Harvester* apresentou um custo operacional de R\$ 166,83 por hora.

Através da Figura 15 é apresentado o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos para o *Harvester*. O custo fixo correspondeu a 16,98% e, o custo variável representou 83,02%.

Figura 15: Percentuais dos custos fixos e variáveis do *Harvester*.

Devido o *Harvester* apresentar mais de 14.600 horas de uso, os custos de reparos e manutenção foram os que mais impactaram sobre os custos operacionais. O percentual obtido mostra que a partir de uma determinada quantidade de horas de uso os custos com reparos e manutenção serão sempre superiores aos demais itens que compõem os custos operacionais.

A diminuição no número de horas trabalhadas ao ano, decorrentes de interrupções para substituições de peças e para a execução dos serviços de mão-de-obra mecânica, torna-se um ponto crítico e de preocupação para empresa, pois, elevará os custos operacionais.

4.2.2 *Feller-Buncher*

Na Tabela 15, são apresentados os valores e percentuais dos custos fixos obtidos para o *Feller-Buncher*.

O custo fixo do *Feller-Buncher* por hora foi de R\$ 28,97.

Tabela 15: Custos fixos e percentuais do *Feller-Buncher*.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹	% CF
Depreciação	17,08	58,97
Juros	10,82	37,35
Abrigo	1,07	3,68
Total	28,97	100,00

O somatório dos custos variáveis do *Feller-Buncher* resultou em R\$ 102,53 por hora.

Na Tabela 16, podem ser observados detalhadamente os custos variáveis e percentuais obtidos para o *Feller-Buncher*.

Tabela 16: Custos variáveis e percentuais do *Feller-Buncher*.

Custos variáveis (CV)	R\$.h ⁻¹	% CV
Mão-de-obra	31,46	30,69
Combustíveis	48,62	47,42
Lubrificação	0,29	0,27
Reparos e manutenção	22,16	21,62
Total	102,53	100,00

O custo operacional do *Feller-Buncher* por hora foi de R\$ 131,50. Na Figura 16 é apresentada a composição em percentual dos custos fixos e variáveis obtidos para

o *Feller-Buncher*. O custo fixo correspondeu a 22,03% do custo total e, o custo variável representou 77,97%.

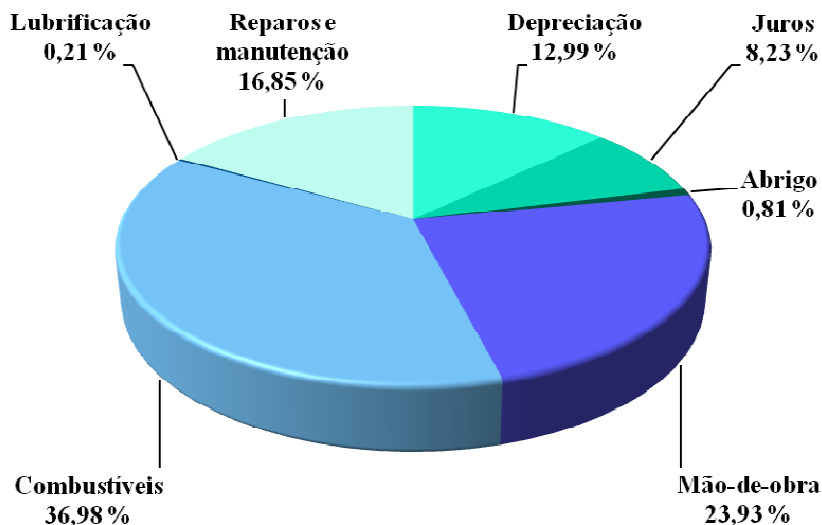


Figura 16: Percentuais dos custos fixos e variáveis do *Feller-Buncher*.

Em consequência do *Feller-Buncher* ser considerado uma máquina relativamente nova, com 3.680 horas de uso acumulada, os custos de reparos e manutenção apresentaram um percentual inferior aos custos de combustíveis e de depreciação.

Os níveis de consumo de combustível são superiores aos observados nas demais máquinas apresentadas no estudo. Este fato é explicado em função da operação demandar maior rotação do motor para um funcionamento adequado do cabeçote de corte.

Mediante o percentual obtido para cada item, pode se afirmar que o comportamento do custo operacional do *Feller-Buncher* apresentou um resultado uniforme.

4.2.3 Processador Florestal

A estimativa dos custos fixos do Processador Florestal totalizou R\$ 28,98 por hora.

Na Tabela 17, são apresentados os valores e percentuais dos custos fixos obtidos para o Processador Florestal.

Tabela 17: Custos fixos e percentuais do Processador Florestal.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹	% CF
Depreciação	17,09	58,97
Juros	10,82	37,35
Abrigo	1,07	3,68
Total	28,98	100,00

O somatório dos itens que compuseram os custos variáveis do Processador Florestal resultou em R\$ 92,33 por hora.

Podem ser observados detalhadamente na Tabela 18 os custos variáveis obtidos para Processador Florestal.

Tabela 18: Custos variáveis e percentuais do Processador Florestal.

Custos variáveis (CV)	R\$.h ⁻¹	% CV
Mão-de-obra	31,46	34,08
Combustíveis	43,01	46,58
Lubrificação	0,28	0,30
Reparos e manutenção	17,58	19,04
Total	92,33	100,00

Diante dos cálculos obtidos, verifica-se que o custo operacional do Processador Florestal por hora foi de R\$ 121,31.

Na Figura 17, é apresentado o gráfico em percentuais dos custos fixos e variáveis. Os custos fixos corresponderam a 23,89% e, os custos variáveis 76,11% do custo total.

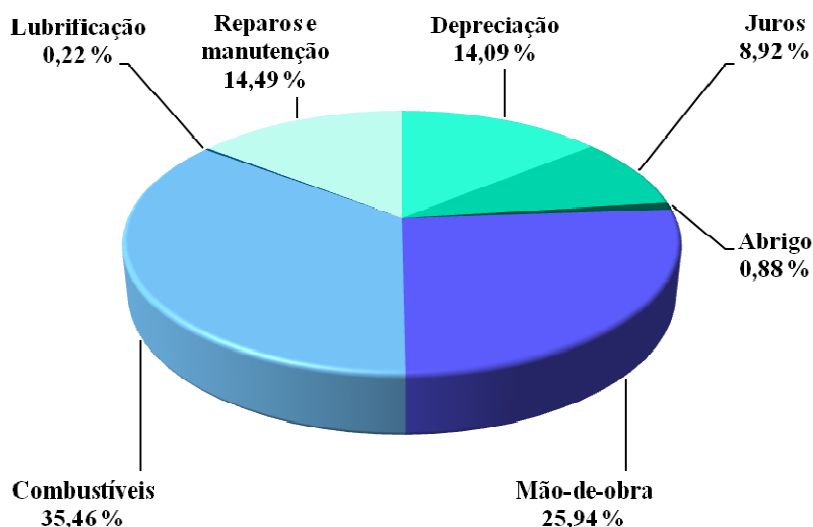


Figura 17: Percentuais dos custos fixos e variáveis do Processador Florestal.

O percentual que apresentou uma maior representatividade foi 35,46% referente aos custos de combustíveis, sobressaindo frente aos outros. Os demais custos apresentaram percentuais compatíveis à quantidade de horas acumuladas.

Devido o Processador Florestal possuir poucas horas de uso acumulada, não houve nenhum outro fator que onerasse os custos operacionais.

O custo operacional do Processador Florestal foi o menor, comparado as demais máquinas empregadas no estudo. Isso pode ser explicado em função de ser a máquina florestal, que possui a menor quantidade de horas de uso acumulada.

4.2.4 Comparativo dos custos operacionais

Avaliando os custos operacionais das três máquinas florestais empregadas no estudo, observa-se que o *Harvester* resultou num maior custo operacional. Isso se deve a quantidade de horas de uso acumulada, sendo que a diferença é superior a 10.000 horas quando comparado ao *Feller-Buncher* e ao Processador Florestal.

Diante disso, torna-se imprescindível uma avaliação para identificar o nivelamento ideal dos custos operacionais e do ponto de substituição, para que não ocorra a inviabilidade dos custos de colheita florestal.

Na Figura 18, podem ser observados os custos operacionais das máquinas florestais utilizadas no estudo.

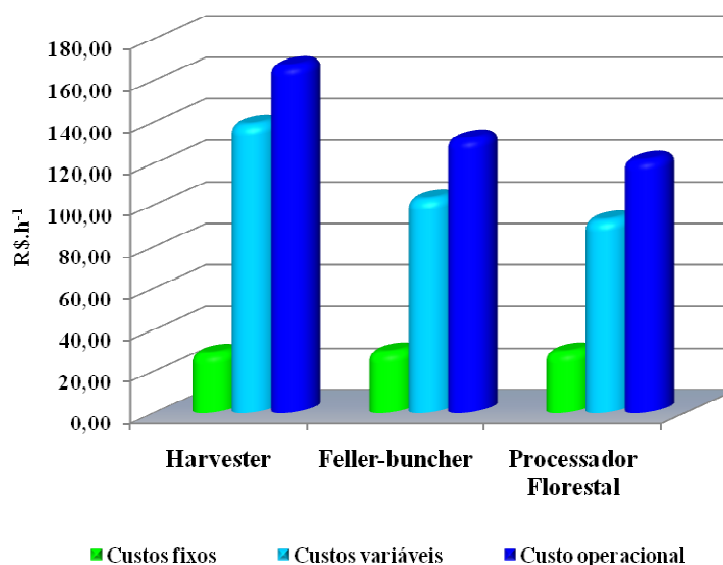


Figura 18: Comparativo dos custos operacionais das máquinas florestais.

O custo operacional do *Harvester* ficou, em média, aproximadamente 25% acima das demais máquinas florestais. O principal fator dessa elevação é em consequência do alto custo com reparos e manutenção em função da quantidade de horas de uso acumulada. Essa diferença ultrapassou a 250% quando comparado ao Processador Florestal.

4.3 Custos de colheita florestal

Para a minimização dos custos de colheita florestal é necessário uma melhoria contínua do sistema, a qual consisti na redução dos custos operacionais e otimização das máquinas empregadas, haja vista que esta etapa despense de elevado percentual dos custos de produção de florestas comerciais

4.3.1 *Harvester*

Na Tabela 19, são apresentados os custos de colheita florestal resultantes do rendimento operacional efetivo desenvolvido pelo *Harvester*.

Verificou-se que, o custo operacional por hora foi de R\$ 166,83. Considerado o rendimento operacional efetivo, o custo de colheita florestal resultou em R\$ 4,02 por metro cúbico de madeira com casca derrubada e processada.

Tabela 19: Custos de colheita florestal do *Harvester*.

Máquina florestal	Custo operacional (R\$.h ⁻¹)	Rendimento operacional efetivo (m ³ .h ⁻¹)	Custo de colheita florestal (R\$.m ³ /cc)
<i>Harvester</i>	166,83	41,45	4,02

Estes resultados condizem com a quantidade de horas de uso acumuladas da máquina florestal e ao rendimento operacional obtido. Devido ao elevado custo de reparos e manutenção, pode tornar-se uma máquina florestal antieconômica para a empresa.

O custo de colheita florestal eleva-se à medida que aumenta a quantidade de horas de uso da máquina florestal. Portanto, utilizar uma máquina florestal com excessiva quantidade de horas acumuladas, pode ser uma decisão arriscada e contraditória.

4.3.2 *Feller-Buncher*

Na Tabela 20 são apresentados os custos de colheita florestal obtidos através do rendimento operacional efetivo do *Feller-Buncher*.

Pode ser observado que o custo operacional do *Feller-Buncher* por hora foi de R\$ 131,50. Considerado o rendimento operacional efetivo, o custo de colheita florestal foi de R\$ 1,11 por metro cúbico de madeira com casca derrubada.

Tabela 20: Custos de colheita florestal do *Feller-Buncher*.

Máquina florestal	Custo operacional (R\$.h ⁻¹)	Rendimento operacional efetivo (m ³ .h ⁻¹)	Custo de colheita florestal (R\$.m ³ /cc)
<i>Feller-Buncher</i>	131,50	118,51	1,11

Segundo Santos & Machado (1995), o custo de colheita florestal diminui à medida que aumenta o rendimento operacional.

Portanto, ficou evidente a influência do rendimento operacional obtido pelo *Feller-Buncher* associado ao custo operacional.

4.3.3 Processador Florestal

Baseado nos resultados obtidos das demais máquinas florestais empregadas nesse estudo pode-se dizer que quanto menor o número de horas de uso acumulado da máquina e maior o rendimento operacional, menor será o custo de colheita florestal. Resultado disso é o valor obtido para Processador Florestal que foi de R\$ 0,89 por metro cúbico de madeira com casca processada.

Podem ser observados na Tabela 21 os custos de colheita florestal e o rendimento operacional efetivo do Processador Florestal.

Tabela 21: Custos de colheita florestal do Processador Florestal.

Máquina florestal	Custo operacional (R\$.h ⁻¹)	Rendimento operacional efetivo (m ³ .h ⁻¹)	Custo de colheita florestal (R\$.m ³ /cc)
Processador Florestal	121,31	137,05	0,89

4.3.4 Custos de colheita do conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal

Devido à necessidade do *Feller-Buncher* e do Processador Florestal desenvolverem as atividades de corte, desgalhamento, destopamento e traçamento de forma conjugada, são apresentados na Tabela 22 os custos e rendimentos operacionais efetivos e o somatório dos custos de colheita florestal desse conjunto de máquinas florestais.

Tabela 22: Custo de colheita florestal do conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal.

Máquinas florestais	Custo operacional (R\$.h ⁻¹)	Rendimento operacional efetivo (m ³ .h ⁻¹)	Custo de colheita florestal (R\$.m ³ /cc)	
<i>Feller-Buncher</i>	131,50	118,51	(1,11)	2,00
Processador Florestal	121,31	137,05	(0,89)	

Verificou-se que o emprego de duas máquinas para desempenhar as mesmas atividades do *Harvester* em condições idênticas de trabalho resultou uma diferença do custo de colheita florestal por metro cúbico de madeira com casca inferior a 100%. Isso pode ser explicado devido à diferenciação dos custos operacionais, influenciados pelos custos de reparos e manutenção e principalmente pelo menor rendimento operacional do *Harvester*.

Nesse caso, observa-se que o número de horas de uso acumuladas da máquina florestal e o rendimento operacional são fatores decisivos nos custos de colheita.

4.4 Simulação dos custos operacionais

Devido às diferenças encontradas nos custos operacionais e conseqüentemente de colheita florestal, em decorrência das diferenças da quantidade de horas de uso acumulada das máquinas empregadas no estudo, simulou-se uma avaliação dos custos operacionais e de colheita florestal, considerando máquinas novas, ou seja, com zero hora de uso acumulada. Portanto, máquinas usadas apresentam maior custo operacional quando comparadas com novas, pois este custo é afetado pelos custos de reparos e manutenção que são maiores para as máquinas usadas.

Entretanto deve-se ressaltar que, para a simulação dos custos operacionais e de colheita florestal, foram considerados os rendimentos operacionais de máquinas usadas.

O comportamento dos custos fixos não sofreu nenhuma alteração, devido à quantidade de horas de uso acumulada implicar somente nos resultados dos custos variáveis.

4.4.1 *Harvester*

Os custos variáveis de mão-de-obra, combustíveis e de lubrificação não apresentaram alterações, em relação aos calculados anteriormente. Os custos de reparos e manutenção resultaram em R\$ 8,12 por hora.

O custo variável obtido para o *Harvester* foi de R\$ 84,74 por hora.

Na Tabela 23, podem ser observados detalhadamente os custos fixos e variáveis obtidos para o *Harvester*.

Tabela 23: Custos fixos e variáveis do *Harvester*.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹
Depreciação	16,70
Juros	10,58
Abrigo	1,04
Total	28,32
Custos variáveis (CV)	
Mão-de-obra	31,46
Combustíveis	44,88
Lubrificação	0,28
Reparos e manutenção	8,12
Total	84,74
Custo operacional	113,06

O somatório dos custos fixos e variáveis do *Harvester* resultou num custo operacional de R\$ 113,06 por hora.

Através da Figura 19, é apresentado o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos para o *Harvester*. O custo fixo correspondeu a 49,02% e, o custo variável representou 50,98%.

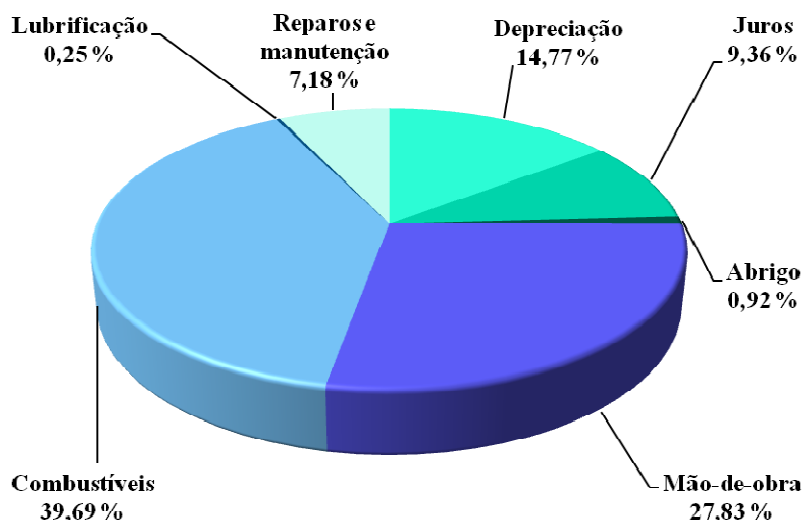


Figura 19: Simulação dos percentuais dos custos fixos e variáveis do *Harvester*.

Quando comparado aos custos reais, os valores simulados para a presente situação apresentaram uma disposição importante nos custos de manutenção e reparos, como era previsto devido à quantidade de horas de uso acumulada.

Em decorrência do valor do litro de óleo diesel e ao consumo médio, o custo de combustível foi o qual representou o maior percentual dos custos operacionais, que foi de 39,69% que seria o mais oneroso no decorrer do primeiro ano de uso da máquina florestal.

Na Figura 20 observa-se o incremento no valor em reais por hora, dos reparos e manutenção a partir do ano em análise até o final da vida útil estimada para o *Harvester*.



Figura 20: Simulação dos custos de reparos e manutenção do *Harvester*.

Acima de 22.000 horas de uso acumuladas, os custos de reparos e manutenção devem-se ser observados com maior cautela, para que esses não incorram em percentuais que possam elevar os custos variáveis e se tornarem economicamente inviáveis.

4.4.2 *Feller-Buncher*

Os custos variáveis de mão-de-obra, combustíveis e de lubrificação não sofreram alterações, em relação aos calculados anteriormente. Os custos de reparos e manutenção resultaram em R\$ 8,30 por hora.

Os custos variáveis obtidos para o *Feller-Buncher* foi de R\$ 28,97 por hora.

Na Tabela 24 podem ser observados detalhadamente os custos fixos e variáveis obtidos para o *Feller-Buncher*.

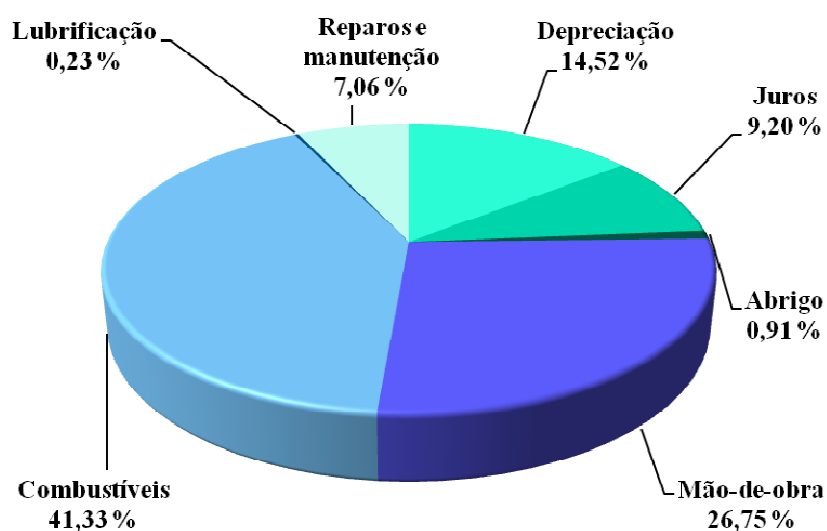
Tabela 24: Custos fixos e variáveis do *Feller-Buncher*.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹
Depreciação	17,08
Juros	10,82
Abrigo	1,07
Total	28,97
Custos variáveis (CV)	
Mão-de-obra	31,46
Combustíveis	48,62
Lubrificação	0,28
Reparos e manutenção	8,30
Total	88,66
Custo operacional	117,63

Considerando os custos fixos e variáveis, o custo operacional do *Feller-Buncher* resultou em R\$ 117,63 por hora.

Devido o consumo de óleo diesel do *Feller-Buncher* ser superior as demais máquinas estudadas, esta apresentou o maior custo de combustíveis, que foi de R\$ 48,62 por hora.

Na Figura 21 pode ser observado o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos. O custo fixo correspondeu a 24,62% e, o custo variável representou 75,38%.

Figura 21: Simulação dos percentuais dos custos fixos e variáveis do *Feller-Buncher*.

A simulação dos custos operacionais do *Feller-Buncher* é semelhante à simulação dos custos operacionais do *Harvester*, ou seja, baixo custo com reparos e manutenção e um elevado custo com combustíveis e mão-de-obra.

Pode ser observado na Figura 22 o acréscimo no valor em reais por hora, dos reparos e manutenção até o final da vida útil estimada para o *Feller-Buncher*.



Figura 22: Simulação dos custos de reparos e manutenção do *Feller-Buncher*.

A atuação dos custos de reparos e manutenção é similar ao do *Harvester*, os quais também devem ser observados com maior cautela a partir de 22.000 horas de uso acumuladas, para que não seja um provável fator antieconômico.

4.4.3 Processador Florestal

Os custos fixos obtidos para o Processador Florestal foram de R\$ 28,98 por hora.

O resultado dos custos variáveis de mão-de-obra, combustíveis, lubrificação foram idênticos ao calculados anteriormente. Os custos de reparos e manutenção resultaram em R\$ 8,31 por hora.

O custo de combustíveis foi de R\$ 43,01 e de depreciação R\$ 17,09 por hora, sendo os que apresentaram o maior percentual dos custos operacionais.

Na Tabela 25, podem ser observados detalhadamente os custos fixos e variáveis obtidos para o Processador Florestal.

Tabela 25: Custos fixos e variáveis do Processador Florestal.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹
Depreciação	17,09
Juros	10,82
Abrigo	1,07
Total	28,98
Custos variáveis (CV)	
Mão-de-obra	31,46
Combustíveis	43,01
Lubrificação	0,28
Reparos e manutenção	8,31
Total	83,06
Custo operacional	112,04

Portanto, o Processador Florestal resultou num custo operacional de R\$ 112,04 por hora.

É apresentado através da Figura 23 o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos para o Processador Florestal. O custo fixo correspondeu a 25,86% e, o custo variável representou 74,14%.

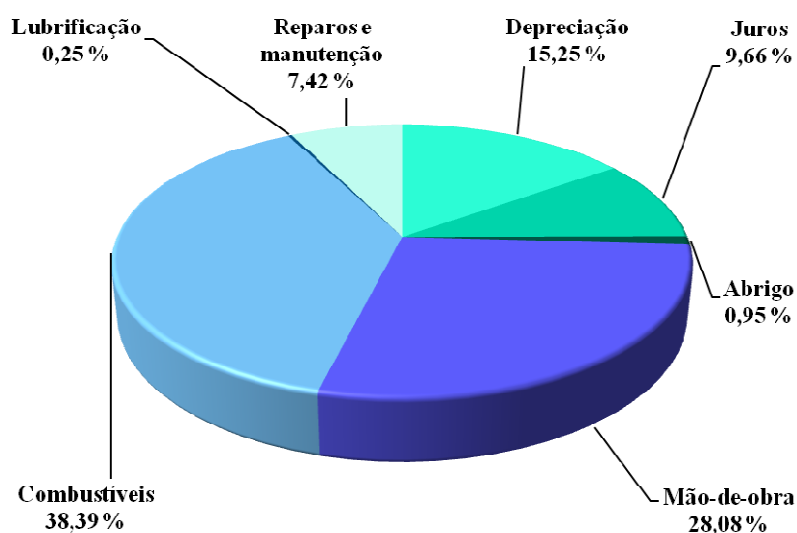


Figura 23: Simulação dos percentuais dos custos fixos e variáveis do Processador Florestal.

O resultado da simulação dos custos operacionais do Processador Florestal foi similar ao do *Harvester* e do *Feller-Buncher*.

Na Figura 24, observa-se o comportamento da projeção dos custos de reparos e manutenção em reais por hora a partir do ano em análise até o final da vida útil estimada para o Processador Florestal.

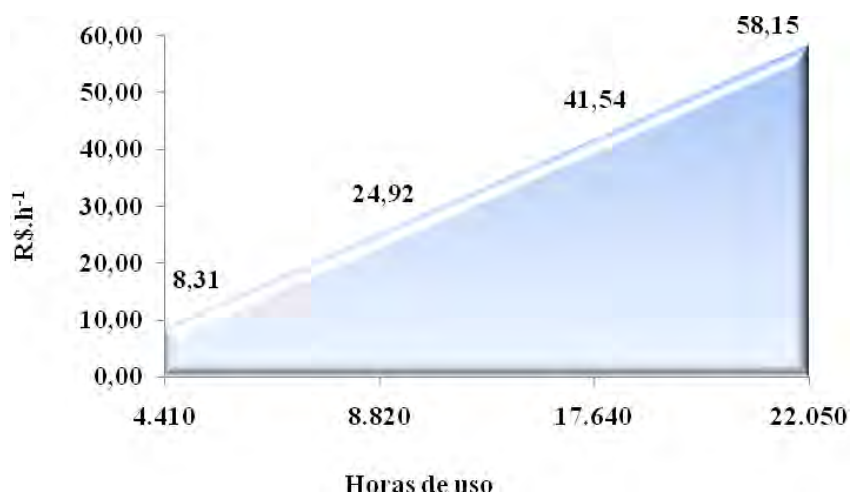


Figura 24: Simulação dos custos de reparos e manutenção do Processador Florestal.

Ao longo da vida útil, o comportamento da simulação dos custos de reparo e manutenção do Processador Florestal não apresentou diferenças em relação às demais máquinas estudadas, indicando que a partir do quarto ano de uso, devido ao acúmulo de horas trabalhadas a máquina florestal poderá apresentar uma elevação dos custos de reparos e manutenção, podendo tornar-se economicamente inviável.

4.5 Simulação dos custos de colheita florestal

A simulação dos custos de colheita florestal possibilitou a capacidade de conceber um fator positivo e determinante na ostentação de projetos, o qual consente o cumprimento de induções, através da realização de experimentos que irão indicar as probabilidades de possíveis erros de cálculos ou da alteração do modelo utilizado, para que se possa obter a maximização dos recursos.

Na Tabela 26, é apresentada a simulação dos custos de colheita florestal das máquinas empregadas no estudo, resultantes do rendimento operacional alcançado no estudo e da simulação dos custos operacionais.

Tabela 26: Simulação dos custos de colheita florestal.

Máquinas	Custo operacional simulado (R\$.h ⁻¹)	Rendimento operacional efetivo (m ³ .h ⁻¹)	Custo simulado de colheita florestal (R\$.m ³ /cc)
<i>Harvester</i>	113,06	41,45	2,73
<i>Feller-Buncher</i>	117,63	118,51	(0,99)
Processador Florestal	112,04	137,05	(0,82)

Constatou-se que o custo simulado de colheita florestal foi inferior com o emprego do conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal em condições idênticas de trabalho do *Harvester*.

Ficou comprovado através da simulação dos custos operacionais e de colheita florestal, que os custos simulados se diferenciavam dos custos reais, o qual resultou num efeito proeminente para tomada de decisões.

Com essa simulação ficou evidente que, a quantidade de horas de uso acumuladas da máquina florestal e o rendimento operacional são fatores importantes nos custos de colheita florestal, sendo de suma importância a consideração desses fatores para que não haja um distanciamento dos custos reais de colheita florestal.

A partir da constatação dos custos reais e simulados da colheita florestal, os resultados encontrados sugerem a operação do conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal para a realização da derrubada e processamento da madeira com casca, pois se evidenciou a relevância do rendimento operacional como fator determinante dos custos de colheita florestal.

Ao considerar essa hipótese e ponderar os custos simulados, será possível obter uma redução de aproximadamente 50% dos custos de colheita florestal, em relação ao *Harvester* para desempenhar as mesmas atividades.

5 CONCLUSÕES

A metodologia utilizada para esse estudo mostrou-se apropriada para a estimativa dos custos operacionais e de colheita florestal, proporcionando embasamento científico para a tomada de decisões.

A viabilidade econômica da colheita florestal depende do rendimento operacional das máquinas florestais e do gerenciamento dos custos operacionais.

Os custos variáveis das máquinas florestais, em média, representaram aproximadamente 80% dos custos operacionais. Os principais componentes dos custos variáveis das máquinas florestais foram os combustíveis e a mão-de-obra.

O trabalho do conjunto *Feller-Buncher* e Processador Florestal mostrou-se mais indicado para a colheita florestal de eucalipto em primeiro corte, quando comparado ao *Harvester*.

6 RECOMENDAÇÕES

Sugere-se que os resultados obtidos neste estudo sejam utilizados para tomadas de decisões, pois oferece subsídios que auxiliarão no planejamento operacional.

Recomenda-se o gerenciamento da quantidade de horas de uso acumulada das máquinas florestais, para evitar elevação dos custos operacionais. O método da simulação dos custos operacionais e de colheita florestal apresenta-se como uma possível ferramenta no auxílio à visualização de diferentes situações do uso das máquinas florestais.

As diferenças dos custos operacionais e de colheita florestal induzem a realização de novos estudos com máquinas florestais de características técnicas e quantidade de horas de uso acumuladas semelhantes.

7 REFERÊNCIAS

ALCOCK, R. **Tractor-implement systems**. Westport: AVIPublishing Company, 1986. 161 p.

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada**: suprimento e distribuição física. São Paulo: Pioneira, 1997. 268 p.

AMABILINI, V. D. Utilização do *Harvester* na exploração florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1991. p. 349-364.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2001**: machinery, equipment, and buildings: operating costs. Ames, Iowa, USA, 2001. p. 164-226. (ASAE D472-3).

ANDERSSON, S.; LAESTADIUS, L. Efficiency in highly mechanized wood harvesting systems. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTOS, 1., 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba : FUPEF, 1987. p. 133-143.

ANDRADE, S. C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no Litoral Norte da Bahia**. 1998. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

ARAÚJO, L. O. C. et al. O microplanejamento do serviço de concretagem: análise e aplicação das ferramentas da qualidade. Fortaleza, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DE QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO NO AMBIENTE, 2., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza : SIBRAGEQ, 2001. p. 16.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS.
ABRAF anuário estatístico 2006. Brasília, 2007. p. 30-37.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manoele, 1990. 307 p.

BARNES, R. M. **Motion and time study**: design and measurement of work. 6th ed. New York: John Wiley and Sons, 1968. 799 p.

_____. **Projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 635 p. (Estudo de movimentos e tempos).

BERNSTEIN, P. L; DAMODARAM, A. **Administração de investimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2000. 423 p.

BORTOLAI, R. Roteiro para cálculo de custo horário de máquinas florestais. **Boletim Informativo IPEF**, São Paulo, v. 3, n. 10, p. 10-19, jun. 1975.

BOWERS, W. **Modern concepts of farm machinery management** Champaign: Stipes Publishing Company, 1970. 60p.

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.

BRIDI, G. L.; FERLIN, V. Melhorias técnicas e vantagens econômicas na atividade de colheita de madeira na Rigesa. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 49-58.

CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SINERGIA, 1999. v. 2, p. 487-489.

DURATEX S.A. Colheita da madeira em florestas com baixo volume por árvore. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 4., 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade de Investigações Florestais, 1999. p. 54-72.

EDWARDS, W. Estimating farm machinery costs. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CROP HARVESTING AND PROCESSING, 2002, Louisville. **Título...**: American Society of Agricultural Engineering, 2002. p. 3-29 (ASAE EP7011103).

ELIASSON, L. Simulation of thinning with a single-grip *Harvester*. **Forest Science**, New Brunswick, Nova Jersey, v. 45, n. 1, p. 26-34, 1999.

CATERPILLAR. Escavadeiras hidráulicas. Disponível em: <<http://brasil.cat.com/cda/layout?m=62803&x=12&location=drop>>. Acesso em: 16 dez. 2007.

FENNER, P. T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002. 14 p. Notas de aula da Disciplina Exploração Florestal.

FERREIRA, J. P. R. J. **Análise da cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos**. 2002. 105 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)-Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Cost control in forest harvesting and road construction**. Rome, 1992. 99 p.

_____. **Logging and log transport in man-made forests in developing countries**. Roma, 1974. 134 p.

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

GIBSON, H. G. et. al. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL 1., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte : SIF, 1991. p. 57-75.

GINGRAS, J. F. Mechanized tree- length harvesting using a Keto 150 *Harvester* head. **FERIC Field Note: Felling**, Vancouver, n. 11, p. 1-2, 1992.

GOOGLE earht. Version 4.2. Google Software, 2007.Windows XP. Disponível em <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 13 nov. 2007.

GRILICHES, Z. Capital stock in investment function: some problems of concept and measurement. In: CHIST, C. F. et al. **Measurement in economics**. Stanford: Stanford University Press, 1963. p. 67-82.

GUIMARÃES, H. S. A logística como fator decisivo das operações de colheita de madeira e transporte florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR; FUPEF, 2004. p. 127-146.

HARRY, G. G. et al. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV; SIF, 1991. p. 57-75.

HELFERT, E. A. **Técnicas de análise financeira**. Porto Alegre: Bookman, 2000. 411 p.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1992. 465 p.

_____. **Engenharia econômica e análise de custos**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 520 p.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.

_____. **Administração da empresa agrícola**. 6. ed. São Paulo: Pioneira, 1989. 325 p.

HOLTZSCHER, M. A.; LANFORD, B. L. Tree diameter effects on cost and productivity of cut-to-length systems. **Forest Products Journal**, Madison, v. 47, n. 3, p. 25-30, 1997.

HOSOKAWA, R. T. Aplicação de computadores na estimativa dos custos de máquinas florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 31-32, dez. 1977a.

_____. Aplicação de computadores na estimativa dos custos de máquinas florestais. In: LEINERT, S. **Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal**. Curitiba: FUPEF, 1977b. p. 14-20.

IWAOKA, M. et al. Performance of small *Harvester* head in a thinning operation. **Journal of Forest Research**, Montreal, v. 4, p. 195-200, 1999.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000**. São Paulo, 1981. v. 1, 126 p.

JACOVINE, L. A. G. et al. Avaliação da perda de madeira em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 463-470, 2001.

JORGENSEN, D. W. The economic theory of replacement and depreciation. In: _____. **Investment**. Cambridge: Mit Press, 1996. v. 2, p. 125-155.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriadas as operações florestais em países em desenvolvimento**: parte 2: transporte de madeiras e construção de estradas. Helsinki: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo, 1994. 202 f. (Programa de treinamento florestal, n. 19).

LIMA, A. S.; SANT'ANNA, C. M. Estimativa do custo operacional da colheita de *Eucalyptus* em sistema de árvore inteira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: SIF, 2001. p. 309-321.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 33-54.

LUNDQVIST, R. Treinamento de operadores de máquinas florestais visando a redução de custo e proteção ambiental. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 9., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR; FUPEF, 1996. p. 127-132.

MCCONCHIE, M.; EVANSON, T. LIRO mechanization research review (LMR). **LIRO Report**, 54 p., New Zealand. Rotorua, 1996.

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

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

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468 p.

_____. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Revista Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.

_____. Planejamento. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468 p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. B. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 167 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65 p.

MALINOVSKI, J. R. Considerações básicas no planejamento da colheita de madeira. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTA, 3., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba : FUPEF, 1981. p. 93-100.

MALINOVSKI, J. R.; FENNER, P. T. **Levantamento e análise dos sistemas de exploração utilizados em povoamentos de *Pinus* spp, no Sul do Brasil.** Curitiba: FUPER; UFPR. 1991. 65 p.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de *Pinus* na região sul do Brasil.** Curitiba, PR: FUPEF, 1998. 138 p.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

_____. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação.** Piracicaba: FEALQ, 1996. 722 p.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento estratégico.** 2005. 100 p. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. Adequação do trator ao implemento e ao tipo de solo (compact disc). In: SEMINÁRIO SOBRE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE PREPARO DE SOLO PARA O PLANTIO DE FLORESTAS, 1., 2000, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 9-16.

MOREIRA, F. L. A. G. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

MOREIRA, F. M. T. O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob a ótica de custos. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1992. p. 161-170.

MOREIRA, F. M. T., SOUZA, A. P. de, MACHADO, C. C., MINETTI, L. J., SILVA, K. R. Avaliação operacional e econômica do “*Feller-Buncher*” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2004.

_____. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** 2000. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

MSU. Produtos. Disponível em: <<http://www.msu.com.br/>>. Acesso em 16 dez. 2007.

NEVES, E. M.; CIDADE, P. F. A.; ESPERANCINI, M. S. T. **Orçamentos de custos de 6 culturas no estado de São Paulo**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 86 p. Relatório de Pesquisa Convênio FEALQ/SRB.

NEVES, S da. **Curso moderno de contabilidade**. São Paulo: Lisa, 1995. 657 p.

NOGUEIRA, E.; BATALHA, M. O. **Análise de investimentos em gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 2000. 138 p.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários. administração financeira: orçamento e viabilidade econômica**. São Paulo: Altas, 1987. 269 p.

NORONHA, J. F.; MIALHE, L. G.; DUARTE, L. P. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29., Campinas, 1991. **Anais...** Brasília, DF: SOBER, 1991. p. 13-33.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Máquinas Agrícolas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, R. **A utilização do microplanejamento como ferramenta de gestão da produção**. 2006. 158 f. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PACCOLA, J. E. Desafios da manutenção mecânica frente às inovações tecnológicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV; SIF, 2003. p. 267-279.

PARKER, R.; KIRK, P.; SULLMAN, M. Learning curves of mechanised *Harvester* and *Forwarder* operators. **LIRO Report**, Roturua, New Zealand, v. 21, n. 29, p. 1-6, 1996.

PARISE, D.; MALINOVSKI, J. R. Análise e reflexões sobre o desenvolvimento tecnológico da colheita florestal no Brasil. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 12., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF do Paraná, 2002. p. 78-109.

PINHEIRO, G. **Um apelo ao bom senso:** carta à sociedade brasileira. Disponível em: <http://www.sbef.org.br/carta_sociedade.htm>. Acesso em: 15 dez. 2007.

REZENDE, J. L. P. de., OLIVEIRA, A. D. de, **Análise econômica e social de projetos florestais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 389 p.

RICHARDSON, R.; MAKKONEN, I. The performanc e of cut-to- lenght systems in Eastern Canada. **FERIC Technical Report**, Vancouver, n. 109, p. 1-16, Nov. 1994.

RISLEY. Products. Disponível em: <<http://www.risleyequipment.com/products.html>>. Acesso em: 16 dez. 2007.

ROCHA, L. A. de G. **Jogos de empresa:** desenvolvimento de um modelo para aplicação no ensino de custos industriais. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

RODRIGUEZ, A. V.; CASTRO, P. F.; DRUMOND, G. S. Engenharia industrial aplicada à exploração florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 9.,1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR; FUPEF, 1992. p. 40-66.

SALMERON, A. **Mecanização da exploração florestal.** Piracicaba: IPEF, 1980. 10 p. (Circular técnica, 88).

SALMERON, A.; RIBEIRO, R. S. Colheita mecanizada de eucaliptos em regiões acidentadas. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, FUPEF, 1997. p. 165-181.

SANT'ANNA, C. M. Corte florestal. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2002. p. 55-88.

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C.; LEITE, H. G. Análise técnico-econômica da extração de eucalipto em áreas planas com o *forwarder*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 213-227, 1995.

SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba: ESALQ, LCF, 1998. 125 p. Notas de aula.

_____. Planejamento e estudo de sistema de exploração florestal. **IPEF**, Piracicaba, v. 34, p. 25-30, 1986.

_____. Extração. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2002. p. 89-128.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do *Feller-Buncher* utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, MG, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SILVA, M. L. da; MIRANDA, G. de M. Custos. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 216-242.

SILVA, M. L. da; JACOVINE, A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 178 p.

SILVA R. S.; FENNER P. T.; CATANEO A. Desempenho de máquinas florestais de colheita: derrubador-processador *Slingshot* sobre as esteiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV; SIF, 2003. p. 267-279.

SIQUEIRA, J. D. P. A atividade florestal como um dos instrumentos de desenvolvimento do Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão: SBS; SBEF, 1990. p. 15-18.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Área plantada com *pinus* e eucaliptos no Brasil (ha) - 2000. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm> Acesso em: 13 dez. 2007.

_____. **O setor florestal brasileiro: fatos e números.** São Paulo, 2002. 75 p.

SOUZA, A. P. Um estudo de tempo e produção na exploração de povoamentos jovens de Douglas-Fir com motosserra e Skidder. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2, p. 1-26, 1978.

SOUZA, A.; CLEMENTE A. Análise econômico-financeira de projetos, São Paulo, 1998. In CLEMENTE, A. **Projetos empresariais e públicos.** São Paulo: PUC, 1998. p. 144-179.

SOUZA, D. O. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira.** Curitiba: UFPR/PIBIC/CNPq, 2001. 74 p. Relatório Técnico-Científico Final.

SPEIDEL, G. **Economia florestal.** Curitiba: UFPR, 1966. 167 p.

SPIEGEL, M. R. **Estatística.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 580 p.

STÖHR, G. W. D. Cálculo de custos de máquinas florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 23-30, dez. 1977a.

_____. Cálculo de custos de máquinas florestais. In: LEINERT, S. **Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal.** Curitiba: FUPEF, 1977b. p. 1-13.

_____. Análise de sistema de exploração e transporte em florestas plantadas. **Revista Floresta**, Curitiba, p. 57-76, 1976.

_____. Metodologia do custo-hora para máquinas florestais. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF do Paraná, 1981. p. 33-44.

STÖHR, G. W. D.; BAGGIO, A. J. Estudo comparativo de dois métodos de arraste principal do desbaste de *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR, n. 2, p. 89-131, 1981.

STOKES, B. J. Harvesting developments in the South. In: ANNUAL HARDWOOD SYMPOSIUM , 21., 1993, Cashiers. **Proceedings...** Cashiers : Hardwood Research Councilnl, 1993. p. 59-71.

TANAKA, O. P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 141, p. 24-30, 1986.

TEIXEIRA, L. F. G. **Desenvolvimento de uma equação para estimativa do custo acumulado de reparos e manutenção para tratores agrícolas de pneus**. 1995. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Máquinas Agrícolas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

TIBURCIO, V. C. S.; SENE, J. M.; CONDI, L. G. B. Colheita mecanizada: avaliação do *Harvester e forwarder*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., Campinas, 1995. **Anais...** Viçosa: SIF;UFV, 1995. p. 205-221.

VALVERDE, S. R. **A contribuição do setor florestal para o desenvolvimento socioeconômico**: uma aplicação de modelos de equilíbrio multisetoriais. 2000. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

_____. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. 1995. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

VALVERDE, S. R. et al. Análise técnica e econômica do arraste com *skidder* no sistema de colheita de árvores inteiras de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 101-109, 1996.

VALMET. Produtos. Disponível em: <<http://www.komatsuforest.com/default.asp?id=3622>>. Acesso em: 16 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, 10., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR; FUPEF, 1997. p. 77-84.

_____. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 77-84.

_____. O planejamento operacional na exploração de florestas. In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTO, 1., 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 28-39.

WITNEY, B. **Choosing and using farm machines**. Edinburgh: Land Technology, 1988. 412 p.

8 APÊNDICE

APÊNDICE 1

Fatores propostos pela ASAE utilizados para a estimativa dos custos operacionais das máquinas; FR^1 e FR^2 = fatores dos reparos e da manutenção.

Máquinas	FR^1	FR^2
<i>Harvester</i>	0,003	2,0
<i>Feller-Buncher</i>	0,003	2,0
Processador Florestal	0,003	2,0

Fonte: ASAE (2001).

APÊNDICE 2

Valor inicial das máquinas novas (V_i); custo por litro de óleo diesel (Cld); consumo médio de óleo Diesel ($Qm.L^{-1}$); horas acumuladas de uso (H_u) considerados na estimativa dos custos;

Máquinas	V^i (R\$)	Cld	$Qm.L^{-1}$	H_u
<i>Harvester</i>	613.823,00	1,87	24	14.600
<i>Feller-Buncher</i>	627.423,00	1,87	26	3.680
Processador Florestal	627.948,00	1,87	23	2.640

Fonte: Empresa de serviços florestais.

APÊNDICE 3

Informações sobre o operador da máquina florestal, consideradas na estimativa dos custos operacionais.

Item	Total
Custo mão-de-obra ($R\$.h^{-1}$)	25,17
Horas por turno (h)	8
Dias úteis de trabalho	25

Fonte: Empresa de serviços florestais.

APÊNDICE 4

Fatores utilizados para a definição da amostragem (t = valores críticos da distribuição t de *student*, gl = graus de liberdade), considerados no cálculo do rendimento operacional.

Máquinas	t	gl
<i>Harvester</i>	1,960	i
<i>Feller-Buncher</i>	1,960	i
Processador Florestal	1,960	i

Fonte: SPIEGEL (1977).

APÊNDICE 5

Percentuais utilizados para a definição da amostragem (C_v = Coeficiente de variação), considerados no cálculo do rendimento operacional.

Máquinas	C_v
<i>Harvester</i>	25
<i>Feller-Buncher</i>	30
Processador Florestal	30