

ROBSON JOSÉ DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE
EUCALIPTO COM “CLAMBUNK SKIDDER”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48a
2004

Oliveira, Robson José de, 1976-

Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Clambunk Skidder” / Robson José de Oliveira. – Viçosa : UFV, 2004.
xiii, 46f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Carlos Cardoso Machado.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 41-43.

1. Exploração florestal - Custos. 2. Mecanização florestal. 3. Produtividade florestal. 4. Eucalipto - Exploração.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 20.ed. 634.931

ROBSON JOSÉ DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE
EUCALIPTO COM “CLAMBUNK SKIDDER”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de agosto de 2004.

Prof. Helio Garcia Leite
(Conselheiro)

Prof. Amaury Paulo de Souza
(Conselheiro)

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

Prof. Laércio A. Gonçalves Jacovine

Prof. Carlos Cardoso Machado
(Orientador)

À Deus...

Aos meus pais e familiares.

À minha esposa Sueli.

Ao meu filho Matheus.

Aos meus amigos.

Pelo apoio, incentivo e amizade,

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela realização do Programa de Pós-Graduação.

Em especial, ao professor e orientador Carlos Cardoso Machado, pela amizade, pelo apoio, orientação, incentivo, pela confiança e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Amaury Paulo de Souza, Haroldo Carlos Fernandes, Helio Garcia Leite e Laércio Antônio Gonçalves Jacovine pelo companheirismo e ensinamentos, pela convivência, dedicação e orientações.

Aos professores Elias Silva, Herly, José Carlos Ribeiro, Márcio Lopes da Silva, do Departamento de Engenharia Florestal; Carlos Alexandre Braz de Carvalho e Dario Cardoso de Lima, do Departamento de Engenharia Civil pela amizade, respeito e contribuição.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal em especial ao Adão, Carlos Tadeu de Freitas, Francisco Chagas Rodrigues, Frederico Luis Ribeiro Fontes, Jamile Abdoul, Paulo e Rita de Cássia Silva Alves pelo apoio e amizade.

Ao Engenheiro Stanley Schettino da Cenibra, pela atenção, dedicação, companheirismo.

Ao Engenheiro Mauro Birro, ao técnico em segurança Joaquim, ao monitor Wagner, aos operadores Magela e Rosane e a todos os demais companheiros da Cenibra pela amizade e apoio.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal da UFV pela valiosa colaboração e pelas sugestões apresentadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

À empresa Cenibra, Celulose Nipo Brasileira, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos amigos e Engenheiros Florestais Giovani Levi Sant'Anna, Luis Carlos de Freitas, Marcelo Lelis de Oliveira e Reginaldo que com competência, carinho, amizade e boa vontade, sempre trouxeram novas e valiosas informações auxiliando-me na busca de soluções para as dúvidas que surgiam durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos companheiros do Curso de Ciência Florestal pela amizade e colaboração no decorrer do mestrado.

À toda a minha família, em especial aos meus pais, Aparecida e Vicente, irmão Ranieri, cunhada Cecília, sobrinho Lucas, à minha esposa Sueli e meu filho Matheus, que são as razões de minha existência, muito obrigado pelo carinho, amor, pela paciência, pelo incentivo e pela confiança.

À todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ROBSON JOSÉ DE OLIVEIRA, filho de Vicente Rodrigues de Oliveira e Maria Aparecida Ribeiro de Oliveira, nasceu na cidade do Rio de Janeiro, no dia 18 de março de 1976.

Em 1992, concluiu o Curso Técnico em Enfermagem no Colégio CENI, Centro Educacional de Nova Iguaçu na cidade de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro.

Em maio de 2002, diplomou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Em agosto de 2002, iniciou o Curso de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em Agosto de 2004, obtendo o título de “*Magister Scientiae*”.

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O problema e sua importância.....	1
1.2. Objetivos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O setor florestal brasileiro.....	3
2.2. Colheita florestal.....	4
2.3. Etapas da colheita florestal.....	4
2.3.1. Corte	5
2.3.2. Processamento	5
2.3.3. Extração (baldeio).....	5
2.3.4. Carregamento	6
2.4. A evolução da colheita florestal.....	6
2.5. A mecanização da colheita florestal	7
2.6. Métodos de colheita florestal	8
2.7. Sistemas de colheita florestal.....	8
2.8. Principais módulos de colheita florestal.....	9
2.9. Fatores que afetam a colheita florestal.....	10
2.9.1. Biológicos.....	10
2.9.2. Ambientais	11
2.9.3. Técnicos.....	12
2.9.4. Humanos.....	12
2.9.5. Econômicos	13
2.10. Estudos de tempos e movimentos.....	14
3. MATERIAL E MÉTODO	17
3.1. Descrição da área.....	17
3.2. Instrumental de medição	22
3.3. Análise estatística.....	24

3.4. Avaliação econômica.....	24
3.4.1. Custos fixos (CF)	24
3.4.2. Custos variáveis (CV)	25
3.4.3. Custos de administração(CAD).....	27
3.4.4. Custo operacional total (CT)	27
3.5. Produtividade da máquina	27
3.6. Custo de extração.....	28
3.7. Disponibilidade mecânica	28
3.8. Eficiência operacional.....	28
3.9. Descrição do módulo mecanizado.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Estimativa do custo operacional do clambunk skidder	32
4.2. Estimativa da produtividade do clambunk skidder.....	33
4.3. Determinação do custo de extração	36
4.4. Avaliação das características operacionais e fatores que afetam a extração	36
5. RESUMO E CONCLUSÕES	37
6. RECOMENDAÇÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICE	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Caraúna	18
Figura 2 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Pantanal	19
Figura 3 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Sapucaia	20
Figura 4 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Córrego das Pedras	21
Figura 5 – Instrumentos de medição	22
Figura 6 – Feller-buncher	29
Figura 7 – Clambunk skidder parado	30
Figura 8 – Clambunk skidder realizando o arraste	30
Figura 9 – Clambunk skidder descarregando	31
Figura 10 – Distribuição dos elementos do custo operacional	33
Figura 11 – Produtividade em função da distância de extração para diferentes classes de floresta e declividade	34
Figura 12 – Custos de extração em função da distância para diferentes classes de	

floresta e declividade	35
Figura 13 –Custo de extração versus produtividade	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Local e características da coleta de dados	17
Quadro 2 - Estudo de tempo piloto	23
Quadro 3 - Valores dos custos operacionais em dólar	32
Quadro 4 - Estimativa de tempo em função da distância de extração	34

RESUMO

OLIVEIRA, Robson José de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2004. **Avaliação Técnica e Econômica da Extração de Madeira de Eucalipto com “Clambunk skidder”**. Orientador: Carlos Cardoso Machado. Conselheiros: Amaury Paulo de Souza e Helio Garcia Leite.

O presente estudo teve como objetivo central avaliar técnica e economicamente atividades de extração em áreas montanhosas utilizando-se um trator florestal arrastador com esteiras (Clambunk skidder). O estudo foi conduzido em povoamentos de eucalipto de uma empresa florestal do Estado de Minas Gerais, nos quais o sistema de colheita utilizado foi o de árvore inteira. A avaliação técnica consistiu em determinar os índices de produtividade. A avaliação econômica consistiu na determinação dos custos operacionais e da distribuição destes custos. As áreas de estudo foram estratificadas em três níveis de declividades, com dois tipos de produtividades e cinco níveis de distâncias de extração. De acordo com o estudo, os estratos de menor declividade e distância de extração apresentaram melhor produtividade em relação àqueles de maior declividade e distância de extração. A produtividade do

Clambunk skidder variou de 18,53 a 121,32 m³/hora, com custo operacional de US\$ 90,93 por hora efetiva.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Robson José de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August, 2004. **Technical and economical evaluation of the log extraction of eucaliptus wood with “Clambunk skidder”**. Adviser: Carlos Cardoso Machado. Committee Members: Amaury Paulo de Souza and Helio Garcia Leite.

The present study had as general objective to evaluate technical and economical log extraction activities used Clambunk skidder. The study was developed in eucalyptus plantation property of a Minas Gerais State company that use a mechanized full-tree system. The technical evaluation consisted of determine the productivity indexes. The economical evaluation consisted of the operational costs determination. The study areas were stratified in two levels of productivity, three levels of slope degree and five extraction distances. In agreement with the study the equipment productivity decreases with the increases of the slope degrees and the extraction distances. Your productivity varied from 18,53 to 121,32 m³/hora and your operational cost was of US\$ 90,93 efetivity hour.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e sua importância

A colheita e o transporte por ser responsável por mais de 50% do custo final da madeira posta na indústria, tem exigido pesquisas visando todo o processo de suprimento. Atualmente a mecanização das atividades de colheita florestal tem sido uma prática na maioria das empresas florestais, que buscam a cada dia novas tecnologias e pesquisas visando aumentar suas produtividades e reduzir seus custos. Com a evolução natural dos sistemas mecanizados de colheita florestal no Brasil, onde diversos equipamentos são importados muitas vezes tropicalizados, não consegue atingir a mesma eficiência operacional em seus países de origem devido, principalmente às diferenças edafoclimáticas de operação e, as poucas pesquisas para a adaptação operacional destes equipamentos em nosso país (MACHADO, 1989).

A partir da década de 90 a mecanização dos processos de colheita e transporte florestal vem se intensificando no Brasil, com a abertura do mercado brasileiro a importação de máquinas e equipamentos já desenvolvidos e aprimorados em países com maior tradição na colheita florestal (BRAMUCCI, 2001).

Hoje, com as empresas investindo em várias pesquisas com objetivo de melhorar a colheita florestal buscando novos equipamentos e máquinas cada vez mais confortáveis, e realização de vários congressos e simpósios objetivando as trocas de informações, as empresas brasileiras vêm obtendo cada vez mais sucesso na implementação de sistemas mecanizados de colheita de madeira.

Áreas acidentadas, condições topográficas desfavoráveis, exigem um nível de planejamento mais apurado, bem como o desenvolvimento de equipamentos específicos para a colheita de suas florestas visando minimizar custos, diminuir a necessidade de mão-de-obra não qualificada e aumentar a produtividade para assegurar o abastecimento da indústria (LEITE, 1992).

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi avaliar técnica e economicamente as atividades de extração de madeira de eucalipto em regiões acidentadas utilizando-se o Clambunk skidder. Os objetivos específicos foram:

- a) Determinar os custos operacionais do equipamento;
- b) Avaliar o desempenho técnico do equipamento determinando sua produtividade e potencialidade no sistema de árvores inteiras em diferentes condições de produtividade, declividade do terreno e distância de extração;
- c) Determinar o custo de extração em diferentes classes operacionais;
- d) Identificar e avaliar os principais fatores que afetam a produtividade do equipamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O setor florestal brasileiro

O Brasil com o reflorestamento fixou seu nome no “ranking” dos maiores exportadores de celulose. O mercado deste produto é altamente competitivo e o continente europeu é o seu principal consumidor, que importa celulose sob alto custo de transporte marítimo, porém compensado pelo baixo custo de produção (VALVERDE, 1995).

Cada vez mais o setor participa do desenvolvimento do Brasil, não apenas no lado econômico, como geradora de divisas, mas, também, do lado social, como componente indispensável à manutenção e melhoria da qualidade de vida (SIQUEIRA, 1990).

O setor florestal brasileiro tem como seus principais produtos, dentre outros, madeira roliça, serrados, painéis, chapas de fibras, laminados, óleos essenciais, móveis, carvão e celulose e apresenta uma área de 2,920 milhões de hectares com espécies de *Eucalyptus* sp., 1,690 milhão de hectares de *Pinus* sp. e 140 mil hectares de outras espécies, resultando em 4,750 milhões de hectares de reflorestamento. O Brasil também conta com uma área de 528.383 milhões de hectares de florestas nativas ricas em biodiversidade (VALVERDE, 2000 e BIRRO, 2002).

Com todos esses números a atividade florestal vem contribuindo com uma enorme participação na economia do País. O PIB (Produto Interno Bruto), florestal no ano 2000 atingiu US\$ 21 bilhões, correspondendo a 4% do PIB nacional. Foram exportados US\$ 5,4 bilhões, equivalendo a quase 10% do total das exportações brasileiras. Próximo de 70% desses valores teve como base as florestas plantadas de eucalipto e de pinus, e mais de 60% dessa contribuição deve-se, exclusivamente, aos produtos que têm o eucalipto como matéria-prima, correspondente a 2% do PIB nacional (SBS, 2001).

Em se tratando de produtos como a celulose, o Brasil vem obtendo ganhos de competitividade no mercado internacional ao longo dos anos, chegando atualmente a ser o sétimo maior produtor mundial de celulose com 9 milhões de toneladas produzidas e o décimo primeiro maior produtor de papel com 7,9 milhões de toneladas produzidas (BRACELPA, 2004).

2.2. Colheita florestal

A colheita florestal é um conjunto de operações que visa cortar e extrair árvores do local de derrubada até as margens das estradas ou de cursos d'água (MACHADO, 2002).

Ela é uma atividade complexa, dada a ocorrência de vários fenômenos climáticos, biológicos e o grande número de variáveis que afetam a produtividade e, conseqüentemente, os custos operacionais e de produção. Desta forma, é necessário um planejamento detalhado das operações para que se possam abordar os fatores que interferem nesta atividade, buscando antecipar os problemas que normalmente os afetam minimizando assim os custos envolvidos nas operações de colheita florestal (VALVERDE, 1995).

2.3. Etapas da colheita florestal

As etapas mais importantes da colheita florestal são: o corte, processamento, a extração ou baldeio, e o carregamento.

2.3.1. Corte

O início do processo de colheita florestal começa com o corte, por isso é muito importante, uma vez que afeta significativamente o sucesso nas etapas posteriores (SANT'ANNA, 1998).

Ele pode ser manual (através de machado), semimecanizado (com o uso de motosserra) e mecanizado (usando feller-buncher, harvester, delimber, etc...). Quanto ao desgalhamento pode ser feito manualmente (usando machado, foice ou facão), semimecanizado através de motosserra, e mecanizado usando harvester ou delimbers (MACHADO, 2002).

2.3.2. Processamento

É o ato de cortar as árvores em toras que variam de comprimento dependendo do destino das madeiras para fábrica. Pode ser feito manualmente, semimecanizado (motosserra) e mecanizado (usando uma garra traçadora, harvester e o slingshot).

2.3.3. Extração (baldeio)

A movimentação das madeiras por meio de arraste, suspensa por teleféricos ou em tratores auto-carregáveis logo após o corte até a margem das estradas recebe o nome de extração. Essa operação exige um planejamento detalhado da operação de maneira a empregar os equipamentos próprios dentro do sistema mais indicado de trabalho. Atualmente, no Brasil, a extração mecanizada tem sido realizada por meio de skidders e forwarders. O skidder apareceu na década de 60, sendo um veículo forte, fácil de operar e econômico. É uma máquina que pode trabalhar com diferentes tamanhos de árvores. Trata-se de um trator florestal arrastador, desenvolvido exclusivamente para o arraste de madeira. Possui uma cabine com grande mobilidade dentro da área de corte, tem o chassi articulado, com tração 4x4, com rodados de pneus e/ou esteiras. Alguns modelos são dotados de uma garra traseira e também telescópica que é acionada pelo sistema hidráulico ou sistema de cabos de aço para que seja realizado o arraste de feixes de toras (MACHADO, 2002).

Para se obter a máxima eficiência do skidder deve-se operá-lo em declividade do terreno entre 30% (16°), no sentido favorável e 10% (6°), no sentido adverso. Dentre os tipos de skidder, tem-se o clambunk skidder que possui uma garra de abertura superior (ou invertida), que tem como finalidade de prender as toras ali colocadas, e por um braço hidráulico munido de uma grua que o torna auto-carregável (MACHADO, 1984).

As principais vantagens do “clambunk skidder” segundo PARTEK (2003), são:

- a) a máquina base pode voltar a operar como forwarder;
- b) o volume da madeira extraída por ciclo permite operar em distâncias maiores das que as convencionais;
- c) contribui para a redução da densidade de estradas florestais;
- d) pode operar inserido em vários sistemas tais como: em conjunto com harvester, feller, derrubada manual, escavadeira com cabeçote, garra traçadora, slasher, mini-slasher, traçamento na estrada, etc...
- e) excelente do ponto de vista ergonômico;
- f) por ter pneus largos fazendo assim uma maior área de contato com o solo tem-se uma tração e estabilidade melhor para operar em terrenos acidentados ou com baixa sustentação;
- g) promove baixa compactação.

2.3.4. Carregamento

A operação de carregamento de madeira pode ser realizada de forma manual, semimecanizada, ou mecanizada e engloba o meio de ligação entre a extração e o transporte (MACHADO, 2002).

2.4. A evolução da colheita florestal

Poucas empresas utilizavam máquinas nas operações de colheita, pois com muita mão-de-obra disponível os sistemas manuais e semimecanizados foram largamente utilizados no início das atividades de reflorestamento no Brasil. O machado foi a primeira ferramenta utilizada no abate de árvores e vieram depois por volta dos anos 70 as primeiras Motosserras. Os Skidders,

Forwarders e os Feller-buncher surgiram nos anos 80, modernizando as operações de colheita florestal. Vários foram os progressos tecnológicos que ocorreram na colheita florestal ao longo dos anos, como: máquinas ergonomicamente mais confortáveis para o operador, motosserras com dispositivos de segurança mais adequados evitando acidentes e doenças ocupacionais, máquinas mais complexas e produtivas, que operam em terrenos mais íngremes e de difícil acesso, entre outras melhorias (MACHADO, 2002).

2.5. A mecanização da colheita florestal

A mecanização intensiva da colheita florestal é decorrente, principalmente, da necessidade de aumentar a produtividade nas operações, devido ao aumento no rendimento volumétrico das plantações; do aumento no custo da mão-de-obra, principalmente, a partir da Constituição Federal de 1988, que igualou os direitos dos trabalhadores rurais aos urbanos, além de aumentar os encargos sociais dos trabalhadores para as empresas; da necessidade de executar o trabalho de forma ergonômica, mais confortável para o operador dando melhores condições de trabalho, visto que essas operações, na maioria das vezes, são classificadas como trabalho pesado; da necessidade de redução do custo da madeira no local do processamento final; do aumento da demanda de madeira pelas indústrias de base florestal e da abertura das importações, facilitando a entrada de máquinas e equipamentos florestais com elevado nível tecnológico (SANTOS, 2000).

O aparecimento de máquinas que substituíram os métodos manuais e semimecanizados deu um impulso maior nas operações de colheita florestal, pois a produtividade aumentou consideravelmente, reduziram – se os riscos de acidentes para os trabalhadores, melhoraram as condições de trabalho, apesar de ter diminuído a participação do homem no processo produtivo, pois uma máquina faz o serviço de vários trabalhadores como, por exemplo, na etapa de corte das árvores, além de aumentar os lucros para a empresa e diminuir os custos (SANTOS, 1995).

A operação de extração, ou baldeio, é a movimentação da madeira desde o local de corte até a estrada, carreador ou pátio intermediário. Essa operação pode ser feita por guinchos, trator arrastador (“skidder”) por meio de

arraste, com forwarder que são autocarregáveis ou suspenso por meio de teleféricos e cabos aéreos. Com relação ao tipo de rodado os “skidders” podem ser equipados com esteiras rígidas, flexíveis ou com pneus. Existem vários tipos de skidder como o Skidder com cabo (chocker skidder); Skidder com garra (grapple skidder); e o Skidder com pinças invertidas (“clambunk skidder”) (MACHADO, 2002).

2.6. Métodos de colheita florestal

Segundo MACHADO (1984), os métodos de colheita florestal podem ser subdivididos em métodos de corte e extração abaixo citados:

- a) **manual**: as operações de corte são realizadas manualmente, com o uso de ferramentas manuais, como o machado, o traçador e a serra de arco.
- b) **semimecanizado**: É o método onde as operações são realizadas com o uso da motosserra.
- c) **mecanizado**: as operações de derrubada, processamento e baldeio das toras são realizadas por máquinas florestais.

Os métodos de extração, segundo o mesmo autor, são subdivididos em:

- a) **animal**: a extração é realizada por muares, bovinos, eqüinos etc.
- b) **rústico**: a extração é realizada com o uso de calhas, argolões e tombamento manual.
- c) **mecanizado**: a extração é realizada por meio de máquinas florestais, teleféricos, balões e helicópteros.
- d) **transporte direto**: esta operação é realizada por meio de caminhões, que são carregados na área de corte e transportam as toras até a margem da estrada ou diretamente para o local de consumo.

2.7. Sistemas de colheita florestal

Um conjunto de processos que envolvem todas as atividades parciais desde o corte passando pelo processamento, desgalhamento e extração até a madeira posta no pátio da indústria é chamado de sistema de colheita de madeira. Segundo MACHADO (2002), os sistemas de colheita de madeira são classificados em:

a) Sistema de toras curtas – É um sistema que envolve todos os trabalhos relacionados a colheita florestal como o corte, desgalhamento e processamento no próprio local onde a árvore foi derrubada. As toras produzidas apresentam variações de 1 a 6 metros, dependendo do índice de mecanização empregado, sem contar que é o principal sistema de colheita de madeira utilizado nos países escandinavos, e o mais antigo utilizado no Brasil.

b) Sistema de toras longas – É um sistema onde as tarefas de desgalhamento e destopamento ocorrem no local do corte, e as de traçamento e descascamento são realizados a beira das estradas que circundam o talhão, ou em pátios intermediários que tem o objetivo de realizar o processamento. Devido ao elevado esforço das toras e a exigência de equipamentos sofisticados em razão do peso e da dimensão da madeira, este sistema é mais utilizado em terrenos acidentados.

c) Sistema de árvores inteiras – Neste sistema a árvore é removida sem raízes para fora do talhão, como operação subsequente ao corte. O processamento completo é feito em local previamente escolhido. Esse sistema implica em elevado índice de mecanização e pode ser utilizado tanto nos terrenos planos como nos acidentados.

d) Sistema de árvores completas – É um sistema em que as árvores são retiradas por inteiro com as raízes, de forma tal que seja possível a utilização da árvore completa. Somente nos casos em que as raízes apresentem valor comercial, este sistema é viável, como por exemplo, em casos de árvores com alta concentração de resina nos potenciais tocos ou árvores consideradas medicinais.

e) Sistema de cavaqueamento – Todas as operações que envolvem a derrubada, o desgalhamento, o destopamento, e o descascamento e a transformação em cavacos da árvore são realizadas dentro do talhão sendo, posteriormente, extraída e transportada para a indústria.

2.8. Principais módulos de colheita florestal

Os principais módulos, de colheita florestal utilizado no Brasil, segundo MACHADO (2002), são:

- Feller-buncher + clambunk skidder + garra traçadora;

- Feller-buncher + skidder + garra traçadora;
- Feller-buncher + skidder + delimber + slasher;
- Feller-buncher + skidder + grade desgalhadora + processador;
- Feller-buncher + skidder + slingshot;
- Feller-buncher + slingshot + forwarder;
- Harvester + forwarder;
- Motosserra + autocarregável;
- Motosserra + guincho;
- Motosserra + miniskidder;
- Slingshot + forwarder.

2.9. Fatores que afetam a colheita florestal

Os principais fatores que afetam a colheita florestal são biológicos, ambientais, técnicos, humanos e econômicos.

2.9.1. Biológicos

Os fatores biológicos que podem afetar a colheita florestal são:

Área por meio de sua extensão total, dispersão, tamanho médio dos projetos e índice de aproveitamento;

Espécie através do diâmetro e rigidez dos galhos, porcentagem de copa, espessura e rugosidade da casca, acúmulo de material abrasivo e densidade da madeira;

Espaçamento; sub-bosque;

Árvore através de seu volume individual, diâmetro, retidão do fuste, comicidade, altura total e altura comercial;

Qualidade do plantio com homogeneidade, tortuosidade na base das árvores e alinhamento (SANTOS, 2000).

Em florestas mais produtivas, o rendimento das máquinas tende a ser melhor, porque o volume influencia o grau de mecanização. Em povoamentos com árvores de pequeno diâmetro, o rendimento das máquinas tende a diminuir (SANT'ANNA, 1992).

2.9.2. Ambientais

Os principais fatores ambientais, segundo MACHADO (2002), são:

O relevo, onde através da declividade do terreno é uma das variáveis operacionais mais importantes a considerar na mecanização florestal. Em situações de topografia muito acidentada, pode se tornar inviável o tráfego de máquinas motoras na área, uma vez que compromete a estabilidade dessas máquinas, e, portanto, a segurança da operação. Para não comprometer a colheita florestal uma opção seria adotar o sistema semimecanizado através de motosserras ou sistema misto (motosserra + machado) nas operações de corte, desgalhamento e traçamento nesses locais de difícil acesso. Ambas as alternativas vêm sendo bastante adotadas por empresas florestais brasileiras e fazendeiros.

O clima também influencia bastante nas operações florestais devido ao regime de chuvas e extensão de períodos secos e chuvosos, amplitude térmica, ventos entre outros.

A precipitação é um fator importante que afeta a colheita e exploração, devendo ser enfatizado no planejamento. Normalmente a colheita das áreas críticas se realiza no período de seca, porque em épocas de precipitações elevadas, as operações florestais não podem ser paralisadas, e assim são transferidas através do planejamento para outras áreas com melhores situações de trabalho. Em terrenos declivosos e com alta concentração de argila, as operações de colheita florestal são altamente influenciadas pela precipitação pluviométrica. As condições de umidade e temperatura fora da zona de conforto térmico diminuem o rendimento do trabalho em máquinas sem climatização na cabine.

O solo através de sua textura, granulometria, capacidade de suporte, drenagem no perfil, erodibilidade e fertilidade; A topografia por causa da declividade, rede de drenagem e obstáculos de superfície são alguns dos fatores ambientais que também afetam bastante a colheita florestal (SANTOS, 2000).

2.9.3. Técnicos

Os fatores técnicos que podem afetar a colheita florestal são:

Finalidade da madeira;

Volume e Rendimento da máquina;

Frota (idade, renovação, padronização, disponibilidade mecânica e utilização);

Logística (de abastecimento, de manutenção e de suprimentos);

Rede viária (extensão, geometrias vertical e horizontal, irregularidade da pista de rolamento, pontes, aterros e drenagem);

Sortimento de madeira (rigor das especificações, comprimento das toras, diâmetro mínimo de aproveitamento, separação e classificação) (SANTOS, 2000).

Através da distância de extração determina-se o volume de madeira transportada, em cada tipo de composição veicular, portanto quanto maior for a distância de extração espera-se um tempo maior para realização do ciclo operacional e com isso os custos se elevam. Usando composições veiculares de grande capacidade de carga para aumentar a quantidade transportada de uma só vez é a principal forma de diminuição dos custos de colheita e transporte para distâncias longas (LEITE, 1992).

2.9.4. Humanos

Os fatores humanos que podem afetar a colheita florestal são:

Salário, benefícios através da satisfação profissional;

Condições de saúde e alimentação;

Treinamento e aptidão física aliada com a experiência na atividade reduzindo os riscos de acidentes (SANTOS, 2000).

Além disso, segundo SANT'ANNA (2000), as condições gerais de trabalho, com maior conforto para o trabalhador aliado á uma boa saúde, alimentação, treinamento e segurança são fatores que influenciam nas etapas da colheita florestal, pois o fator humano é o principal componente que determina a produtividade, bem como o sucesso ou fracasso de um sistema de trabalho.

2.9.5. Econômicos

Dentre os fatores econômicos que podem afetar a colheita florestal temos:

Volume de recursos (disponibilidade, crédito, prazos de pagamento, fluxo de caixa, endividamento a curto e longo prazos e geração líquida de caixa);

Custos financeiros (custos de oportunidade, custos operacionais, ponto ótimo de reposição, custos de manutenção e custo unitário de produção). (SANTOS, 2000).

Os fatores econômicos são importantes na tomada de decisão. Dentre estes fatores, podemos citar: recursos financeiros (para acompanhar o incremento da produção e garantir a colheita da madeira a custos compatíveis é necessário o aporte adequado de recursos financeiros), custos operacionais das máquinas (importante para tomada de decisão para a seleção das máquinas de colheita), manutenção mecânica, grau de mecanização e regime de manejo (MACHADO, 2002). Ainda o mesmo autor enfatiza que se não houver uma manutenção adequada o custo da colheita mecanizada pode aumentar significativamente. Como a eficiência operacional é o produto da disponibilidade mecânica pelo grau de utilização da máquina, o seu controle torna-se mais necessário quanto maior for o investimento em aquisição de máquinas. Portanto, é importante a realização de programas de manutenção preventiva ou preditiva, reduzindo as falhas mecânicas e aumentando a disponibilidade mecânica. O grau de utilização é ligado em grande parte ao operador e as condições de operação. Como por exemplo, o tempo de alimentação, descanso e higiene pessoal, que ocupam em média 10 a 15 % do tempo total disponível da máquina para o trabalho. Já a eficiência operacional é influenciada normalmente pelo tempo de deslocamento, por obstáculos que existem no percurso e também pelas paradas técnicas. Pode se considerar como o tempo em que a máquina está em condições de produzir, porém não está em operação. O tempo perdido pode ser influenciado pelo tempo de experiência, o dia da semana e o estado de ansiedade do operador.

Os custos estão diretamente relacionados a aspectos operacionais, administrativos e econômico-financeiros, os quais influenciam o custo por

tonelada de madeira, que é de fundamental importância na decisão da escolha dos equipamentos. O custo fixo é de fácil cálculo, 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. Já o custo variável torna-se mais sensível, devido à necessidade de se ter um controle efetivo de tudo o que é gasto com o equipamento, envolvendo consumo de combustível, pneus, lubrificantes e peças de reposição, o custo da manutenção, salário, encargos e benefícios do operador, e ainda quando necessário seguro e vigilância da máquina (MACHADO, 2002).

Os aspectos técnicos, econômicos, ambientais, biológicos e humanos devem ser considerados no planejamento da colheita florestal, pois são fatores que influenciam na colheita florestal levando ao aumento de produtividade, redução de custo e satisfação dos operadores (SANT'ANNA, 2000).

2.10. Estudos de tempos e movimentos

Um bom planejamento é fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento. A implantação, a condução e a colheita de povoamentos florestais, entre outras atividades, devem ser bem dimensionadas, para otimizar cada vez mais os recursos existentes e atender aos objetivos propostos (SOARES, 1999).

O estudo de tempos e movimentos é uma das técnicas mais utilizadas para planejar e otimizar as atividades de colheita reduzindo os tempos gastos desnecessários (ANDRADE, 1998).

O estudo de tempo é um processo de amostragem, onde quanto maior o número de observações obtidas, um tanto mais representativos seriam os resultados. Para o método de estudo contínuo, deve ser feito um estudo piloto em que são cronometradas cinco leituras para ciclos com mais de dois minutos de duração, com essas observações preliminares determina-se a amplitude, a média e joga em uma tabela aonde se chega a um número de leituras necessárias para o estudo e que neste trabalho o resultado obtido foi o de três repetições (BARNES, 1977).

Trata-se, também, de um instrumento indispensável na comparação de diferentes métodos ou equipamentos e permite que equações sejam ajustadas

para estimar o rendimento das máquinas nas condições de trabalho. O cronômetro é o instrumento de medição mais usado no estudo de tempo, e os dois tipos de cronômetros mais comuns são: de minuto decimal e o de hora decimal (FILHO, 2001).

O estudo de tempos e movimento em operações florestais é o método mais importante de pesquisa utilizado, pois através dele registra-se o tempo consumido para cada elemento do ciclo de trabalho, ou do ciclo total de operação, para tirar a produtividade (LOFFLER, 1982).

Apesar de toda tecnologia à disposição da colheita florestal, ainda encontramos empresas florestais, no Brasil, utilizando sistemas manuais e rudimentares na colheita florestal como uso de machado, tração animal, transporte em caminhões pequenos e inadequados, a produtividade era pequena, pois se gastava tempo para cortar as árvores e com isso agrediam mais o meio ambiente e atualmente em menos de 20 segundos uma árvore vai ao chão, graças ao desenvolvimento do setor industrial brasileiro que tem desenvolvido esses diversos tipos de equipamentos e com isso vem transformando este quadro promovendo melhorias e mudando a consciência das pessoas para diminuir os impactos causados ao meio ambiente. Todo sistema requer uma avaliação de rendimento para uma eficiente análise das viabilidades técnicas e econômicas, seja ele mecanizado ou não. Os sistemas inteiramente manuais estão sendo gradativamente substituído por sistemas com maior rendimento e menor custo operacional. A mecanização começa a tornar-se necessária na exploração realizada tanto em áreas planas como montanhosas (MACHADO, 1984 e SALLES, 1981).

A racionalização e a otimização da atividade florestal pelo planejamento, organização e controle são fundamentais para a redução dos custos e da melhoria da qualidade do produto florestal. No princípio, pensava-se que o maior benefício da introdução da mecanização nas operações florestais fosse a redução do custo operacional, mas com a escassez de mão-de-obra e os aumentos dos custos sociais, a mecanização das operações tornou-se peça importante na busca do aumento da produtividade e do controle mais efetivo dos custos e das facilidades administrativas (VALVERDE, 1995).

Para se executar a racionalização do trabalho, nem sempre a mecanização das atividades da colheita florestal é a melhor prática, é apenas

uma de suas formas. São necessárias as combinações de vários fatores, dentre estes, os técnicos, econômicos e biológicos para se fazer uma colheita florestal mais racional e otimizada (MALINOVSKI, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Descrição da área

O experimento foi conduzido em florestas comerciais de Eucalipto, em duas grandes áreas florestais na região do Vale do Rio Doce nas cidades de Peçanha e Divinolândia de Minas, pertencentes a regional de Guanhões em áreas da CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S. A. Essa regional tem uma Latitude de 18° 46' 48" (S) e Longitude de 42° 56' 38" (W), com um relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado, apresentando solos profundos, argilosos e férteis e como características de clima apresenta uma precipitação anual em torno de 1184 (mm), umidade relativa de 62% e uma temperatura em média de 27°C. Os talhões avaliados e suas respectivas características estão descritas no quadro 1.

Quadro 1 – Local e características da coleta de dados

Talhão	Projeto	Altitude(m)	Cidade	Área(ha)	Volume m ³ com casca	Produtividade (m ³ /ha)	Nº arvores / m ³	Volume / (m ³)
2	Caraúna	735 - 919	Peçanha	21,80	7226 m ³ cc	331,47	3,6	4,0
2	Pantanal	770 - 950	Peçanha	16,50	7149 m ³ cc	433,27	3,6	6,0
108	Sapucaia	840 - 982	Peçanha	31,10	15531 m ³ cc	499,39	2,5	6,0
109	Sapucaia	840 - 982	Peçanha	50,60	22884 m ³ cc	452,25	3,1	6,0
112	Sapucaia	840 - 982	Peçanha	28,60	13289 m ³ cc	464,65	2,9	6,0
29	Córrego das Pedras	764 - 941	Divinolândia de Minas	25,60	7192 m ³ cc	280,94	4,5	3,5
31	Córrego das Pedras	764 - 941	Divinolândia de Minas	40,20	11431 m ³ cc	284,35	4,1	4,0

Os dados foram coletados no período compreendido entre os meses de agosto e outubro de 2003. A seguir são apresentados os mapas, que ilustram os locais de coletas dos dados.

A figura 1 ilustra o projeto Caraúna onde foram coletados dados no talhão 2, com área de 21,8 ha e com um volume total de madeira igual a 7.226 m³cc. A idade do talhão 2 desse projeto é de 8 anos.

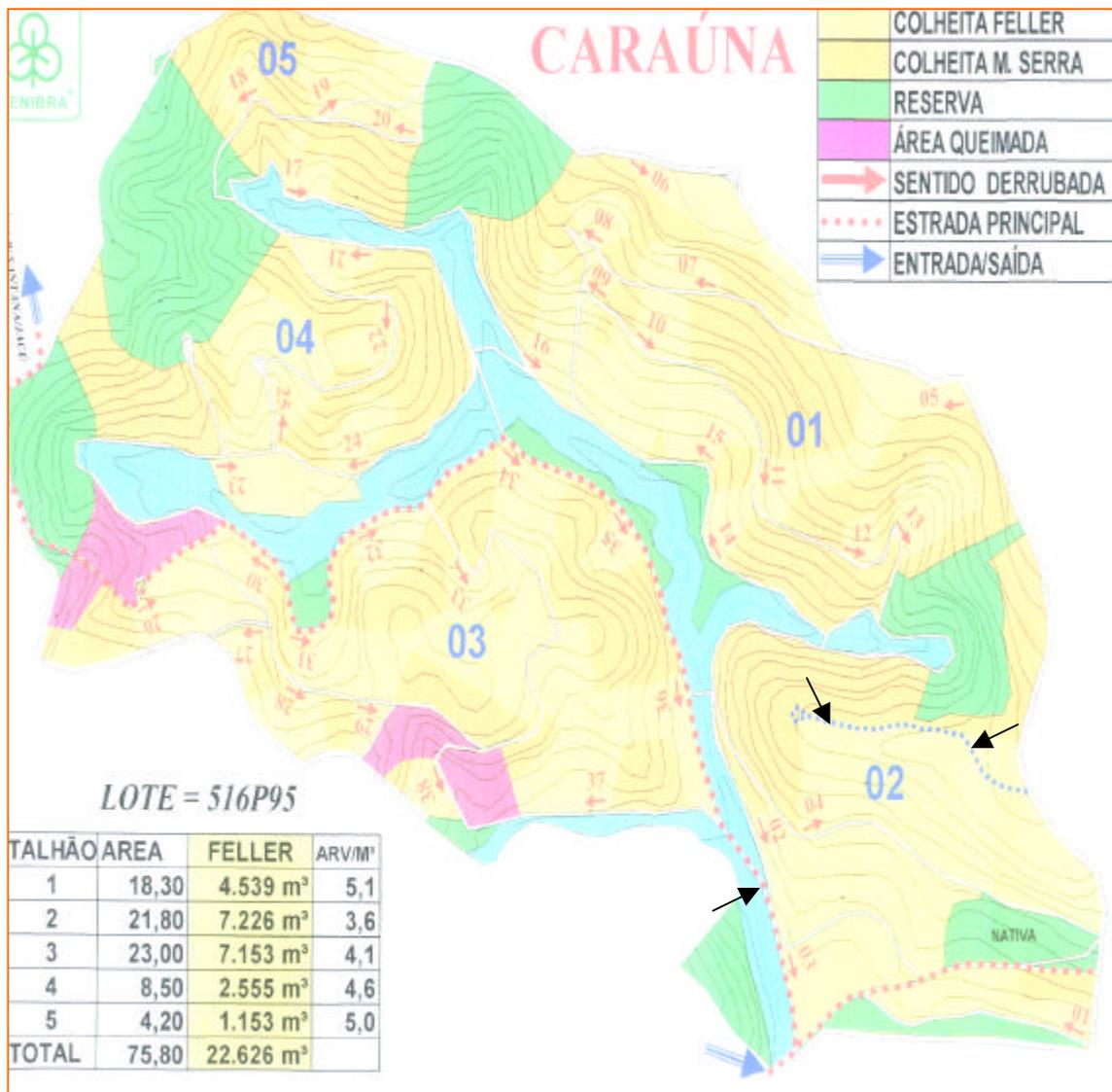


Figura 1 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Caraúna
Fonte: (Cenibra, 2003).

A figura 2 ilustra o projeto Pantanal, onde foram coletados dados no talhão 2 com área de 16,5 ha e volume total de madeira igual a 7149 m³cc. A idade do talhão 2 desse projeto é de 13 anos.

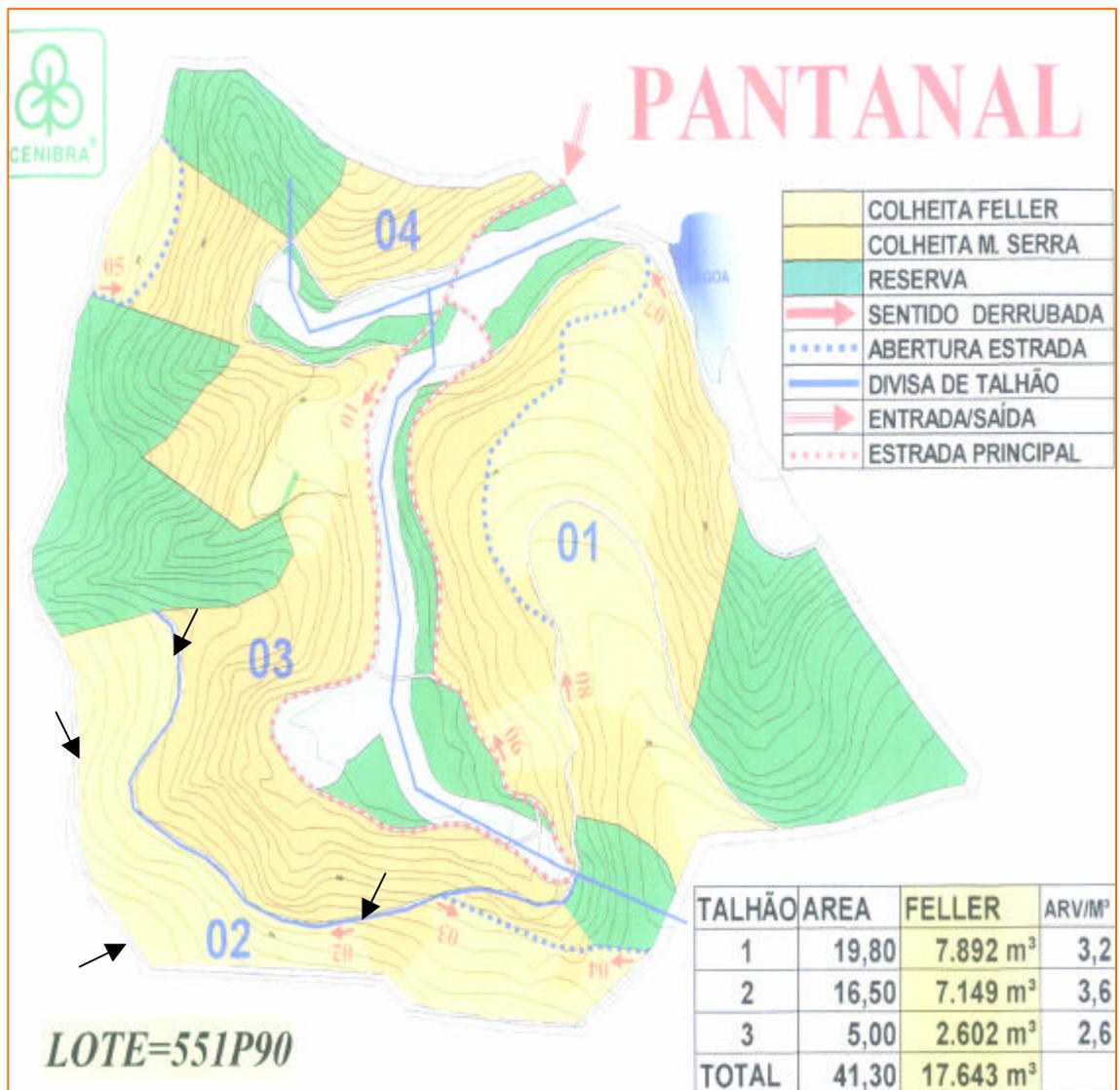


Figura 2 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Pantanal
 Fonte: (Cenibra, 2003).

A figura 3 ilustra o projeto Sapucaia onde foram coletados dados nos talhões 108, 109 e 112, respectivamente, com 31,10 ha de área e volume total de madeira igual a 15.531 m³cc; 50,6 ha e 22.884 m³cc; e 28,6 ha e 13.289 m³cc. A idade dos talhões 108, 109 e 112 desse projeto é de 11 anos.

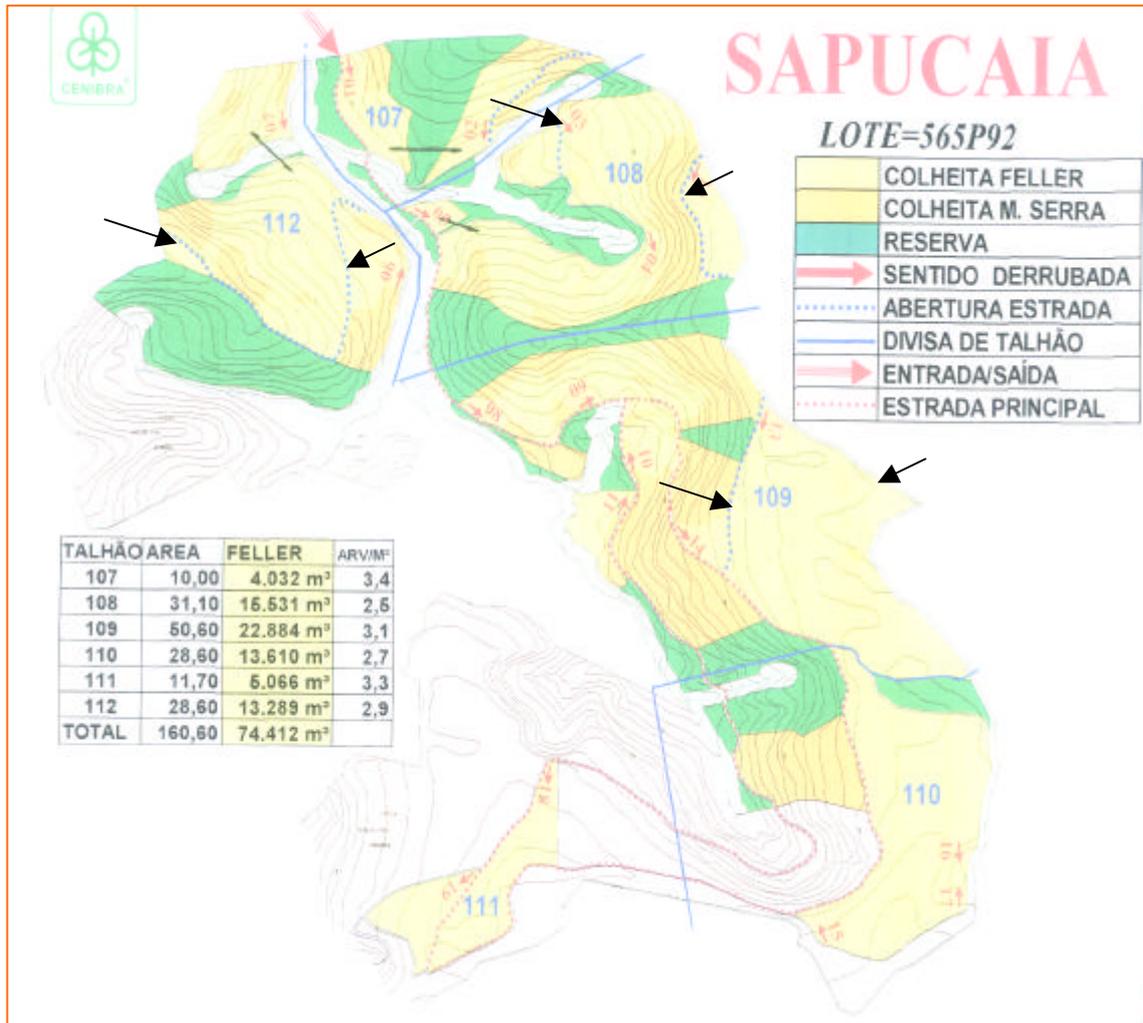


Figura 3 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Sapucaia
 Fonte: (Cenibra, 2003).

A figura 4 ilustra o projeto Córrego das Pedras onde foram coletados dados nos talhões 29 e 31, respectivamente, com uma área de 25,6 ha e volume total de madeira igual a 7.192 m³cc; e 40,20 ha e 11,431 m³cc. A idade dos talhões 29 e 31 desse projeto é de 6 anos.

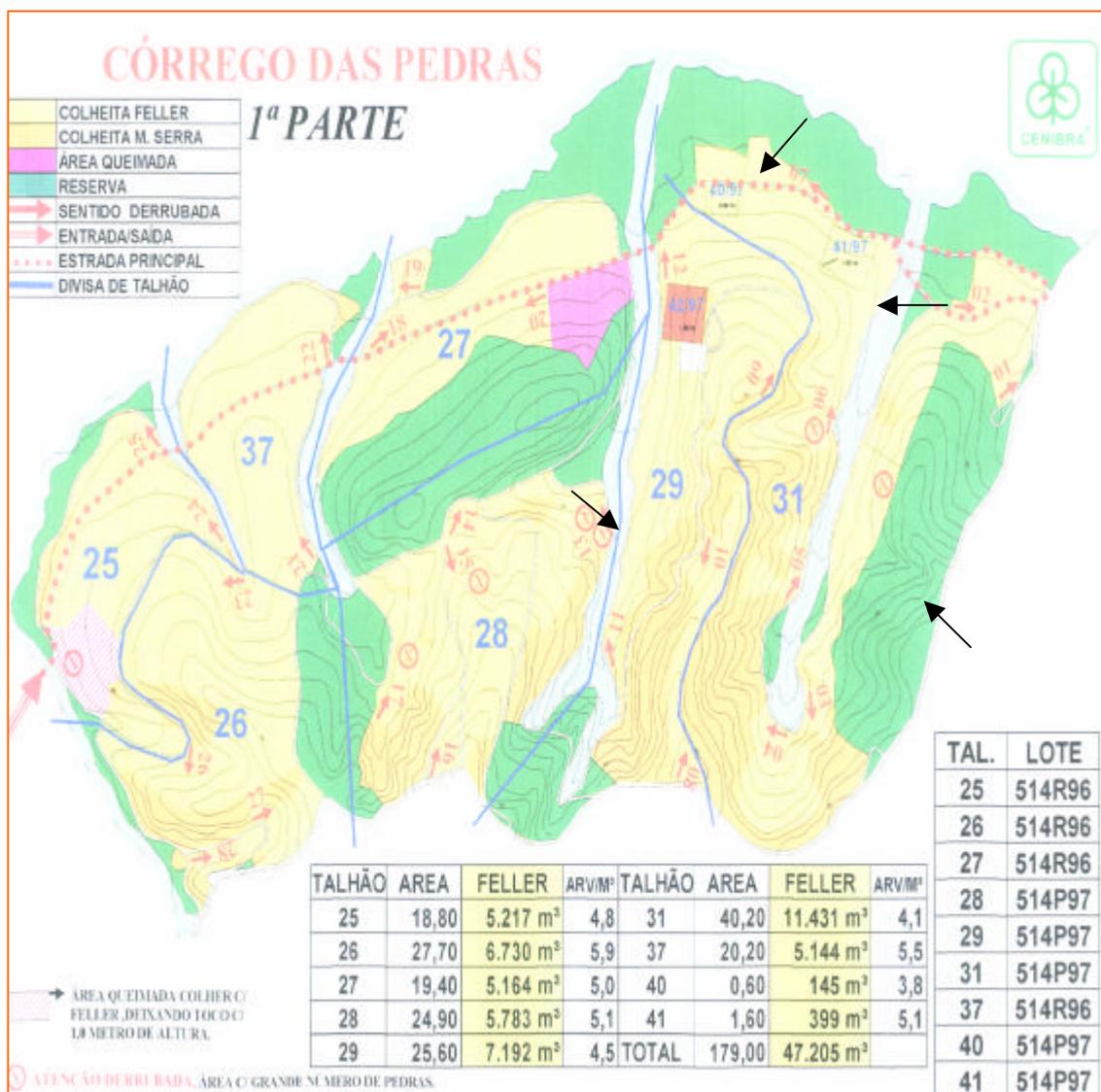


Figura 4 – Mapa do planejamento de colheita do projeto Córrego das Pedras
Fonte: (Cenibra, 2003).

Foi avaliado o desempenho operacional do equipamento em diferentes classes em função de dois tipos de produtividade da floresta, cinco distâncias de extração e três declividade do terreno. A matriz de amostragem foi composta de:

- a) Classes de produtividade da floresta
 - a.1) Floresta I: $< 350 \text{ m}^3/\text{ha}$
 - a.2) Floresta II: $> 350 \text{ m}^3/\text{ha}$
- b) Classes de distância de extração
 - b.1) Distância I: 0 a 50 m
 - b.2) Distância II: 51 a 100 m
 - b.3) Distância III: 101 a 150 m
 - b.4) Distância IV: 151 a 200 m
 - b.5) Distância V: 201 a 250 m
- c) Classes de declividade média da área
 - c.1) Suave: 0° a 9°
 - c.2) Ondulada: 10° a 18°
 - c.3) Acidentada: 19° a 27°

O procedimento operacional foi o corte mecanizado com feller-buncher, extração com clambunk skidder e processamento com garra traçadora.

3.2. Instrumental de medição

Com auxílio de um clinômetro de marca Timbco Hydraulic LLC P/N 24198 para determinar a topografia do terreno e um computador de bordo de marca Maxi Forwarder existentes na máquina onde se registrava distância, temperatura do óleo do motor, contagem, velocidade, entre outras coisas aliados a um cronômetro que era disparado a cada início de um ciclo operacional, ou seja, no momento em que a máquina saía da margem da estrada em direção as árvores, (Figura 5) e com dois formulários (apêndice) para anotar as tomadas de tempo foi possível medir os três níveis de declividades e os cinco níveis de distância. O estudo de tempos e movimentos foi realizado pelo método contínuo, onde se mediu o tempo total do ciclo do clambunk skidder, anotando as distâncias e declividades, em que são arrastados os feixes até a margem da estrada. Foi realizado um estudo piloto

como citado na revisão de literatura onde foram feitas cinco tomadas de tempo do ciclo operacional e apresentados os dados no quadro abaixo visando estabelecer quantas repetições eram necessárias e, com isso, foram realizadas três repetições para cada distância, declividade e floresta, totalizando 90 ciclos operacionais.

Quadro 2 – Estudo de tempo piloto

Tomadas de tempo	Tempo em segundos
1	260 segundos
2	275 segundos
3	284 segundos
4	262 segundos
5	273 segundos

Com esses resultados calcula-se a amplitude, subtraindo o menor valor do maior valor encontrado.

$$A = 284 - 260 = 24 \text{ segundos.}$$

Depois se calcula a média geométrica das observações (X), somando as cinco tomadas de tempo e dividindo por cinco.

$$X = \frac{260+275+284+262+273}{5} = \frac{1354}{5} = 270,8 \text{ segundos.}$$

Com o resultado da relação A/X consultando um quadro segundo (Barnes, 1977), determina-se o número de leituras necessárias para o método de estudo tempo contínuo.

$A/X = 24/270,8 = 0,08$. Segundo (Barnes, 1977) para um estudo de tempo contínuo com cinco observações, onde o ciclo de operação é de mais de dois minutos, com esse valor de 0,08 da relação de A/X, determina-se que devem ser feitas 3 repetições.



Figura 5 – Instrumentos de medição

3.3. Análise estatística

A matriz de amostragem contemplou, duas classes de produtividade da floresta, cinco distâncias de extração e três declividades do terreno com três repetições.

Foram ajustados modelos de regressão, para verificar a associação entre a variável produtividade da máquina e as variáveis distância, declividade e produtividade da floresta. Foram consideradas como melhores equações aquelas funções com maior coeficiente de determinação (R^2) e melhor distribuição dos resíduos.

3.4. Avaliação econômica

Na determinação do custo de produção considerou-se apenas o tempo total de trabalho, ou seja, não analisando as etapas do ciclo operacional da máquina. Quanto ao cálculo dos custos operacionais foi utilizado uma planilha fornecida pela empresa que considera os custos fixos e variáveis, descritos abaixo contendo dados sobre a disponibilidade mecânica e eficiência operacional.

3.4.1. Custos fixos (CF)

São aqueles que não variam com as horas de operação. Não sendo afetados pela intensidade de utilização da máquina. Os custos fixos são compostos de custo de depreciação e juros.

a) Depreciação (Dp): Está associado com desgaste natural através do tempo de uso da máquina, sendo assim um modo de se recuperar o investimento original de uma máquina. A inclusão do seu valor no custo operacional representa a constituição de um capital de reserva para aquisição de uma nova máquina. Para cálculo da depreciação foi utilizado o método da depreciação linear:

$$Dp: \frac{Va - Vr}{N * he}$$

em que:

Dp = depreciação linear da máquina (US\$/he);

Va = valor de aquisição da máquina (US\$);

Vr = valor residual da máquina (%);

N = vida útil estimada (anos); e

he = horas efetivas de uso anual.

b) Juros (J=US\$/he): Foram calculados pela aplicação de uma taxa de juros ao investimento, correspondente ao capital proporcionado por agência financeira:

$$J = \frac{(Ca \times i)}{Vu}$$

em que:

Ca = custo de aquisição da máquina (US\$);

i = taxa anual de juros (%); e

Vu = vida útil da máquina (horas).

3.4.2. Custos variáveis (CV)

São os custos que variam, proporcionalmente, com a quantidade produzida ou com o uso da máquina. Fazem parte deles os custos de combustíveis, lubrificantes, pneus/esteira, remuneração de pessoal e manutenção/repares ou peças.

a) Custo de combustível (CC): é o custo referente ao consumo de óleo diesel sendo calculado pela fórmula:

$$CC = Pu \times c$$

em que:

CC = custo de combustível (óleo diesel) (US\$/he);

Pu = preço de um litro de óleo diesel (US\$/L); e

C = consumo de óleo diesel por hora efetiva (l/he).

b) Custo de lubrificantes e graxas (CLG): é o custo referente ao consumo de óleos lubrificantes e graxas. Este custo foi considerado como um percentual dos custos com combustíveis, podendo ser calculado pela seguinte fórmula:

$$CLG = ILG \times CC$$

em que:

CLG = custo com lubrificantes e graxas (US\$/he);

ILG = índice de custos com lubrificantes e graxas; e

CC = custos com combustíveis (US\$/he).

c) Custo de pneus/esteiras (CPE): é o custo referente aos gastos com pneus ou esteiras. Este custo pode ser afetado pelas condições do terreno, ambiente, manutenção dos pneus e habilidade do operador, sendo calculado pela fórmula:

$$CPE = \frac{Npe \times Vpe}{H}$$

em que:

CPE = custo de pneus/esteiras (US\$/he);

Vpe = valor de um pneu/esteira da máquina (US\$/unidade);

Npe = número de pneus/esteiras por máquina; e

H = vida útil do pneu/esteira, em horas efetivas.

d) Custo de pessoal operacional (COM): refere-se aos custos com salários diretos mais os custos de benefícios e encargos sociais, como 13^o salário, férias, seguros, cuidados médicos, alimentação, vestuário, etc., os quais foram obtidos na empresa onde se realizou o trabalho, em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas por mês.

e) Custo com manutenção e reparos (CMR): é o custo relacionado com a manutenção, peças e os reparos mecânicos a que as máquinas estão sujeitas durante a sua vida útil. Envolve os custos com terceiros, comboio e oficina.

3.4.3. Custos de administração(CAD)

São os custos relacionados com os trabalhos de escritório e supervisão das atividades de campo, os quais também foram obtidos na empresa onde se realizou o trabalho, neste caso considerando como 10% dos custos totais em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas por mês.

3.4.4. Custo operacional total (CT)

Este custo foi obtido pela soma dos custos fixos, variáveis e os custos de administração de cada uma das máquinas analisadas neste trabalho, ou seja:

$$CT = CF + CV + CA$$

em que:

CT = custo operacional total de cada máquina (US\$/he);

CF = custos fixos (US\$/he);

CV = custos variáveis (US\$/he); e

CA = custo de administração (US\$/he).

3.5. Produtividade da máquina

A produtividade do clambunk skidder foi estimada segundo as variáveis da matriz de amostragem, e considerando o volume médio do feixe de 4,92 m³.

3.6. Custo de extração

O custo de extração foi obtido pela seguinte fórmula abaixo:

$$CE = \frac{CT}{Pr od}$$

em que

CE = custo de extração do clambunk skidder (US\$/m³);

CT = custo operacional total do clambunk skidder (US\$/h); e

Pr od = produtividade do clambunk skidder (m³/h).

3.7. Disponibilidade mecânica

A empresa realiza a manutenção preventiva nos equipamentos para garantir a disponibilidade mecânica previamente estabelecida. A disponibilidade mecânica fornecida pela empresa foi de 74%.

3.8. Eficiência operacional

A empresa forneceu o grau de eficiência operacional igual à 83%.

3.9. Descrição do módulo mecanizado

O módulo mecanizado estudado é constituído por um feller-buncher, um clambunk skidder e uma garra traçadora.

O feller-buncher de esteiras com um cabeçote frontal realiza o corte acumulando várias árvores, e as depositando em um local dentro da área á 45° de inclinação, formando feixes de árvores inteiras. O feller-buncher utilizado é da marca Timberjack, modelo 608 (Figura 6).

O desgalhamento é realizado manualmente com uso de machado.



Figura 6 – Feller-buncher

Fonte: (Machado, 2002).

O Clambunk skidder utilizado é da marca Valmet, modelo 890.1, tração 8X8, de pneus com revestimento de esteiras (Figura 7, 8 e 9). Possui uma garra da marca Cranab G36, com uma área em torno de 2,30 m², massa de 260 kg, com uma capacidade máxima de 5500 kg e abertura máxima de 1443 mm. O equipamento desenvolve uma velocidade máxima, em caixa baixa de 8,5 km/h e, em caixa alta, de 24 km/h. Possui um tanque com capacidade de 206 litros de óleo diesel e um tanque hidráulico com capacidade de 145 litros. A capacidade de carga do equipamento é de 18 toneladas.

O motor é Valmet 634 DWBIE, 6 cilindros turbo 210 hp (154 kW), torque de 885 mN a 1200 rpm, e um consumo de combustível de 16,5 L/h.

O clambunk skidder realiza o ciclo operacional da seguinte forma:

Viagem vazio: Começa quando o clambunk skidder sai da margem da estrada vazio, iniciando a etapa da viagem sem carga em direção aos feixes de árvores no interior do talhão.

Carregamento: Inicia-se com a abertura da grua carregando as árvores e as depositando dentro da garra terminando quando a garra está carregada.

Arraste: É quando a máquina começa a se deslocar com parte da carga suspensa em direção à margem da estrada.

Descarregamento: Ao se aproximar da margem da estrada o operador com a grua descarrega os feixes, depositando-os de forma que não comprometa a etapa posterior da colheita florestal.

Essa máquina possui uma grande vantagem que é o fato de vir até a margem da estrada, até o talude, descarregar as árvores e voltar de ré, como está ilustrado na figura 8 o momento em que a máquina acaba de depositar os feixes de árvores na margem da estrada e se prepara para iniciar mais um ciclo de operação iniciando por mais uma viagem vazia.



Figura 7 – Clambunk skidder parado

Fonte: (Cenibra, 2003).

A figura 8 ilustra o clambunk skidder realizando o arraste até a margem da estrada, com a garra cheia com os feixes de árvores para fazer o descarregamento.



Figura 8 – Clambunk skidder realizando o arraste

Fonte: (Cenibra, 2003).

A figura 9 ilustra o clambunk skidder parado realizando o descarregamento dos feixes perto da margem da estrada.



Figura 9 – Clambunk skidder descarregando

Fonte: (Cenibra, 2003).

A garra traçadora pega os feixes de toras próximos das margens da estrada, realiza o traçamento e forma pilhas de toras com 2,70m de comprimento para posterior carregamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estimativa do custo operacional do clambunk skidder

Na estimativa do custo operacional utilizou-se a taxa de câmbio de 1 dólar = R\$ 2,9540 e 1 euro = R\$ 3,5619 (30/08/2004).

Quadro 3 – Valores dos custos operacionais em dólar

Custos operacionais	dólar	Custo unitário em dólar
Depreciação	70.922,39	17,62
Juros	52.871,42	13,14
Custos Fixos	123.793,81	30,76
Salário	29.974,72	7,45
Combustível	38.144,44	9,48
Lubrificante	20.598,00	5,12
Comboio	2.937,12	0,73
Peças	83.476,25	20,74
Terceiros	20.869,06	5,19
Pneu/esteira	12.863,91	3,19
Custos Variáveis	208.863,50	51,90
Custos Fixos + Custos Variáveis	332.657,31	82,66
Taxa de Administração	33.265,73	8,27
Custo Total	365.923,04	90,9309411

Utilizando-se uma taxa anual de juros de 12%, um valor residual da máquina de 20%, com o número de horas efetiva ano de 4024,24, disponibilidade mecânica de 74%, eficiência operacional de 83% e uma taxa de administração de 10% dos custos totais, calculou-se o custo por hora efetiva de trabalho sendo igual a US\$ 90,93/he.

A distribuição dos elementos do custo operacional é ilustrada na figura 10. Nota-se que os custos variáveis diretos (combustível, lubrificantes, peças e pneus/esteira) totalizaram 47%, ou seja, quase a metade dos custos operacionais, seguidos dos custos fixos (Depreciação e Juros) que corresponderam a 37% dos custos operacionais e por último os custos variáveis indiretos (comboio, salários e terceiros) com 16%.

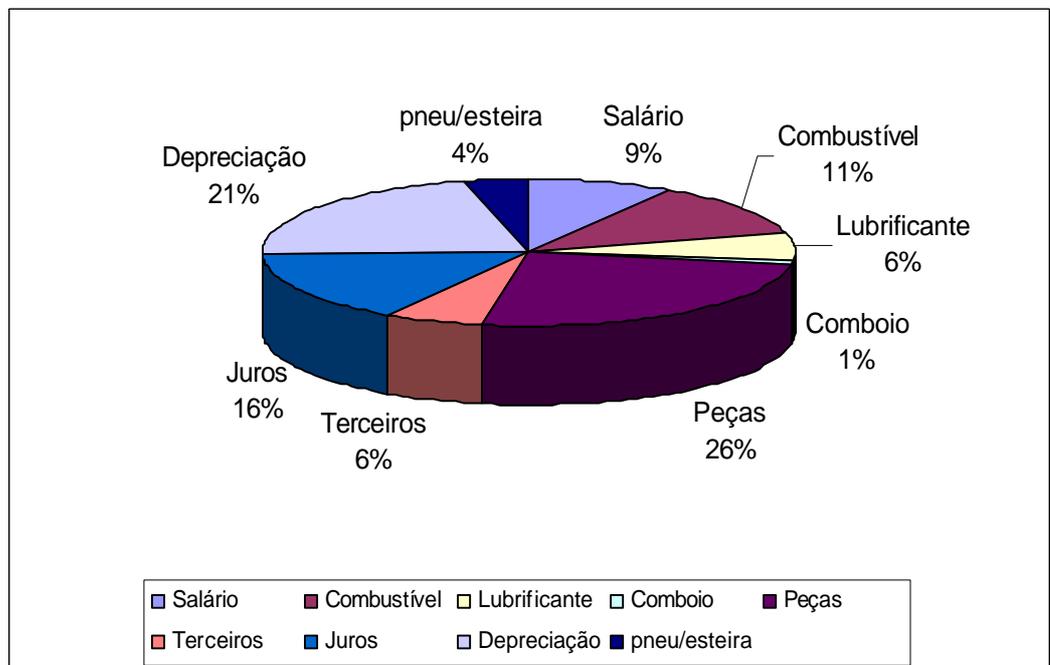


Figura 10 – Distribuição dos elementos do custo operacional.

4.2. Estimativa da produtividade do clambunk skidder

As equações geradas em função da distância de extração estão representadas no quadro 4 com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Quadro 4 – Estimativa de tempo em função da distância de extração

Floresta/Declividade	Classe de floresta	Classe de declividade	Equação	R ²
F1/D1	< 350 m ³ /ha	< 9°	$Y = -148,81 + 111,84\text{Ln}(\text{DE})$	0,901
F1/D2	< 350 m ³ /ha	10° a 18°	$Y = 3,4233(\text{DE})^{0,9591}$	0,985
F1/D3	< 350 m ³ /ha	19° a 27°	$Y = 141,5 + 2,154(\text{DE})$	0,967
F2/D1	> 350 m ³ /ha	< 9°	$Y = - 1118,7 + 346,09\text{Ln}(\text{DE})$	0,955
F2/D2	> 350 m ³ /ha	10° a 18°	$Y = 408,77e^{0,0034(\text{DE})}$	0,993
F2/D3	> 350 m ³ /ha	19° a 27°	$Y = -962,57 + 346,43\text{Ln}(\text{DE})$	0,969

F1/D1 = Floresta 1 e Declividade 1

F1/D2 = Floresta 1 e Declividade 2

F1/D3 = Floresta 1 e Declividade 3

F2/D1 = Floresta 2 e Declividade 1

F2/D2 = Floresta 2 e Declividade 2

F2/D3 = Floresta 2 e Declividade 3

Y = Tempo (s).

DE = Distância de extração (m).

Utilizando-se as equações do quadro 2, para cada classe de floresta e declividades e um volume médio dos feixes igual a 4,92 m³, obtêm-se a produtividade do equipamento (Figura 11).

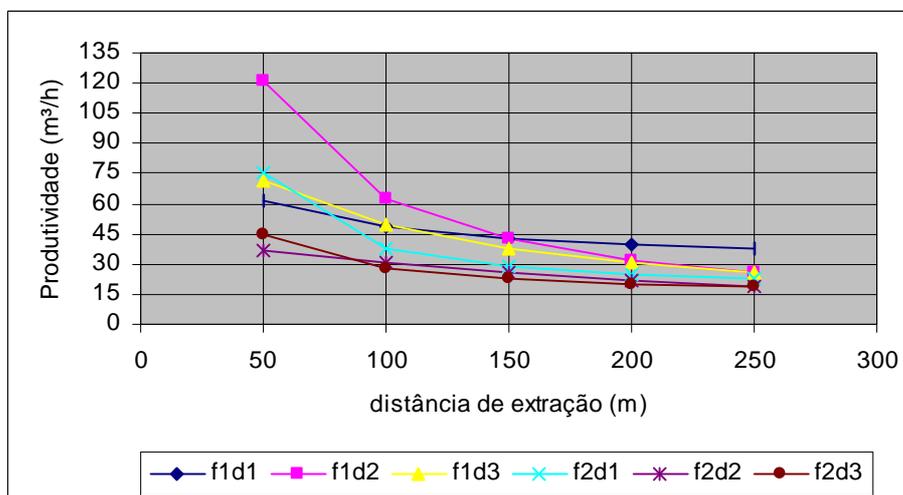


Figura 11 – Produtividade em função da distância de extração para diferentes classes de floresta e declividade.

Analisando-se a Figura 11 pode-se observar que para classe de distância de extração até 150 metros, a produtividade do Clambunk skidder foi a mais elevada para a classe de floresta 1 (< 350 m³/ha) e declividade

ondulada (10° a 18°). Entre as distâncias de 150 a 250 metros, o melhor desempenho, em termos de produtividade, foi floresta 1 ($< 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade suave ($< 9^{\circ}$). Para classe de distância de extração até 50 metros, observa-se que as produtividades mais baixas ocorreram na floresta 2 ($> 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade ondulada (10° a 18°). O mesmo ocorreu para distâncias superiores à 50 metros, na floresta 2 ($> 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade acidentada (19° a 27°).

A figura 12 ilustra a variação do custo de extração em função das classes de distância de extração.

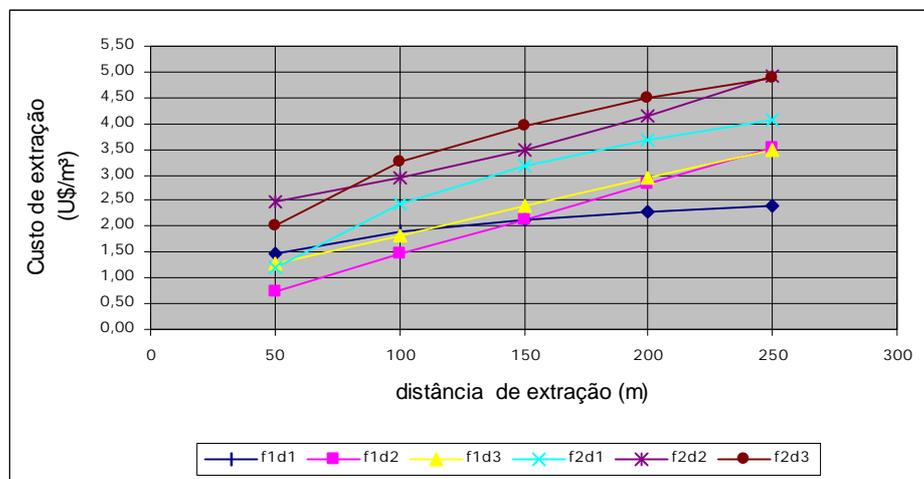


Figura 12 – Custos de extração em função da distância para diferentes classes de floresta e declividade.

Analisando-se a Figura 12 nota-se que para classe de distância de extração até 150 metros, o custo de extração com clambunk skidder foi mais baixo para a classe de floresta 1 ($< 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade ondulada (10° a 18°). Entre as classes de distâncias de extração de 150 a 250 metros, o melhor resultado foi o da floresta 1 ($< 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade suave ($< 9^{\circ}$). Observou-se, também, que os custos mais elevados ocorreram na floresta 2 ($> 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade ondulada (de 10° a 18°) na classe de distância de 50 metros; e nas classes superiores à 50 metros, na floresta 2 ($> 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade acidentada (19° a 27°). Pode-se, explicar a razão pela qual a produtividade e o custo de extração foi, via de regra, prejudicado pelo volume de madeira por hectare devido ao fato de estar associado ao volume de

resíduo florestal foi sempre maior do que na outra classe de produtividade da floresta (< 350 m³/ha) traduzindo em maiores dificuldades operacionais para o equipamento, acarretando um aumento sistemático no tempo do ciclo operacional, e conseqüentemente, menor produtividade e um maior custo de extração.

4.3. Determinação do custo de extração

A Figura 13 mostra uma curva do tipo exponencial relacionando o custo de extração em função da produtividade do clambunk skidder. O custo variou de US\$ 4,91/m³ na faixa de maior distância de extração e declividade do terreno a US\$ 0,75/m³ na faixa de melhores condições de operação.

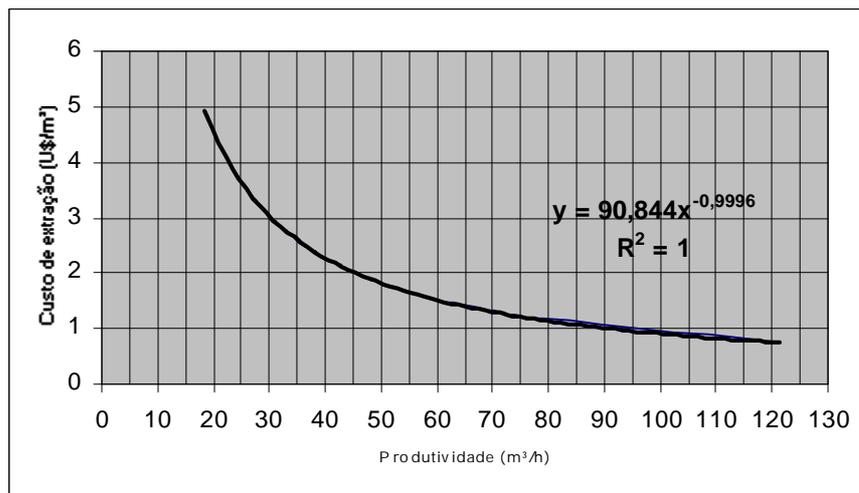


Figura 13 – Custos de extração versus produtividade.

4.4. Avaliação das características operacionais e fatores que afetam a extração

A declividade e a distância de extração são fatores que afetam significativamente o trabalho desta máquina, como visto nas figuras 12,13 e 14. Quanto mais acidentado o relevo e mais distantes estavam os feixes para o arraste, menor foi a produtividade, elevando os custos de extração nesses locais.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A busca da produção intensiva com máquinas de custo elevado de aquisição aumentou a preocupação das empresas com os aspectos de disponibilidade mecânica e eficiência operacional, levando-as a adotar sistemas mais eficientes de manutenção mecânica e treinamento de operadores. Neste aspecto, atenção especial deve ser dada ao operador, elemento chave para a otimização e economicidade das operações de colheita de madeira, ao atingir a máxima utilização dos equipamentos, com um mínimo de interrupções causadas por falhas mecânicas ou de planejamento de trabalho.

As principais conclusões deste estudo são:

- a) Em curtas distâncias de extração, em declividades onduladas (10° a 18°) e na classe de floresta 1 ($< 350 \text{ m}^3/\text{ha}$), o equipamento produz até 230% a mais do que na classe de floresta 2 ($> 350 \text{ m}^3/\text{ha}$);
- b) Na classe de maior distância de extração (201-250 metros) e mesma classe de floresta, a produtividade do clambunk skidder é maior nas declividades suaves ($< 9^{\circ}$);
- c) O custo de extração mais baixo na classe de distância de extração (0-50 metros), ocorreu para floresta de classe 1 ($< 350 \text{ m}^3/\text{ha}$) e declividade ondulada (10° a 18°). Na classe de distância maior (201-

250 metros), os custos menores ocorreram nas florestas de classe 1 (< 350 m³/ha) e declividades suaves (< 9°);

- d) A variável que mais afeta o desempenho da máquina é a distância de extração.

6. RECOMENDAÇÕES

Na escolha e utilização de máquinas na extração de madeira devem ser considerados não somente aspectos técnicos e econômicos, mas também o grau de impacto sobre o meio ambiente, notadamente o solo, em termos de compactação, poluição por óleos combustíveis e lubrificantes e assoreamento de cursos d'água. A adoção de equipamentos de geo-referenciamento pode auxiliar o deslocamento das máquinas, principalmente na realização de desbastes, e evitar a ultrapassagem dos limites das áreas de colheita, atingindo faixas de proteção ou preservação permanente, entre outras vantagens.

Visualmente o equipamento causou baixo impacto ambiental, em relação a outros utilizados em áreas acidentadas, com isso recomenda-se outras avaliações quer seja com a máquina isoladamente ou comparando-a com outras.

Deve-se evitar grandes distâncias de extração, uma vez que esta variável afetou muito o desempenho do equipamento.

Deve-se melhorar os estoques de peças de reposição para a máquina, bem como a logística de localização destes estoques, a fim de aumentar a disponibilidade mecânica.

Procurar aumentar a frota de caminhões-oficina, bem como a otimização da localização destes caminhões, visando otimizar os atendimentos mecânicos

à máquina, diminuindo assim as perdas de tempo aguardando mecânicos e peças.

No momento da elaboração do microplanejamento de colheita, buscar minimizar as distâncias entre as frentes de corte, reduzindo assim o deslocamento da máquina.

Deve-se também começar a antever a adequação dos sistemas de colheita a uma possível redução no tamanho das áreas de corte raso ou uma maior adoção de práticas de desbastes em povoamentos de eucalipto. Por fim, empresas que operam em terrenos mais acidentados podem vir a ter que considerar, em um futuro não muito distante, a adoção de sistemas de cabos aéreos para a extração de madeira em áreas de equilíbrio ambiental mais susceptível ao tráfego intenso de equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. **Desempenho do setor em 2003.** Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br>. Acesso em: 10 ago. 2004.

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho.** Tradução de 6 ed. Americana-SP, Edgard Blucher, 1977. 635p.

BIRRO, M. H. B. **Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Track-Skidder” em região montanhosa.** Viçosa-MG: UFV, 2002. 29p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “Harvesters” na colheita de madeira.** Piracicaba-SP: ESALQ, 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.

CENIBRA. Celulose Nipo-Brasileira, 2003.

FILHO, E.H.R. Rendimento de colheita semimecanizada e extração de madeira em 1º desbaste de *Eucalyptus grandis* EX Maiden na Klabin Riocell em Guaíba /RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5, 2001, Porto Seguro-BA. **Anais...** Porto Seguro-BA: SIF/UFV, 2001. p. 193-206.

LEITE, A. M. P. **Análise de fatores que afetam o desempenho de veículos e o custo de transporte de madeira no distrito florestal do Vale do Rio Doce – MG.** Viçosa-MG: UFV, 1992. 105p. : il. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.

LOFFLER, H. **Developments and trends in Forest harvesting tasks for research. Modeling Communications**, Steller – bosch, 98 (Parte 1) : p. 32-47, 1982.

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

MACHADO, C.C. **Exploração florestal**, 6. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 34p.

MACHADO, C.C. **Planejamento da colheita.** In: Colheita Florestal, Viçosa, Editora UFV, 2002. 600p.

MALINOVSKI, J. R. O estágio atual da exploração florestal no Brasil. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7, 1992, Curitiba-PR. **Anais...** Curitiba-PR, FUPEF/UFPR, 1992. p.221-226.

MEDEIROS, V.X; FONTES, R.M. Competitividade das exportações brasileiras de celulose no mercado internacional. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v.32, n.2, p.105-121, 1994.

PARTEK. Disponível em: <http://www.partekforest.com>. Acesso em: 10 Dez. 2003.

SALLES, F. **O setor florestal avança para a mecanização.** *Silvicultura*, 6 (19): 20-30, 1981.

SANT'ANNA, C.M. **Fatores humanos relacionados com a produtividade do operador de motosserra no corte florestal.** Viçosa-MG: UFV, 1992. 145 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.

SANT'ANNA, C. de M. **Análise de fatores ergonômicos no corte de eucalipto com motosserra em região montanhosa.** Curitiba-PR: UFPR, 1998. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1998.

SANT'ANNA, G.L; MACHADO, C.C; PEREIRA, R.S.; LOPES, E.S. Influência dos parâmetros sociais na colheita florestal. *FOREST 2000*. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6, 2000, Porto Seguro – BA. **Anais...** Porto Seguro – BA, SIF/UFV, 2000. p.317-318.

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

SANTOS, S.L.M. **Sistema de apoio à decisão em colheita florestal.** Viçosa-MG: UFV, 2000. 83p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

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

SOARES, C.P.B. **Um modelo para o gerenciamento da produção de madeira em plantios comerciais de eucalipto.** Viçosa-MG: UFV, 1999, 71p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Estatísticas sobre o setor florestal brasileiro.** Disponível em: <http://www.sbs.org.br>. Acesso em: 10 mar. 2001.

VALVERDE, S.R. **Análise técnica e econômica do subsistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto.** Viçosa-MG: UFV, 1995. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

VALVERDE, S.R. **A contribuição do setor florestal para o desenvolvimento sócio-econômico: uma aplicação de modelos de equilíbrio multissetoriais.** Viçosa-MG: UFV, 2000. 105p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

APÊNDICE

FORMULÁRIOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE TEMPOS

A₁) Formulário para coleta de dados com clambunk skidder na floresta 1

Floresta 1; Declividade 1; Procedimento 1;					
Data					
Local					
Distância\Repetições	1	2	3		M
1 = 0 - 50 m					
2 = 51 - 100 m					
3 = 101 - 150 m					
4 = 151 - 200 m					
5 = 201 - 250 m					
Floresta 1 = menor que 350m ³ /ha de produção;					
Declividade 1 = Plana - menor que 9 °;					
Procedimento 1 = Clambunck extraíndo.					
Floresta 1; Declividade 2; Procedimento 1;					
Data					
Local					
Distância\Repetições	1	2	3		M
1 = 0 - 50 m					
2 = 51 - 100 m					
3 = 101 - 150 m					
4 = 151 - 200 m					
5 = 201 - 250 m					
Floresta 1 = menor que 350m ³ /ha de produção					
Declividade 2 = média de 10° a 18°;					
Procedimento 1 = Clambunck extraíndo.					
Floresta 1; Declividade 3; Procedimento 1;					
Data					
Local					
Distância\Repetições	1	2	3		M
1 = 0 - 50 m					
2 = 51 - 100 m					
3 = 101 - 150 m					
4 = 151 - 200 m					
5 = 201 - 250 m					
Floresta 1 = menor que 350m ³ /ha de produção					
Declividade 3 = acidentada 18° a 27°;					
Procedimento 1 = Clambunck extraíndo.					

A₂) Formulário para coleta de dados com clambunk skidder na floresta 2

Floresta 2; Declividade 1; Procedimento 1;					
Data					
Local					
Distância\Repetições	1	2	3		M
1 = 0 - 50 m					
2 = 51 - 100 m					
3 = 101 - 150 m					
4 = 151 - 200 m					
5 = 201 - 250 m					
Floresta 2 = maior que 350m ³ /ha de produção					
Declividade 1 = Plana - menor que 9 °;					
Procedimento 1 = Clambunck extraíndo.					
Floresta 2; Declividade 2; Procedimento 1;					
Data					
Local					
Distância\Repetições	1	2	3		M
1 = 0 - 50 m					
2 = 51 - 100 m					
3 = 101 - 150 m					
4 = 151 - 200 m					
5 = 201 - 250 m					
Floresta 2 = maior que 350m ³ /ha de produção					
Declividade 2 = média de 10° a 18°;					
Procedimento 1 = Clambunck extraíndo.					
Floresta 2; Declividade 3; Procedimento 1;					
Data					
Local					
Distância\Repetições	1	2	3		M
1 = 0 - 50 m					
2 = 51 - 100 m					
3 = 101 - 150 m					
4 = 151 - 200 m					
5 = 201 - 250 m					
Floresta 2 = maior que 350m ³ /ha de produção					
Declividade 3 = acidentada 18° a 27°;					
Procedimento 1 = Clambunck extraíndo.					