

ELIZABETH NEIRE DA SILVA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DO CORTE DE PINUS
COM HARVESTER**

Dissertação 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
2008

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

T

S586a
2008

Silva, Elizabeth Neire da, 1981-
Avaliação técnica e econômica do corte de Pinus com
harvester / Elizabeth Neire da Silva. – Viçosa, MG, 2008.
xi, 60f.: il. col. ; 29cm.

Orientador: Carlos Cardoso Machado.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 56-60.

1. Madeira - Exploração - Máquinas. 2. Pinus - Aspectos
econômicos. 3. Economia florestal. 4. Madeira - Transporte.
5. Derrubadas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adpt. CDD 22.ed. 634.966321

ELIZABETH NEIRE DA SILVA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DO CORTE DE PINUS
COM HARVESTER**

Dissertação 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: 22 de fevereiro de 2008.

Prof. Luciano José Minette
(Co-orientador)

Prof. Laércio A. G. Jacovine

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

Prof. Márcio Lopes Silva

Prof. Carlos Cardoso Machado
(Orientador)

*À meus pais e padrasto, a quem devo tudo que sou;
Ao Marcos, minha estrutura e força.*

Dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de existir;

À Universidade Federal de Viçosa – UFV e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal pela realização do curso de Mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

À CAXUANA Reflorestamento S/A, pela oportunidade de realização dessa pesquisa;

Ao professor Carlos Cardoso Machado, pela oportunidade, apoio e orientação, aos professores e conselheiros Amaury Paulo de Souza e Luciano José Minette, pelas contribuições e aos professores Márcio Lopes Silva, Haroldo Carlos Fernandes e Laércio Jacovine, pelas sugestões e colaboração;

À Ritinha, da Secretaria da Pós Graduação, Frederico e Alfredo. Ao José Mauro e Chiquinho, da Biblioteca Setorial, à Jamile, à Imaculada e Noêmia;

Ao Nilson, grande amigo, quem contribuiu para essa oportunidade;

Ao Marcos pela paciência, força, colaboração e principalmente por seu amor incondicional;

Aos meus pais Ana e João Valente pelo apoio, sempre;

À minha família: Ana, João, Tonhão, Gerson, Deivid, Lívia, Ana Carolina, Gabriela, Vô Cyro e Vó Maria, Sérgio, Geralda, Sebastião e minhas irmãs de coração: Sheila e Paula;

Aos amigos Carol, Gabi, Gláucia, Brígida, Ana Angélica, Marina e Dario pelo estímulo, sempre;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho!

BIOGRAFIA

ELIZABETH NEIRE DA SILVA, filha de João Valente e Ana Neire, nasceu em São Paulo-SP, em 29 de março de 1981.

Concluiu o ensino médio na Escola Estadual Effie Rolfs, em Viçosa, em dezembro de 1997.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, em julho de 2005.

Em maio de 2006, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado, pelo Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Em fevereiro de 2008, submeteu-se ao exame de defesa de dissertação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 Importância do Setor Florestal Brasileiro	16
3.2 A Evolução da Colheita Florestal	18
3.3 A Mecanização na Colheita Florestal.....	19
3.4 Planejamento da Colheita Florestal.....	21
3.5 Operação de Corte Florestal com Harvester.....	23
3.6 Estudo de Tempos e Movimentos	24
3.7 Colheita em Floresta de Uso Múltiplo	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	28
4.2 Característica do Povoamento.....	30
4.3 Descrição do Harvester	32
4.4 Método de Amostragem.....	35
4.5 Características Mensuradas na População Estudada.....	36
4.6 Características Mensuradas na Máquina	37
4.7 Avaliação Técnica	37
4.7.1 Quantificação do Rendimento Operacional.....	37
4.7.2 Estudos de Tempos e Movimentos	38
4.8 Avaliação Econômica.....	39
4.8.1 Custo Operacional	39
4.8.2 Custo de produção	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 Características da População de estudo.....	45
5.1.1 Características da Produção	45

5.1.2	Produção média.....	47
5.2	Avaliação técnica	48
5.2.1	Quantificação do rendimento.....	48
5.2.2	Disponibilidade Mecânica.....	48
5.2.3	Grau de utilização	49
5.2.4	Eficiência Operacional.....	50
5.2.5	Estudo de tempos e movimentos.....	51
5.3	Avaliação Econômica.....	52
6	CONCLUSÕES.....	54
7	RECOMENDAÇÕES.....	55
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

RESUMO

SILVA, Elizabeth Neire, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008. **Avaliação técnica e econômica do corte de Pinus com harvester.** Orientador: Carlos Cardoso Machado. Co-orientadores: Luciano José Minette e Amaury Paulo de Souza.

Diversas empresas do setor florestal brasileiro utilizam o que existe de mais moderno em suas etapas de produção, principalmente no caso de florestas plantadas, desde a obtenção de mudas até a entrega da madeira nos pátios das indústrias. A colheita ocupa uma posição de destaque na composição do custo final da madeira. Os custos de colheita e transporte florestal representam, em alguns casos, mais de 50% do custo total da madeira colocada na indústria. A racionalização das operações pode contribuir muito para a redução dos custos operacionais, implicando na necessidade de realização de estudos que visem a otimização das atividades. O trabalho avaliou a operação de corte mecanizado de madeira de *Pinus caribaea hondurensis*, com idade 28 anos, em sistema de toras curtas com traçamento de 2,5 metros, utilizando-se a máquina conhecida como *Harvester*. A pesquisa foi realizada no município de Nova Ponte - MG, com base na produtividade e custos da atividade durante o estágio inicial de sua implantação, ou seja, por um período de 5 meses (de setembro de 2006 a janeiro de 2007), considerando-se o uso múltiplo da madeira. O espaçamento utilizado é de 2.5 m x 2.0 m (com três

desbastes já realizados), e a madeira colhida possui três destinos distintos de acordo com a classificação de diâmetro, distribuídas em três classes em: Madeira para energia (LENHA); Madeira para serraria interna (TORA) e; Madeira para venda (VENDA). Utilizou-se o censo ou amostragem 100%. Foram mensuradas as características no povoamento (DAP, altura, Volume, número de árvores) e da operação de corte (número de fustes derrubados por dia, volume colhido, horas de trabalho, estudo de tempos e movimentos, etc.). Na avaliação técnica foram calculados: Rendimento operacional, produtividade, disponibilidade mecânica e eficiência operacional, enquanto na avaliação econômica foi calculado o custo operacional e os custos de produção. A maior produtividade média foi encontrada para o mês 5 (janeiro de 2007) com $22,71\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$, mês que apresentou a segunda maior disponibilidade mecânica (95,59%). A maior eficiência operacional foi encontrada no mês 3 (novembro de 2006), com 83,09%. A atividade que demandou mais tempo no estudo de tempos e movimentos foi o processamento com 66% do total. A disponibilidade mecânica da máquina foi afetada pela logística de atendimento em peças devido ao fato da máquina ter sido recém adquirida pela empresa e, durante o período dessa avaliação, não ter ainda formado um estoque satisfatório de peças. O custo operacional total para o período amostrado de R\$ 115,03 por hora efetiva de trabalho. Os custos fixos corresponderam a 28,59%, e os variáveis em 62,31% dos custos totais. O custo de produção foi de R\$ 5,99 por m^3 de madeira produzida. Conclui-se que a produtividade aumentou quando o volume médio por árvore aumentou, que a máquina possui potencial de melhoria no seu funcionamento e que o custo de produção encontra-se dentro dos padrões esperados.

ABSTRACT

SILVA, Elizabeth Neire, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2008. **Technical and economical evaluation of the cut of Pinus with harvester**. Adviser: Carlos Cardoso Machado. Co-advisers: Luciano José Minette and Amaury Paulo de Souza.

In the Brazilian forest sector, several companies use modern technologies at the production phases. Specially in the case of the planted forests, those technologies are used from the obtainment of the seedlings until the delivery of the wood in the industry yards. The harvest has a distinguishable position in composing the final cost of the wood. In some cases, the costs of the harvest and hauling are more than 50% total cost of the wood taken to industry. The rationalization of the operations can provide significant contribution to the reduction of the operational costs, as implicating the need for accomplishment of studies concerning to optimization of the activities. In this study, the automated cut of the *Pinus caribaea hondurensis* wood aged 28 years was evaluated under cut-to-length system with 2.5m bucking, by using the machine so-called harvester. The research was carried out in Ponte Nova county, State of Minas Gerais. It was based on both productivity and costs of the activity during its initial implantation stage, that is during 5-month period (from September 2006 to

January 2007), as taking into account the multiple use of the wood. The spacing 2,5m x 2,0m (with three thinnings already accomplished) was used. The harvested wood has three different destinies according to the diameter classification distributed into three classes: wood for energy (FIREWOOD); wood for internal sawmill (LOG); and wood for sale (SALE). The 100% sampling was used. The characteristics of either stand (DAP, height, volume, tree numbers) and the cut operation (numbers of whole-trees felled a day, harvested volume, working hours, study of times and movements, and others) were studied. In the technical evaluation, the following variables were calculated: operational production, productivity, mechanical availability and operational efficiency. The operational cost and the production costs were calculated during the economical evaluation. The highest average productivity ($22.71\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) was found for the month 5 (January 2007), when the second highest mechanical availability (95.9%) was reached. The highest operational efficiency (83.09%) was found over the month 3 (November 2006). In the study of the times and movements, the processing was the activity demanding more time (66% the total). The mechanical availability of the machine was affected by the service logistics concerning to pieces because the machine was recently acquired by the company and the satisfactory stock of pieces had not been formed when this evaluation was performed. The operational cost totalized R\$ 115,03 per effective working hour for the period sampled. Taking into account the total costs, the fixed costs corresponded to 28.59%, whereas the variable ones corresponded to 62,31%. The cost of production was R\$ 5,99/ m^3 wood produced. Thus, the productivity increases with the average volume by tree, therefore pointing out this machine has potential to improve its functioning, whereas the cost of production is within the expected patterns.

1 INTRODUÇÃO

A exploração comercial de florestas plantadas com o objetivo básico de produção de madeira e seus derivados tornou-se uma atividade de grande importância social e econômica para o país, atingindo extensas áreas planas e acidentadas, cujas sistemáticas de exploração variam com o grau de facilidade ou de dificuldade para a extração de madeira do povoamento, em função de fatores físicos, bióticos e antrópicos (LIRA FILHO, 1994).

Diversas empresas do setor florestal brasileiro utilizam o que existe de mais moderno nas suas etapas de produção, principalmente no caso de florestas plantadas, desde a obtenção de mudas até a entrega da madeira nos pátios nas indústrias. Entretanto, para que o setor continue se desenvolvendo de forma sustentável é necessário a otimização de processos que ainda são altamente onerosos economicamente e um planejamento adequado de todo o processo produtivo.

Existe uma tendência mundial de aumento do consumo de madeira. Permanecendo essa intenção, aumenta-se a importância de se ter um sistema de suprimento de madeira eficiente que requeira alternativas de formas de colheita que levem a

sustentabilidade técnica, econômica e ambiental (MACHADO, 2002).

Dentro do cenário de expansão da produção e a busca por competitividade, o Brasil é avaliado por experientes profissionais como um dos países que possui as melhores condições de atrair investimentos para implantação de empreendimentos florestais.

A colheita de madeira ocupa uma posição de destaque na composição do custo final da madeira. Os custos de colheita e transporte florestal representam, em alguns casos, mais de 50% do custo total da madeira colocada na indústria. Diante disso, a racionalização das operações pode contribuir em muito para a redução dos custos operacionais, implicando a necessidade de realização de estudos que visem a otimização das atividades (MOREIRA, 1992).

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 a afeta, minimizando assim os custos envolvidos nas operações de colheita florestal (MACHADO, 2002).

No Brasil, existe uma diversidade muito grande de sistemas de colheita de madeira. A opção por um ou outro sistema é em função da disponibilidade de recursos tecnológicos e financeiros e da qualidade das florestas. Algumas empresas adotam mais de um sistema de colheita, em virtude dos vários fatores envolvidos, sejam eles técnicos, sociais, econômicos, ambientais ou ergonômicos. No entanto, essas empresas muitas vezes não dispõem de uma base de dados que visem a otimização dos diversos sistemas empregados (SANTOS, 1995).

No sistema de toras curtas, o harvester é a principal máquina 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 do plantio.

A produtividade individual de uma máquina de colheita de madeira irá depender de diversos fatores dos quais se destacam: a localização geográfica e extensão da área de trabalho; os aspectos climáticos; a capacidade de suporte do terreno; o relevo; as características das árvores; as características da floresta, do sistema de colheita e da capacitação do operador.

Diante do exposto, o presente estudo visa contribuir para a melhoria no funcionamento do harvester na colheita florestal em regime de uso múltiplo, através da avaliação técnica e economicamente do corte mecanizado de madeira de *Pinus sp.*

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar, técnica e economicamente a atividade de corte florestal mecanizado de *Pinus sp.*, utilizando-se o Harvester, no município de Nova Ponte - MG, considerando-se o uso múltiplo da floresta.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância do Setor Florestal Brasileiro

Segundo Machado (2002), até o final da década de 60, o setor florestal era pouco expressivo dentro da economia brasileira, quando a indústria era incipiente e não possuía fontes seguras de abastecimento. Neste período, verificou-se uma exploração predatória dos recursos florestais. Todavia, com a criação da política governamental de incentivo fiscal, no final da década de 60, com o objetivo de diminuir a exploração indiscriminada dos recursos florestais naturais, e a implantação de florestas de rápido crescimento, o setor tomou novo impulso.

A concessão dos benefícios fiscais propiciou ao setor florestal um crescimento significativo na área reflorestada, principalmente com o eucalipto, em que o espaço plantado passou de 400 mil ha, no final dos anos 60, para 6 milhões de ha, em 1994. Neste período, atingiu-se significativo nível de produtividade dos plantios, proporcionando a formação de mão-de-obra especializada e o desenvolvimento de novas tecnologias (MACHADO, 2002).

O programa de incentivos fiscais, embora passível de críticas, proporcionou neste período grandes benefícios sociais com a criação de 700 mil empregos diretos e de dois milhões indiretos. Além disso,

a indústria madeireira e seus parceiros têm contribuído com a sociedade, colocando no mercado materiais imprescindíveis à população, como celulose, papel, madeira em tora e serrada, chapas, compensados, aglomerados e carvão. O setor florestal tem dado, ainda, importante contribuição à economia nacional, participando com 5% na formação do Produto Interno Bruto (PIB), gerando impostos na ordem de R\$ 2 bilhões e investimentos anuais de R\$ 264 milhões (MACHADO, 2002).

Com a crise energética da década de 70, as florestas de rápido crescimento foram apontadas como prováveis fontes alternativas de energia. Essa atividade se desenvolveu rapidamente devido a adaptação e crescimento de espécies como eucaliptos e pinus (MINETTE, 1988).

O potencial florestal brasileiro é enorme, possuindo quase um terço das florestas tropicais úmidas, em relação às florestas plantadas. A área ocupada gira em torno de seis milhões de hectares, predominando as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (MACHADO, 2002 e MINETTE *et. al.* 2002).

As áreas de florestas plantadas com eucalipto e pinus no Brasil totalizaram, em 2007, 5.560.203 ha, representando um crescimento de 186.786 ha em relação a 2006, ou seja, um acréscimo de 3,4%. Constata-se um incremento na área plantada de 318.428 ha. O Estado de Minas Gerais, é responsável por 8% do total de Plantações de Pinus e 28% do total de Plantações de Eucalipto (ABRAF, 2008).

No setor florestal, a colheita de madeira é a etapa mais importante do ponto de vista econômico, pois compreende três atividades básicas, ou seja, corte e processamento, extração e transporte (SANTOS e MACHADO, 1995).

3.2 A Evolução da Colheita Florestal

No início das atividades de reflorestamento no Brasil, poucas empresas utilizavam a mecanização nas operações de colheita. Até a década de 40, praticamente não havia emprego de máquinas na colheita florestal. Durante muitos anos, estas dependeram do uso de equipamentos adaptados dos setores agrícola e industrial para a sua operação. Nesse período, os sistemas manuais e semimecanizados foram amplamente usados por falta de alternativas, empregando grande contingente de mão-de-obra, tornando as operações onerosas e com alto risco de acidente (MACHADO, 2002).

Segundo Moreira (1992), as primeiras motosserras se fizeram incipientes, tentativa na década de 50, porém a sua tecnologia, que incorporava pesados motores a custosa manutenção, não conseguiram conquistar o mercado.

Somente na década de 70 que a motosserra começou a se firmar como ferramenta. Os tratores florestais ainda não tinham nada de novo, a não ser os tratores agrícolas com guincho adaptado. A tração animal dá a tônica de exploração e foi somente depois de 1966 com o *boom* do reflorestamento, via incentivos fiscais que as grandes empresas, ao explorar os primeiros desbastes, começaram ressentir-se de tornar a operação mais dinâmica e econômica. Assim, surgiram os primeiros tratores agrícolas adaptados ainda de modo tímido. Já na década de 70 surgiram as gruas para carregamento e somente na virada da década de 80 é que a mecanização florestal começou a tomar impulso. Em todos esses momentos sempre o fator custo tem sido a mola impulsionadora para a evolução (MOREIRA, 1992).

Atualmente, a institucionalização do mercado de trabalho, a sindicalização dos trabalhadores e o desenvolvimento do setor industrial brasileiro, que tem desenvolvido diversos tipos de

equipamentos, vem transformando este quadro. Os sistemas inteiramente manuais estão sendo gradativamente substituídos 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 (MINETTE, 1988).

Nas maiores empresas produtoras de madeira do Brasil são utilizadas as mais modernas tecnologias para a colheita florestal. Porém, para dar continuidade ao emprego dessas altas tecnologias, ainda existem certas lacunas que necessitam ser preenchidas e alguns parâmetros que precisam de melhor balizamento para que se concretize o desenvolvimento sustentável da área (MACHADO, 2002).

3.3 A Mecanização na Colheita Florestal

Segundo Minette (1988), a evolução das máquinas e equipamentos empregados na exploração florestal durante as últimas décadas foi marcante. Em meados de 1904 surgiu o primeiro trator a vapor e com gigantescas rodas de ferro, com finalidades agrícolas. Logo em 1905, o primeiro trator com motor a gasolina e mais versátil entrou em cena. Todavia, somente em 1931 que o primeiro trator diesel, projetado especificamente para fins florestais, foi construído, ganhando crescente aceitação no mercado internacional, por desenvolver maior potência com considerável economia de combustível. Entretanto, somente em 1960 é que se construiu o primeiro trator florestal arrastador.

Em 1960, quando começou o processo de mecanização de exploração florestal, a indústria florestal brasileira não tinha condições de fornecer equipamentos para o aproveitamento racional e econômico das florestas. Na década de 70, iniciou no Brasil a nacionalização da maquinaria e a modernização dos sistemas de exploração florestal (MINETTE, 1988).

A introdução de equipamentos que substituem o machado e a motosserra possibilitou um aumento da produtividade das operações de colheita, diminuindo a participação do homem nas atividades manual e semimecanizada, que proporcionam elevado desgaste físico, por serem, em geral, muito pesadas, e detêm elevado índice de acidentes (SANTOS, 1995).

Embora não seja a única forma de racionalização dos trabalhos florestais a mecanização tem um lugar de elevada importância nos esforços para reduzir os custos, substituir a mão-de-obra e tornar mais humano o trabalho nas florestas. Porém, existem máquinas florestais e sistemas de exploração que apresentem baixa eficiência operacional, por falta de conhecimento na racionalização do trabalho (MINETTE, 1988).

A mecanização da atividade é, sem dúvida um dos fatores de grande importância no resultado final de um empreendimento e, se utilizada de maneira adequada propiciará o aumento da produtividade na realização dos trabalhos e, por sua vez melhoria na qualidade do produto. A mecanização também agrega valores às condições de trabalho, ao substituir a força humana e animal em atividades que envolvam riscos ou perigos ao bem estar (BURLA, 2001).

A evolução da mecanização trouxe progressos para a colheita florestal, como: máquinas com *design* ergonômico; motosserras mais leves e com menos vibração e ruído; máquinas com cabeçote de corte e acumulador (*Feller-buncher*), que permitem fazer feixes para o arraste; e máquinas com cabeçote de corte, acumulador e processador (*Harvester*), que deixam a madeira pronta para o carregamento (MACHADO, 2002).

Segundo Lima e Leite (2002), os tratores florestais usados nas diversas etapas da colheita mecanizada são de grande porte, muito pesados, com elevada potência no motor e maior velocidade de deslocamento, permitindo grande mobilidade e proporcionando

aumento na sua capacidade operacional, uma vez que realizam maior quantidade de trabalho em menos tempo.

Os tratores florestais têm características e recursos próprios que os deixam muito à frente dos tratores agrícolas, constituindo uma categoria especial, cujas aplicações são comumente o corte, o processamento e a extração florestal. Atualmente o mercado tem disponível grande número desses tratores com múltiplos propósitos, concentrando todas as funções em um só chassi necessitando de apenas um operador. A produtividade é determinada em função do volume de madeira processada na unidade de tempo (LIMA e LEITE, 2002).

3.4 Planejamento da Colheita Florestal

No Brasil, nos últimos anos, a atividade florestal evoluiu consideravelmente, do ponto de vista técnico. Essa evolução, somada à escassez de recursos financeiros, evidenciou a necessidade de planejar e controlar a atividade florestal, condição indispensável para uma adequada gestão dos recursos produtivos (MACHADO e LOPES, 2002).

A complexidade da colheita florestal se deve a dificuldade de se controlar simultaneamente um grande número de variáveis oriundas dos fatores técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos. Assim, para que a colheita florestal possa realmente ser controlada ou manejada de forma a proporcionar melhores resultados, deve-se lançar mão de bom trabalho de planejamento (MACHADO, 2002).

Segundo Machado e Lopes (2002), o planejamento é a elaboração por etapas, com bases técnicas, de planos e programas com objetivos bem definidos. É a arte e a ciência de projetar, em uma base racional, cursos futuros de ação para indivíduos, grupos

ou corporações, e sua implementação efetiva requer o uso combinado de medidas quantitativas e qualitativas. É um processo de decisão com características próprias, pois se incube de definir o futuro desejado para a organização e delinear os caminhos possíveis para atingi-lo.

O planejamento é a função de maior importância para a colheita florestal. O mesmo autor relata que com o planejamento é possível colocar todos os sistemas e métodos possíveis juntos, identificando e resolvendo seus conflitos, reconhecendo as restrições e ordenando os recursos disponíveis de forma antecipada. No Brasil, a pesquisa operacional e o sistema de informação geográfica são as duas ferramentas que mais têm auxiliado no planejamento da colheita florestal (MACHADO, 1994).

O planejamento dessa operação torna-se indispensável, uma vez que permite um controle dos custos e dos possíveis danos gerados ao meio ambiente. Nesse sentido, o planejamento contemplando o aspecto ambiental, contribui de forma significativa para a conservação dos recursos florestais, garantindo assim a sustentabilidade da floresta. Nobre e Assis (2001), relatam que as restrições e limites sofridos pela atividade florestal contribuem naturalmente para que haja um aumento da necessidade de planejamento.

Segundo Machado e Lopes (2002), o tempo das rotações dos povoamentos florestais, a extensão das áreas plantadas, a diversidade de fatores técnicos, econômicos e ambientais, a política econômica e a própria atividade florestal tornaram o planejamento florestal uma etapa complexa. Por isso, devem ser consideradas as peculiaridades de cada empresa, seu ambiente interno e externo a ser desenvolvido para contribuir com a consecução dos objetivos da empresa.

O planejamento é a elaboração por etapas, com bases técnicas, de planos e programas com objetivos bem definidos. É a arte e a ciência de projetar, em uma base racional, cursos futuros de ação para indivíduos, grupos ou corporações, e sua implementação efetiva requer o uso combinado de medidas quantitativas e qualitativas. É um processo de decisão com características próprias, pois se incube de definir o futuro desejado para a organização e delinear os caminhos possíveis para atingi-lo (MACHADO e LOPES, 2002).

Segundo Akay (2004), deve se planejar os sistemas de colheita, que devem ser escolhidos de acordo com as características da floresta, máquina utilizada e intensidade de operação de colheita, com base nos fatores ambientais que influenciam a produtividade do equipamento.

3.5 Operação de Corte Florestal com Harvester

Existem dois tipos básicos de corte de madeira com harvester em florestas plantadas, o corte raso e o desbaste, sendo que o corte raso é a expressão mais simples do controle do corte usando uma determinada área.

Segundo Malinovski & Malinovski (1998), pode-se definir um *harvester* como sendo um trator derrubador, desganhador, traçador e empilhador, composto por uma máquina base de pneus ou esteira, uma grua e um cabeçote. No caso do *one grip harvester*, o cabeçote corta, desgalha e traça, e para o *two grip harvester* o cabeçote somente tem a função de corte, estando sobre o eixo traseiro da máquina base os implementos para desganhamento e traçamento. Este trator tem sido muito utilizado em povoamentos florestais de alta produtividade.

Este trator tem finalidade de cortar e processar árvores dentro da floresta. Suas características principais são definidas por

um conjunto motriz de alta mobilidade e boa estabilidade. Nesse tipo de trator, a movimentação e o acionamento dos dispositivos que compõem o cabeçote são realizados pelo operador, que empunha um *joystick* (MALINOVSKI & MALINOVSKI, 1998).

Segundo Freedman (1998), um harvester é uma máquina complexa, cara e difícil operar em escala operacional. O treinamento e a habilidade do operador são essenciais para aprender a usar o harvester, de forma a conduzir a operação de forma eficaz e com alta produtividade.

Segundo Bramucci (2001), nota-se na literatura existente clara deficiência de informações sobre o grau de influência dos diversos fatores que afetam a capacidade produtiva do harvester na operação de colheita florestal mecanizada da forma como é feita no Brasil.

3.6 Estudo 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; 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).

3.7 Colheita em Floresta de Uso Múltiplo

A obtenção de multiprodutos da madeira ou o uso de múltiplos produtos da floresta é um passo a mais no caminho da busca da sustentabilidade. Para que as empresas obtenham multiprodutos das suas florestas estão sendo feitas algumas adequações que afetam diretamente a colheita e o transporte florestal, por exemplo: espaçamento de plantio, desbastes, características tecnológicas da madeira etc. (MACHADO, 2002).

A madeira de pinus tem se constituído em excelente matéria-prima para diferentes finalidades, cuja utilização moveleira e de construção civil vem crescendo à cada ano. As vantagens do uso múltiplo são inúmeras, destacando-se aquelas referentes ao melhor aproveitamento da madeira na conversão de toras, melhoria de

suas propriedades, constituindo diferentes produtos com qualidade (KRONKA *et. al.*, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo avaliou a operação de corte mecanizado de madeira de *Pinus caribaea hondurensis*, com 28 anos de idade, utilizando o sistema de toras curtas com traçamento de 2,5 metros, com a máquina conhecida como Harvester. A operação foi realizada no município de Nova Ponte, Minas Gerais, com base na produtividade e custos da atividade durante o estágio inicial de sua implantação, ou seja, por um período de 5 meses, (de setembro de 2006 a janeiro de 2007), considerando-se o uso múltiplo da madeira.

4.1 Caracterização da Área de Estudo

O triângulo mineiro situa-se na Região Sudeste do Brasil, estado de Minas Gerais. Geograficamente, localiza-se à oeste do estado, entre os paralelos de 18°18' e 20°24' de latitude sul e os meridianos de 47°29' e 51°03' de longitude a oeste de Greenwich. A zona fisiográfica do triângulo mineiro abrange 28 municípios, perfazendo uma área aproximada de 52.300 km², correspondendo a aproximadamente 9% da área total do estado. A região pertence à bacia hidrográfica do rio Paraná. É drenada pelos rios que

pertencem às bacias dos rios Paranaíba e Grande, que são formadores do Rio Paraná (EMBRAPA, 1982).

A empresa de reflorestamento onde se realizou este estudo foi incorporada em 1970 a um grupo centenário e que hoje dedica-se a fabricação de produtos madeireiros. Localizada no município de Nova Ponte, na região do Triângulo Mineiro, e está próxima a grandes centros urbanos como Uberlândia, Uberaba e Araxá (Figura 1). Seus principais produtos são: Molduras, painéis, blanks e Flat Jambs de *Pinus* spp e eucalipto autoclavado.

Está localizada a uma latitude de 19° 14' 44" S, longitude de 47° 46' 29" W, e altitude média de 900 m do nível do mar. O relevo é caracterizado como praticamente plano a suave ondulado com declividades variando até 5%, o solo predominante é o Latossolo vermelho-escuro. Sua temperatura média anual gira em torno dos 22°C, com precipitação média anual de 1.700 mm. A formação campestre natural é o Cerrado.

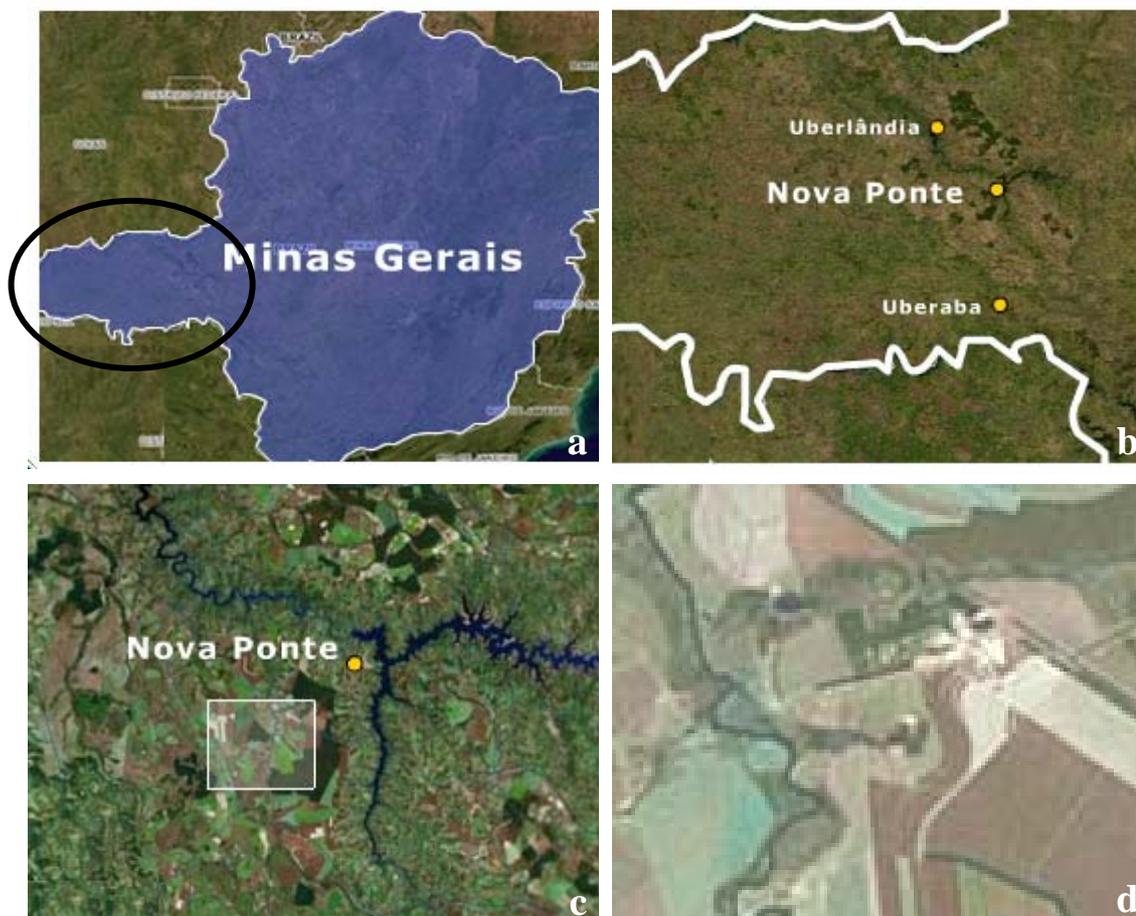


Figura 1 – Localização da área de estudo dentro do Estado.

4.2 Característica do Povoamento

O plantio de *Pinus sp.* na região advém da época dos incentivos fiscais, são plantios de sementes, caracterizados por serem bastante heterogêneos. O reflorestamento ocupa uma área total de 20.000 hectares, com árvores variando em 35 anos de idade. O reflorestamento anual é de aproximadamente 1.400 hectares, com previsão para o ano de 2010 de oito milhões de hectares de madeira disponíveis, planejando-se o corte de madeira com até 25 anos de idade.

O espaçamento inicial utilizado de 2.5 m x 2.0 m, com desbastes realizados aos 14 e 21 anos.

No presente estudo foram utilizados os plantios colhidos com 28 anos de idade, onde a madeira colhida possui três destinos distintos de acordo com a classificação e separação por diâmetro, distribuídas em três classes:

- Madeira para energia (LENHA), com diâmetro menor de 16 cm;
- Madeira para serraria interna (TORA), com diâmetro entre 20 e 40 cm;
- Madeira para venda (VENDA), com diâmetro variando de acordo com a solicitação do cliente, sendo na coleta de dados de 23 a 36 cm.

A classificação em diâmetros das toras ocorre da seguinte forma: toda madeira com diâmetro inferior à 16 cm (Padrão Lenha), segue para o picador; e a madeira acima de 20 cm segue para a serraria interna (Padrão Tora), e diâmetro do padrão venda varia de acordo com a necessidade do cliente. A separação das toras em campo pode ser melhor visualizada na Figura 2, sendo:

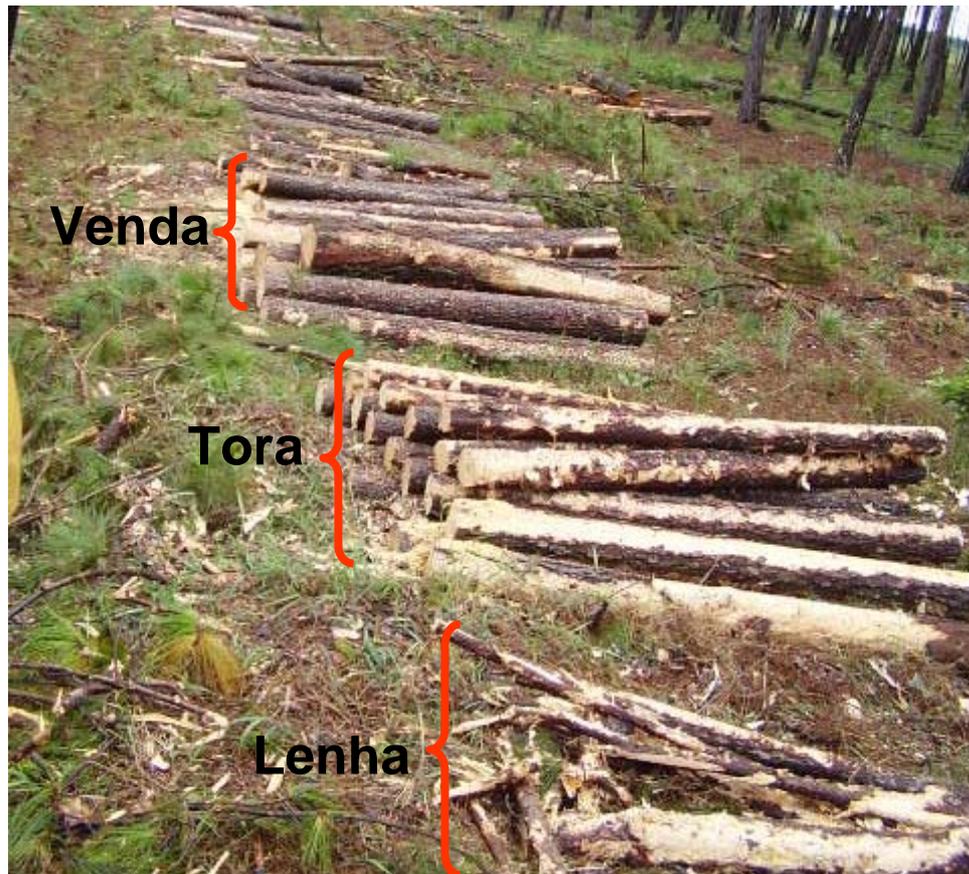


Figura 2- Empilhamento da madeira de acordo com o destino.

4.3 Descrição do Harvester

A máquina utilizada neste trabalho consiste em uma máquina base (escavadeira hidráulica) Caterpillar modelo 320 CL (Figura 3), configuração florestal, sobre esteiras, adicionada de um motor Diesel Caterpillar, modelo 3066 T, eletrônico emissionado Tier II, turbo alimentado e pós-arrefecido com 103 kW (138 HP) de potência nominal a uma rotação de 1800 rpm.



Figura 3 – Harvester utilizado na pesquisa.

Possui lança reta de 5,700 m, de aplicação florestal e braço de alcance de 2.9 m, com um cabeçote Harvester Waratah 616 (Figura 4) com capacidade de produção de $23\text{m}^3\text{h}^{-1}$, e ano de fabricação 2006, com previsão de vida útil de 20.000 horas.



Figura 4 - Detalhe do cabeçote.

A faixa de trabalho (Figura 5) foi composta de três fileiras de árvores, sendo o tombamento das mesmas, sempre realizado para a direita da máquina. Após o processamento, a madeira foi depositada à esquerda do sentido de deslocamento da máquina, separando-se, em três pilhas de sortimentos diferentes: lenha, madeira para venda (cliente externo) e toras para consumo interno da própria serraria, com diâmetros variados segundo a necessidade de cada cliente e da própria empresa.



Figura 5 – Esquema do posicionamento da máquina no eito de trabalho

4.4 Método de Amostragem

As informações referentes às características avaliadas do corte florestal mecanizado foram coletadas dentro da área amostrada (Figura 6) durante os meses de setembro de 2006 à janeiro de 2007.

O método de amostragem utilizada foi o censo (amostragem 100%), onde foram utilizados para avaliação todas as informações, descritas no item 4.5, coletados durante um período de 5 meses.



Figura 6 - Área amostrada no trabalho.

4.5 Características Mensuradas na População Estudada

A medição do diâmetro médio foi feita através do recolhimento de medidas a altura do peito (DAP) em cm das árvores, com o auxílio de uma Suta¹, no momento do inventário pré-corte.

A medição da altura média das árvores foi feita utilizando-se instrumentos denominados de hipsômetros².

O número médio de árvores e fustes e o volume de madeira por hectare foram obtidos através do inventário de pré-corte.

¹ A suta é um instrumento para a medição direta do diâmetro. Consiste em uma barra graduada e dois braços paralelos dispostos perpendiculares a barra.

² A principal característica desse instrumento é que, para a sua utilização, não há a necessidade de conhecer a distância entre o observador e a árvore.

4.6 Características Mensuradas na Máquina

O número médio de fustes derrubados por dia foi obtido através da soma do número de árvores derrubada em cada turno de trabalho por dia, durante um mês e divididos pelo número de dias do mês, considerando-se 25 dias úteis mensal.

As informações referentes ao volume médio colhido por dia em m³ foram coletadas através da utilização do computador de bordo do harvester.

4.7 Avaliação Técnica

4.7.1 Quantificação do Rendimento Operacional

A determinação da produtividade da máquina (m³he⁻¹) foi estimada através do volume médio por árvore, fornecido pela tabela de inventário pré-corte, tendo seu valor multiplicado pelo número de árvores derrubadas. Foram calculadas as horas efetivas de trabalho, com base número total de horas menos as interrupções mecânicas e operacionais, seguindo-se a seguinte expressão:

$$\text{Prod} = \frac{(n_a \times v_a)}{h_e}$$

Em que: Prod= Produtividade (m³ he⁻¹);

na = número de arvores derrubadas;

va = volume médio por árvore (m³);

he = horas efetivas de trabalho.

A disponibilidade mecânica é a porcentagem de tempo de trabalho programado onde a máquina esteve mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, expressa da seguinte forma:

$$DM (\%) = \frac{(H - TPM)}{H} \times 100$$

Em que: DM= Grau de disponibilidade mecânica (%);
TPM = Tempo de permanência em manutenção (h);
H= horas totais (h).

A eficiência operacional é a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado expressa por:

$$EO = \frac{HE}{(HE + HP)} \times 100$$

Em que: EO = Eficiência Operacional;
HE = tempo de trabalho efetivo (he);
HP = Horas paradas operacionais (h).

4.7.2 Estudos de Tempos e Movimentos

O estudo de tempos e movimentos foi realizado, conforme metodologia de Barnes (1977), em uma unidade amostral no mês de janeiro de 2007, utilizando-se um cronômetro para medir o tempo gasto em segundos para realização de cada etapa no ciclo de corte mecanizado, em uma parcela amostrada.

Primeiro realizou-se um estudo-piloto buscando-se definir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, segundo a metodologia proposta por Barnes (1977), por meio da seguinte expressão:

$$n > \frac{t^2 + CV^2}{E^2}$$

Em que: n = número mínimo de ciclos necessários;
t = valor de f, para o nível de probabilidade desejado;
(n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação, em porcentagem e;

E = erro admissível, em porcentagem.

No estudo de tempos e movimentos, a cada atividade realizada, foi anotado o tempo gasto em segundos (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição das atividades para o harvester no estudo de tempos e movimentos.

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO
Deslocamento	Deslocamento até a árvore a ser cortada
Corte	Tempo gasto para realizar o corte e tombar a árvore
Processamento	Tempo gasto para processar a árvore.
Paradas	Parada do funcionamento da máquina por motivos diversos

4.8 Avaliação Econômica

4.8.1 Custo Operacional

Esta análise foi feita através do método contábil, o qual utiliza valores estimados e reais. Os custos fixos (depreciação e juros) foram estimados pela metodologia proposta pela FAO, segundo Machado e Malinovski (1988), para os custos variáveis (combustível, lubrificantes, mão-de-obra, serviços de manutenção, peças de reposição, administração, rodantes) foram utilizados dados fornecidos pela empresa, visando se aproximar o máximo do valor real.

Na determinação do custo de produção foi considerado o rendimento por hora trabalhada, corrigido de acordo com o índice de eficiência operacional das operações de corte e processamento. Os dados de custos finais levaram em consideração as interrupções envolvidas diariamente em cada operação. Foram determinados os seguintes custos para a composição do custo total:

4.8.1.1 Custos Fixos

Custos fixos são aqueles que não variam com as horas de operação e não são afetados pelo total de atividades da máquina e nem pela produção e ocorrem quer o equipamento trabalhe ou não.

Os custos fixos são compostos de custos de depreciação, juros e seguros.

a) Depreciação (Dp): Corresponde à perda do valor do equipamento ou máquina devido ao passar do tempo de uso. Para cálculo da depreciação foi utilizada o método de depreciação linear.

$$Dp = \frac{(Va - Vpn - Vr)}{(N \times Hf)}$$

Em que:

Dp = Depreciação (R\$ hf⁻¹);

Va = Valor de aquisição do equipamento acrescido de impostos, fretes e comissões de venda (R\$);

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

Vpn = Valor de um jogo de esteiras (R\$);

N = Vida útil em anos; e

Hf = horas efetivas de uso anual (hf).

b) Juros e Seguros (JS): Os juros foram calculados aplicando ao investimento médio anual (IMA), uma taxa de juros correspondente ao custo de oportunidade que seria aplicado ao capital. Neste estudo foi utilizada uma taxa anual de juros de 6%.

Os seguros são os custos que o proprietário incorre devido ao uso ou posse de seus equipamentos e também em razão dos constantes perigos a que estão expostas essas máquinas florestais durante os trabalhos. A empresa necessita adotar uma ou mais apólice de seguro para proteção contra danos, fogo e outros

eventos destrutivos. Neste estudo a taxa de seguros utilizada foi de 6% a.a. A fórmula para cálculo é a seguinte:

$$JS = \frac{(IMA \times i)}{Hf}$$

Em que:

JS = juros e seguros (R\$ Hf⁻¹);

i = taxa de juros anuais e seguros anuais (%);

Hf = horas efetivas de uso anual;

N = vida útil em anos, e;

IMA = investimento médio anual, dado por:

$$IMA = \frac{[(Va - Vr) \times (N + 1)]}{(2 \times N)} + Vr$$

4.8.1.2 Custos Variáveis (CV)

São os custos que variam, proporcionalmente, com a quantidade produzida ou com o uso da máquina, tais como os custos de combustível, lubrificantes, óleo hidráulico, esteiras, remuneração de pessoal e manutenção e reparos.

a) Custo de Combustível (CC): É o custo referente ao consumo de óleo diesel, calculado pela fórmula:

$$CC = Pu \times c$$

Em que: CC = Custo de combustível (R\$ he⁻¹)³;

Pu = Preço de um litro de óleo diesel (R\$ L⁻¹); e

c = consumo de óleo diesel por hora efetiva (L he⁻¹).

³ Corresponde à hora efetiva de trabalho da máquina.

b) Custo de Lubrificantes e Graxas (CLG): Este custo foi calculado pelas informações obtidas no campo e pelos manuais de especificações dos equipamentos e máquinas avaliados, pela seguinte fórmula:

$$CLG = 0,30 \times cc$$

Em que: CLG = Custo de lubrificantes e graxas (R\$ hf⁻¹); e
cc = custo com combustível (R\$ hf⁻¹).

c) Custo de Óleo Hidráulico (COH): Este custo está relacionado com o consumo de óleo do sistema hidráulico do equipamento ou máquina. É dado por:

$$COH = 0,50 \times CC$$

Em que: COH = Custo de óleo hidráulico (R\$ he⁻¹); e
CC = custo com combustível (R\$ he⁻¹).

d) Custo de Rodantes: Este custo é afetado pelas condições do terreno, ambiente e manutenção dos rodantes e habilidade do operador.

$$Cp = (n^{\circ}pn) \times (Vp/H)$$

Em que: Cp = custo de rodantes (R\$ he⁻¹);

Vp = Valor de aquisição de um jogo de rodantes da máquina (R\$);

n^o pn = 2 (número de esteiras da máquina);

H = vida útil (H he⁻¹).

e) Custo de Manutenção e Reparos (CMR): Refere-se ao custo de mão-de-obra de oficina, peças de reposição e outros

materiais, e foi calculado em 70% do valor da depreciação para o harvester.

$$\text{CMR} = 0,70 \times \text{Dp}$$

Em que: CMR = Custo de manutenção e reparos (R\$ he^{-1}); e

Dp = depreciação linear em horas efetivas (R\$ he^{-1}).

f) Custo com Pessoal Operacional (CO): Esses custos foram obtidos diretamente no local onde foram coletados os dados, em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas. Tais custos compreendem os custos de salários diretos mais benefícios sociais, tais como o 13º salário, férias, indenizações, seguros, transporte, vestuário, etc.

4.8.1.3 Custos de Administração

Esses custos também foram obtidos diretamente da empresa onde foram coletadas os dados desta pesquisa. São os custos relacionados com trabalho de escritório (contabilidade e finanças), supervisão de campo.

Os custos de produção das operações de corte e processamento serão obtidos através da divisão dos custos operacionais de cada operação (R\$ h^{-1}) pelo rendimento por hora de trabalho ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) de cada componente estudado, expresso em R\$ (m^3) $^{-1}$.

4.8.1.4 Custo Operacional Total (CT)

Este custo foi obtido pela soma dos custos fixos, variáveis e os custos de administração em horas efetivas, ou seja:

$$CT = CF + CV + CA$$

Em que: CT = Custo operacional total (R\$ he⁻¹);

CF = Custo fixo (R\$ he⁻¹);

CV = Custo variável (R\$ he⁻¹);

CA = Custo de Administração (R\$ he⁻¹);

4.8.2 Custo de produção

O custo de produção da máquina foi obtido pela divisão dos custos operacionais (R\$ hf⁻¹) pela produção horária em R\$ m³(⁻¹).

$$CPr = \frac{CT}{PO}$$

Em que:

CPr = Estimativa do custo de produção de corte mecanizado (R\$ m³(⁻¹));

CT = Custo operacional total por hora efetiva (R\$ he⁽⁻¹⁾);

PO = Estimativa da produtividade de corte e processamento (m³ he⁻¹).

Para fins de cálculos econômicos considerou-se o valor do harvester de R\$ 923.000,00 reais, valor fornecido pelo revendedor, com valor de revenda de 25% do valor original.

Para o custo de rodantes considerou-se a substituição total, com custo fornecido pelo revendedor de R\$ 1.285,71.

Considerou-se um total de 5.000 horas trabalhadas por ano e o salário do operador de R\$ 5,74 por hora trabalhada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características da População de estudo

A população deste estudo tem como características principais um plantio de *Pinus caribea honurensis* com idade de 28 anos apresentando as seguintes características, identificadas no inventário pré-corte:

- DAP médio de 30,07 cm;
- 02 desbastes;
- Altura média (HT_m) de 23,35 m;
- Altura média (HD_m) dominante de 24,53 m.

Na área do estudo, o número de árvores por hectare foi de 332/ha, com a área basal de 25,08 m². Os Volumes médios encontrados com casca e sem casca foram 280,4 m³/ha e 212,61 m³/ha, respectivamente.

5.1.1 Características da Produção

Foram encontrados no presente estudo, realizado durante o período de 5 meses (setembro de 2006 à janeiro de 2007), um número médio de árvores derrubadas por dia de 660,2 árv/dia. O número total mensal de árvores e toras produzidos são fornecidos na tabela 2. O traçamento foi realizado a cada 2,5 m.

Tabela 2– Números Total de árvores e toras produzidas por mês.

Meses	Árvores (n)	Toras (n)	Volume (m ³ .dia ⁻¹)
1	16.736	156.314	282,98
2	14.764	137.895	334,12
3	18.473	172.537	272,91
4	17.975	167.886	310,47
5	14.647	136.802	380,44

Durante o período experimental, a produção média de toras obtidas por dia foi 6.166,26 toras, em três turnos, sendo uma média de 2.055,42 toras por turno. Do número total de toras obtidas no corte com a *harvester*, 36% é classificado como tora, ou seja, consumido internamente pela fábrica, 39% para lenha e 25% para venda (clientes externos) (Figura 7).

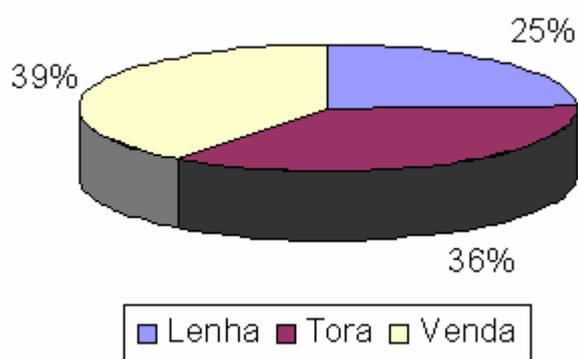


Figura 7 – Produção média de toras

Embora os valores em número de toras se encontrarem próximos há uma grande diferença em relação ao volume (Figura 8). O volume para tora (uso interno da fábrica) foi de (62%), um valor bem maior que os volumes para lenha e venda, que apresentam 9% e 29%, respectivamente.

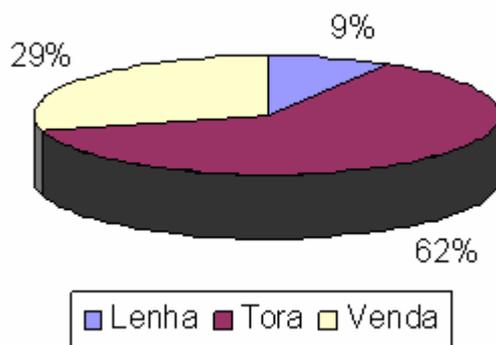


Figura 8 – Porcentagem de volume produzida por sortimento

Por se tratar do período inicial de implantação do sistema de corte mecanizado na empresa, os valores encontrados podem não estar dentro da produção ideal, o que pode ser justificado devido ao processo de implantação e adaptação do novo sistema.

Um fato importante foi observado durante a coleta de dados foi a perda de madeira referente ao acerto da toragem pelo *harvester*, o que diminui o valor agregado da madeira.

5.1.2 Produção média

O valores encontrados para a produção média de madeira colhida por dia, durante o período de 5 meses, podem ser observados por meio da Tabela 2.

O mês em que foi encontrada uma menor produção foi o mês 3 apresentando uma média diária de 272,91 m³, enquanto o mês 5 apresentou a maior produção com 380,44 m³. Ao se comparar os dados mostrados na Tabela 2 e Tabela 3, podemos observar que apesar do mês 5 apresentar uma menor produção em árvores, foi o mês que apresentou a maior média de volume colhido por dia.

5.2 Avaliação técnica

5.2.1 Quantificação do rendimento

O número de árvores derrubadas, o volume (m^3), volume por árvore e a produtividade obtidos por mês foi compilado na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de árvores, volume e Produtividade Média

Mês	Árvores	Volume (m^3)	Volume (m^3 /árvore)	Produtividade (m^3 /h)	Produtividade Efetiva (%)
1	16.736	7.074,51	0,42	16,75	71,74
2	14.764	8.353,01	0,57	20,64	79,28
3	18.473	6.822,77	0,37	15,82	64,22
4	17.975	7.761,82	0,43	20,05	69,29
5	14.647	9.511,19	0,65	22,71	63,48
Média	16.519	7.904,68	0,48	19,19	70,32

Pode-se observar que houve um aumento na produção por hora. As maiores produtividades foram encontrada nos meses 5 e 2, respectivamente. Porém não foram esses os meses que apresentaram o maior número de árvores. O maior número de árvores foi encontrado no mês 3 que apresentou a menor produtividade por hora. Esse fato pode ser explicado pela população possuir árvores com maior volume individual durante os meses 2 e 5.

A produtividade encontrada no mês 5 ($22,71 m^3/h$) encontra-se bem próxima à capacidade de produção informada pelo fabricante, que foi de $23 m^3/h$ e está abaixo da eficiência operacional informada que foi de 75%.

5.2.2 Disponibilidade Mecânica

A disponibilidade mecânica refere-se à aptidão da máquina para encontrar-se em perfeitas condições de uso, a fim de

desempenhar sua função produtiva (CANTO, 2003). O grau de disponibilidade mecânica do *harvester*, durante os meses avaliados está compilado pela tabela 4.

Tabela 4 – Disponibilidade mecânica (%)

Mês	DM
1	86,22
2	97,97
3	77,30
4	94,63
5	95,59
Média	90,34

A maior disponibilidade mecânica da máquina foi encontrada para o mês 2. A menor disponibilidade mecânica ocorreu no mês 3, devido a problemas mecânicos que demandaram a espera de mão-de-obra especializada e peças de reposição, fato resultante do método de colheita ser novo na empresa e esta ainda não possuir estoque eficiente de peças para reposição, além de haver, ainda a ocorrência de alguns problemas com material de corte.

Aumentar a disponibilidade de uma máquina implica em reduzir o número de falhas ocorridas, aumentar a rapidez com que elas são corrigidas, melhorar os procedimentos de trabalho e logística e, também da interdependência desses fatores (FONTES & MACHADO, 2002).

5.2.3 Grau de utilização

O grau de utilização do *harvester*, durante os meses avaliados está apresentada na tabela 5.

Tabela 5 – Eficiência operacional (%)

Mês	GU
1	82,63
2	80,93
3	83,09
4	76,23
5	66,41
Média	77,85

Conforme pode ser observado, a média do grau de utilização foi de 77,85%. O grau de utilização depende do nível de treinamento recebido pelo operador, da experiência na função, da melhor adaptação da máquina ao operador e principalmente da quantidade de perda ou impedimento de trabalho através de paradas (CANTO, 2003).

Problemas com desgaste do sabre contribuíram para a baixa eficiência operacional da máquina no mês 5. Para os demais meses avaliados os resultados foram satisfatórios.

5.2.4 Eficiência Operacional

A eficiência operacional é dada pelo produto entre a disponibilidade mecânica e o grau de utilização e é fornecida na Tabela 6.

Tabela 6 – Disponibilidade mecânica, grau de utilização e eficiência operacional.

Mês	DM (%)	GU (%)	EO (%)
1 (set/08)	86,22	82,63	71,24
2 (out/08)	97,97	80,93	79,29
3 (nov/08)	73,30	89,09	64,29
4 (dez/08)	94,63	76,23	72,14
5 (jan/08)	95,59	66,41	61,27
Média	90,34	77,85	70,33

Segundo Machado (1989), a eficiência operacional de máquinas e equipamentos para a colheita e extração de madeira, não deve ser inferior à 70%. Canto (2003), obteve em seu trabalho a média de 73% de eficiência operacional para harvesters. O resultado médio encontrado para os meses de estudo indicam um valor bem próximo do limite inferior sugerido por Machado (1989).

5.2.5 Estudo de tempos e movimentos

Durante o estudo foram amostrados 228 ciclos, do *harvester*, sendo que o mínimo exigido pela amostragem piloto foi de 57 ciclos. Os resultados encontrados para os elementos do ciclo operacional no estudo de tempos da operação de corte estão apresentados na Figura 9.

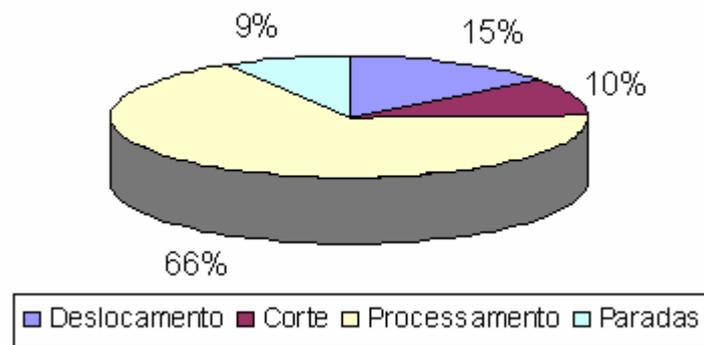


Figura 9- Distribuição das atividades em cada etapa

Pode-se observar que o elemento parcial de processamento foi o elemento responsável pela maior parte do tempo gasto, que correspondente a 66% do tempo total do ciclo operacional do *harvester*. Esse fato é comum de acontecer, uma vez que a etapa de processamento envolve as atividades de desgalha, destopa, traçamento e empilhamento, e por se tratar de uso múltiplo, a separação das pilhas de madeira de acordo com o uso.

Os elementos deslocamento, corte e paradas corresponderam a 15%, 10% e 9% do tempo, respectivamente. As interrupções observadas foram aquelas que fizeram parte da porção do tempo total durante os quais o *harvester* foi programado para executar o trabalho. O tempo de interrupções operacionais nos ciclos correspondem a 9% do tempo total. As interrupções operacionais foram observadas principalmente para reposicionamento e troca de correntes, e ainda para arrumar a corrente junto ao sabre do cabeçote, que estava se soltando facilmente, um fator que poderia

ser facilmente resolvido, caso houvesse uma disponibilidade de peças para reposição, diminuindo a necessidade de paradas, consequentemente aumentando a produtividade (Figura 9).

5.3 Avaliação Econômica

Considerando que o *harvester* trabalha um período de 23 horas por dia, e a presença de alguns custos agregados apenas no período diurno de trabalho interferiria na avaliação econômica do período noturno, procedeu-se os cálculos referentes aos custos operacionais apenas para a jornada de trabalho completa, com o intuito de representar o custo real do *harvester*.

Adotando-se um valor residual da máquina de 25%, com um número de horas efetivas de trabalho por ano de 5.000 horas e considerando o custo do combustível de R\$22,00 por hora de trabalho, o custo operacional total para o período amostrado foi R\$ 115,03 por hora efetiva de trabalho (Tabela 7).

Tabela 7 – Componentes do custo por hora efetiva de trabalho.

Custos operacionais	Custo unitário (R\$)	Custo unitário (US\$)	Custo (%)
Depreciação	27,63	15,78	24,02
Juros	5,26	3,00	4,57
Soma dos Custos Fixos	32,89	18,79	28,57
Salário	5,74	3,28	4,9
Combustível	22,00	12,57	19,13
Lubrificante	6,60	3,77	5,73
Óleo hidráulico	11,00	6,28	9,56
Manutenção e reparos	19,34	11,05	16,81
Esteira	7,00	4,00	6,08
Soma dos Custos Variáveis	71,68	40,96	62,21
Custos de Administração	10,46	5,97	9,09 ⁴
Custo Total	115,03	65,73	100
Custo de produção	5,99	3,42	-

⁴ Refere-se à 10% incidente sobre os custos de administração, e representa os custos de administração sobre o custo total.

Os custos fixos corresponderam a aproximadamente 28,59%, e os variáveis a aproximadamente 62,31% dos custos totais. O custo de administração foi da ordem de 9,10% dos custos totais. A distribuição dos elementos do custo operacional é ilustrada na figura 10.

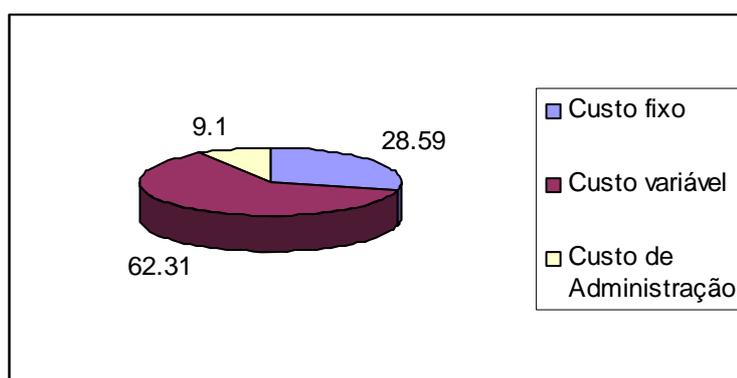


Figura 10 – Distribuição dos custos totais em %.

Nota-se que no item custos fixos, 84,00% representa o custo de depreciação do equipamento. Já nos custos variáveis os itens mais significativos foram o combustível e a manutenção e reparos com 30,69% e 26,98% respectivamente. Juntos os elementos: combustível e manutenção e reparos são responsáveis por mais de 50% dos custos variáveis totais.

De acordo com Fernandes e Leite (2001), o consumo de combustível corresponde a um dos principais itens formadores do custo operacional da máquina bem como, constitui um indicativo da eficiência do processo de conversão de energia do sistema mecanizado utilizado na operação de colheita.

Os custos de produção encontrados foram obtidos considerando-se a produtividade média no período que foi de 19,19m³/h, obtendo-se o valor de US\$ 3,42 m³. O custo encontrado foi maior que o custo encontrado por Tarnowski (1998) para o corte com eucalipto, que foi de US\$ 1,86 m³.

6 CONCLUSÕES

- A máquina está adequada tecnicamente, em função dos resultados encontrados (90,34 % de disponibilidade mecânica e 70,32% de eficiência operacional);
- A disponibilidade mecânica da máquina foi afetada pela logística de atendimento em peças devido ao fato da máquina ter sido recém adquirida pela empresa, durante o período dessa avaliação, não ter ainda formado um estoque satisfatório de peças;
- A produtividade da máquina aumenta com árvores de maior volume, destacando-se a importância de se obter florestas de maior produtividade;
- A produtividade da máquina ainda pode ser aumentada, principalmente, melhorando o sistema de manutenção;
- O custo de produção está dentro das médias encontradas em outros estudos, mas pode ser diminuído a partir de melhorias técnicas.

7 RECOMENDAÇÕES

- Regularizar no estoque de peças de reposição para a máquina, bem como a logística de localização desses estoques, a fim de aumentar a disponibilidade mecânica.
- Realizar um estudo comparativo com outras máquinas em diferentes cenários;
- Realizar um estudo de volume e incidência para a perda de madeira com o corte em comprimento errado;
- Dirigir esforços para a diminuição dos desperdícios, pois os bens e produtos devem ser aproveitados na sua totalidade.
- Montar um sistema de diminuição de falhas, durante o processo produtivo, visando melhorar a qualidade.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAFF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico 2008** – ano base 2007. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Consulta em: 22 de junho de 2008.

AKAY, A.E. **Determining productivity of mechanized harvesting machines**. In.: Journal of Applied Sciences. V. 4 (1) p. 100-105, 2004.

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.

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

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de Harvesters na colheita de madeira**. Dissertação de Mestrado. ESALQ. 2001. Piracicaba SP. 2001.

BURLA, E. R. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Oriente. CENIBRA, 2001. 144p.

CANTO, J.L. **Avaliação de desempenho operacional de *Harvester e Forwarder* na colheita de *Pinus taeda***. Santa Maria, UFSM, 2003. 54

f. Relatório de Estágio (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

CONWAY, S. **Logging practices, principles of timber harvesting systems**. San Francisco, Miller Freeman Publications, 1976. 416p.

COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F., Coord. **Relação solo - eucalipto**. Viçosa, folha de Viçosa, 1990. p.237-64

EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento de média de intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do triângulo mineiro. Rio de Janeiro, 1982. **Boletim de Pesquisa n.1** 526p.

FERNANDES, H. C. & LEITE, A. M. P. Proposta de uma metodologia para ensaio de máquinas colhedoras de madeira. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5.**, 2001, Porto Seguro. **Anais...** Viçosa: SIF/UFV, 2001. p. 227- 239.

FONTES, J. M. & MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: **Colheita florestal**. Carlos Cardoso Machado, Editor. Viçosa: UFV, 2002. Cap. 9. p. 243-291.

FIEDLER, N.C. **Avaliação Ergonômica de Máquinas Utilizadas na Colheita de Madeira**. Viçosa, MG, UFV, 1995.126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

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.

FREEDMAM, P. **Forestry machine simulators: look-ing for added value in training**. Canadian wood-lands. Forum Annual Meeting. Quebec, Canad, 1998. p. 23-25.

FREITAS, L.C. **Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em plantios equiâneos de eucalipto**. Viçosa, MG, UFV, 2004.113p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

KRONKA, F.J.N; BERTOLANI, F. e PONCE, R. H. **A cultura de *Pinnus* no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS). 2005.

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.

LIMA, J.S.S.; LEITE, A.M.P. Mecanização In.: Machado, C.C. (Ed.) **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 468p.

LIRA FILHO, J. A . **Impactos ambientais da exploração florestal de madeira numa área de floresta plantada em região acidentada, vale do Rio Doce, MG**. Viçosa: UFV, 1994. 86p. Dissertação (Mestrado em ciência florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

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., CASTRO, P.S. Exploração Florestal, 4. Viçosa, MG: UFV, 1985. 32p.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. Viçosa, MG. UFV, Imprensa Universitária,1985. Pt.5, 15p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J.R. **Ciência do trabalho florestal**. 1988. UFV, Caderno didático 262. 65p. 1988.

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

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa, MG. UFV, Imprensa Universitária,1994. 138p.

MACHADO, C.C. O setor florestal brasileiro. In.: Machado, C.C. (Ed.) **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 468p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: MACHADO, C. C., Coord. **Colheita florestal**. Viçosa, UFV, 2002. p.169-213.

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.

MALINOVSKI, R. A, MALINOVSKI, J. R., **Evolução dos Sistemas de Colheita de Madeira de Pinus no Sul do Brasil**, Curitiba, 1998. – FUPEF.

MINETTE, L. J. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (forwarders), na extração de madeira de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1988. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C. Carregamento. In: MACHADO, C. C., Coord. **Colheita florestal**. Viçosa, UFV, 2002. p.129-144.

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

NOBRE, S. R.; ASSIS, M.L.R. Data warehouse e GIS sobre estimativa de produção no planejamento da colheita. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, SIF/UFV, 2001. Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: 2001. p.137-151.

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

SANTOS; S. L. M.; MACHADO, C.C. Análise técnico- econômica do processamento de madeira de eucalipto em áreas planas, utilizando o processador. **Revista Árvore**. V. 19. n. 3 p. 346-357. 1995.

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. M. Corte Florestal. In.: Machado, C.C. (Ed.) **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 468p.

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.

SEIXAS, F. **Estudo comparativo entre dois sistemas operacionais de exploração de madeira, utilizando de diferentes comprimentos**. Campinas: UNICAMP, FEAA, 1985, 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de Campinas, 1985.

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.

SOUZA, A. P. **Exploração e transporte florestal**. Viçosa, MG. UFV, 1985. 104 p. (notas de aulas).

STOHR, G.W.D. Importância e aplicação de estudo do trabalho. **Anais...** Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1978. 182 p. **In.:** II Curso de Atualização de sistemas de Exploração e transporte Florestal.

TARNOWSKI, B. C. **Estudo técnico e econômico de dois sub-sistemas mecanizados de colheita de madeira em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 1998. Dissertação de Mestrado. UFSM. 130p.

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