



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO-GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE TRATOR
AUTOCARREGÁVEL NO TRANSPORTE PRINCIPAL DE
MADEIRA DE *Tectona grandis* L.f. EM MATO GROSSO.**

LUIZ THIAGO CASTILHO CRUZ

**CUIABÁ-MT
2012**

LUIZ THIAGO CASTILHO CRUZ

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE TRATOR
AUTOCARREGÁVEL NO TRANSPORTE PRINCIPAL DE
MADEIRA DE *Tectona grandis* L.f. EM MATO GROSSO.**

Orientador: Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, para obtenção do título de mestre.

**CUIABÁ-MT
2012**

Dados internacionais de Catalogação da Fonte

FICHA CATALOGRÁFICA

C957a Cruz, Luiz Thiago Castilho.
Avaliação técnica e econômica de trator autocarregável no transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso / Luiz Thiago Castilho Cruz. – 2012.
x, 41 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, 2012.

Bibliografia: f. 37-41.

1. Madeira – Transporte – Avaliação econômica. 2. Trator autogarregável – Transporte Florestal. 3. Colheita florestal – Custo operacional. 4. Teca – Colheita florestal. I. Título.

CDU – 630*66

Ficha elaborada por: Rosângela Aparecida Vicente Söhn – CRB-1/931

Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO-GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e
Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

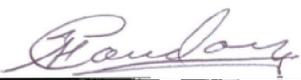
Título: Avaliação técnica e econômica de trator autocarregável no transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L.f. em Mato Grosso.

Autor: Luiz Thiago Castilho Cruz

Orientador: Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa

Aprovada em 23 de março de 2012.

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Fidel Cándano Acosta
UFMT-SINOP/ICAA



Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa
UFMT/FENF



Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite
UFVJM/ DEF- FCA



Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa
Orientador – UFMT/FENF

EPIGRAFE

“A melhor maneira de nos prepararmos para o futuro é concentrar toda a imaginação e entusiasmo na execução perfeita do trabalho de hoje”. Dale Carnegie.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha Avó Zulmira de Almeida Castilho (*in memoriam*) a quem eu tenho muito que agradecer, a qual sempre acreditou em mim e esteve comigo em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre ter me dado força e ter me iluminado ao longo de todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, a quem devo tudo que sou e a minha família.

À Universidade Federal de Mato Grosso, e a Faculdade de Engenharia Florestal, pela oportunidade e apoio para a conclusão do curso.

Ao Professor Prof. Dr. Roberto Antonio Ticle de Melo e Sousa pela orientação, pelos seus ensinamentos, ajuda e amizade.

Aos Professores examinadores deste trabalho: Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa; Prof. Dr. Fidel Cándano Acosta e Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite.

A Empresa Teca do Brasil por ter concedido a área, a hospedagem e todo material necessário para a realização deste trabalho. Agradeço também todo o pessoal da fazenda Campina e especialmente ao tratorista Josivan, ao qual me ajudou muito nos trabalhos em campo. Agradeço também ao Engenheiro e amigo Joilson Onofre que me ajudou nas viagens para a fazenda.

As empresas PENZSAUR e VALTRA pelas informações sobre as máquinas utilizadas no trabalho.

A todos os amigos da minha turma de Engenharia Florestal, especialmente aos amigos da Pós-Graduação: Edilene, Douglas, Marcelo, Dayane, Luciano, Roberta e Lauriana e aos amigos que conquistei ao longo deste período de formação acadêmica.

A minha amiga Cibele Kotsubo por todo companheirismo e ajuda.

A todos os meus amigos e professores do Colégio Salesiano São Gonçalo que sempre me incentivaram a estudar para eu conseguir ser aprovado no vestibular.

A Capes pela concessão da bolsa de estudos e para todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo geral.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. COLHEITA FLORESTAL.....	4
2.2. EVOLUÇÃO DA MECANIZAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL..	4
2.3. SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA	7
2.4. TRANSPORTE FLORESTAL.....	7
2.5. OS TRATORES AUTOCARREGÁVEIS	9
2.6. ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS.....	10
2.7. CUSTOS OPERACIONAIS	11
2.7.1. Custos fixos.....	13
2.7.2. Custos variáveis.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2. ÁREA REFLORESTADA.....	16
3.3. SISTEMA DE COLHEITA DA EMPRESA.....	17
3.4. DESCRIÇÃO DO AUTOCARREGÁVEL.....	18
3.5. CICLO OPERACIONAL DO TRANSPORTE PRINCIPAL.....	19
3.6. NÚMERO DE AMOSTRAS.....	21
3.7. TEMPOS E MOVIMENTOS DO CICLO OPERACIONAL.....	22
3.7.1. Rendimento operacional	22
3.8. CUSTO OPERACIONAL DO TRANSPORTE PRINCIPAL.....	23
3.8.1. Custos fixos.....	23
3.8.2. Custos variáveis.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM.....	27
4.2. ESTUDO DE TEMPO, MOVIMENTO E RENDIMENTO.....	28
4.3. ANÁLISE ECONÔMICA.....	31
5. CONCLUSÕES	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 ESTATÍSTICAS REFERENTES A AMOSTRAGEM PILOTO PARA O CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA NO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).....	27
TABELA 2 ESTATÍSTICAS REFERENTES À AMOSTRAGEM FINAL PARA O CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	28
TABELA 3 TEMPOS E CUSTOS MÉDIOS DOS ELEMENTOS COMPONENTES DO CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	29
TABELA 4 VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS DO CICLO OPERACIONAL DO AUTOCARREGÁVEL NO TRANSPORTE PRINCIPAL DE MADEIRA DE TECA, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	30
TABELA 5 CUSTO OPERACIONAL DE TRANSPORTE PRINCIPAL DE MADEIRA COM O TRATOR AUTOCARREGÁVEL DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.....	33

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 VISTA AÉREA DA FAZENDA CAMPINA, DE PROPRIEDADE DA EMPRESA TECA DO BRASIL, LOCALIZADA NO DISTRITO DE PIRIZAL, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	16
FIGURA 2 VISÃO GERAL DO PLANTIO DE TECA NA FAZENDA CAMPINA, DE PROPRIEDADE DA EMPRESA TECA DO BRASIL, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	17
FIGURA 3 VISÃO GERAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL UTILIZADO NO ESTUDO NA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	19
FIGURA 4 COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DOS ELEMENTOS COMPONENTES DO CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	29
FIGURA 5 COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO CUSTO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT)	34

RESUMO

CRUZ, Luiz Thiago Castilho. **Avaliação técnica e econômica de trator autocarregável no transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L.f. em Mato Grosso**. 2012. Dissertação - (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT. Orientador: Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa.

Objetivou-se com este estudo fazer uma análise técnica e econômica da atividade de transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L.f., de uma empresa florestal localizada no Estado de Mato Grosso, utilizando o trator autocarregável. A análise técnica englobou um estudo de tempos e movimentos e a análise econômica o cálculo do custo operacional de transporte. A pesquisa foi realizada na Fazenda Campina, de propriedade da empresa Teca do Brasil, localizada no distrito de Pirizal, Município de Nossa Senhora do Livramento (MT). Adotou-se a amostragem casual simples, tendo sido realizado um estudo-piloto do ciclo operacional do transporte principal da madeira visando definir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, a um nível de confiança de 95% de probabilidade. Os resultados demonstraram que o elemento que consumiu a maior parte do tempo total do ciclo operacional de transporte foi o carregamento, com 58%, com o autocarregável apresentando um rendimento operacional médio de 20,77 m³/hora. O item que mais contribuiu na formação dos custos operacionais totais foi o gasto com combustível (22%), sendo o valor do custo operacional total estimado de R\$ 57,72/hora.

Palavras-chave: Colheita florestal, Trator Autocarregável, Custos de transporte.

ABSTRACT

CRUZ, Luiz Thiago Castilho. **Technical and economical evaluation of the main transport tractor autocarregável wood *Tectona grandis* L.f. in Mato Grosso.** 2012. Dissertation – (Master of Forestry and Environmental Sciences) - Federal University of Mato Grosso, Cuiabá – MT. Leader: Professor Doctor Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa.

The objective of this study was to analyze technical and economic activity of the main transport of wood in plantations of *Tectona grandis* L.f in the State of Mato Grosso, using the self - loading tractor. The analysis included a study of motion and time, the economic analysis calculating the operating cost of transport. The study was conducted in Campina Farm, owned by the company Teak in Brazil located in the district of Pirizal, City of Nossa Senhora do Livramento (MT). Adopted the simple random sampling, was conducted a pilot study of the operating cycle of the main transport of wood to set the number of observations required to provide a maximum sampling error of 5% and a confidence level of 95%. The results showed that the element consumed most of the total cycle time was operating loading, with 58% with an average operating efficiency found from 20.77 m³ / hour. The cost of fuel was the item that most contributed to the formation of total operating costs with 22% and the value of the total operating cost was estimated at R \$ 57.72 / hour.

Keywords: Timber harvesting, Farm Tractor Autocarregável, Transport costs.

1. INTRODUÇÃO

No agronegócio brasileiro umas das atividades que vem se destacando e se desenvolvendo é o setor florestal (SIMÕES, 2008), em virtude de novas tecnologias empregadas com o propósito da criação de condições de inovação, desenvolvimento e otimização dos recursos empregados aos diversos elos da cadeia produtiva deste segmento.

Considerando-se que a produção de madeiras é uma condição básica para o desenvolvimento de importantes indústrias na área de siderurgia, papel e celulose, de movelaria, construção civil e de outros setores (SOBRINHO, 1995), a atividade florestal surge como um dos mais promissores segmentos da economia em diversos países.

Segundo dados da Associação Brasileira de Celulose e Papel (2011), a participação do setor de celulose e papel nas exportações correspondeu a aproximadamente US\$ 6.598.000.00, respondendo por 2,82% da balança comercial brasileira.

De acordo com os dados da Cia Suzano de Papel e Celulose descrito por Ribeiro (1997), o transporte na empresa chega a representar cerca de 30% do custo final da madeira posto-fábrica, 13% do custo final da celulose e 5% do custo final da produção do papel. O autor menciona ainda que esses valores podem variar de acordo com a distância entre as florestas e a fábrica, ocorrendo em consequência disso a necessidade das empresas produtoras de Celulose buscarem a redução do raio médio de transporte, visando a redução desses custos.

Martini e Leite (1988) citado por Sousa (2000), mencionam que o transporte representa cerca de 40% à 50% do custo final da madeira posto-fábrica, demonstrando a importância dessa atividade para a manutenção da produção e o abastecimento da indústria.

Com o aumento da demanda por madeira, a redução da disponibilidade da mão-de-obra e o aumento do custo de salários e encargos sociais principalmente nas regiões mais industrializadas, diversas empresas passaram a procurar sistemas de colheita alternativos

(MOREIRA, 1998), introduzindo a mecanização nas atividades com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir os custos.

As principais causas da crescente mecanização das atividades de colheita florestal são a busca do aumento da produtividade e a necessidade de redução dos custos de produção (FONTES, 1996), além da melhoria nas condições de trabalho (saúde e segurança). Em decorrência disso, o processo de mecanização requer investimentos iniciais muito altos e, dependendo da forma de condução do sistema, pode haver grande desvalorização do produto final.

No Brasil o processo de mecanização das operações de colheita de madeira se intensificou no início da década de 90 e vem se consolidando cada vez mais (BRAMUCCI e SEIXAS, 2002), principalmente em função da redução da dependência de mão-de-obra, melhoria das condições de trabalho, redução do custo final da madeira posto - fábrica e da necessidade de manter o abastecimento regular e em quantidades cada vez maiores de madeira por parte das indústrias.

O processo de tomada de decisão com base no planejamento e na combinação de informações disponíveis utilizando os múltiplos recursos a fim da proposição de ações possíveis (MACHADO, 2000), são algumas das alternativas que podem ser adotadas pelas empresas de transporte de madeira no sentido de minimizar os problemas relacionados com esta atividade.

A necessidade de rapidez no fluxo de transporte de madeira, a competição crescente dos mercados consumidores, as exigências dos padrões de qualidade e a cobrança da sociedade em relação ao meio ambiente (SOUSA et al., 2002), são alguns dos fatores que incentivam o desenvolvimento de estudos relacionados à tomada de decisão pelas empresas, visando a otimização do transporte principal de madeira.

Neste contexto este estudo foi desenvolvido no segmento de transporte florestal de madeira de *Tectona grandis* L.f. em Mato Grosso, classificado por Seixas (1992) como transporte secundário ou principal.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar técnica e economicamente a utilização do trator autocarregável no transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L.f. em uma empresa florestal de Mato Grosso, caracterizado como sistema de toras longas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar e analisar o ciclo operacional do respectivo trator autocarregável no transporte principal de madeira por meio de um estudo de tempos, movimentos, rendimentos e produção.
- Determinar e analisar os custos operacionais da atividade de transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L.f.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. COLHEITA FLORESTAL

A colheita florestal forma um conjunto de operações realizadas no maciço florestal visando preparar e conduzir a madeira até o local de transporte (MACHADO, 2008), utilizando técnicas e normas estabelecidas com o objetivo de transformá-la em um produto final para ser comercializada. A colheita florestal é composta pelas seguintes etapas: corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento quando realizado no campo, extração e carregamento.

A Colheita florestal é o conjunto de atividades que são realizadas no interior da floresta com o objetivo de fazer a derrubada, extração e o transporte da madeira. Este conjunto de atividades está ligado ao planejamento de longo prazo (ZAGONEL, 2005), planejamento operacional, sistema de extração e consumo das unidades industriais, ocasionando um reflexo na sustentabilidade do meio ambiente.

A fase final de um ciclo que se inicia desde a implantação do povoamento até a operação de extração e carregamento é representada pela colheita florestal (ARCE et al., 2004), ao qual, no início dessa operação, o traçamento das árvores de forma correta é um item fundamental para estabelecer a quantidade e a qualidade dos diferentes tipos de produtos que vão ser obtidos da floresta.

2.2. EVOLUÇÃO DA MECANIZAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL

De acordo com Souza et al. (2008), a evolução da Colheita Florestal no Brasil pode ser dividida em quatro fases:

- a) Década de 1940: Colheita manual em que as máquinas florestais ainda não eram utilizadas, com grande contingente de mão-de-obra empregada, aumentando os custos da operação e os riscos de acidentes.
- b) Década de 1970: Início da modernização dessas atividades de colheita no Brasil, com a produção de máquinas de porte leve e médio. Colheita

semi-mecanizada (utilizando motosserras) e mecanizada (com tratores equipados com pinça hidráulica - *Skidder*).

c) Década de 1980: Surgimento dos primeiros tratores florestais capazes de cortar e empilhar madeira (*Feller-buncher*).

d) Década de 1990: Surge uma máquina capaz de cortar, desgalhar, descascar, empilhar e traçar a madeira, simultaneamente (*Harvester*).

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

No início das atividades de reflorestamento no Brasil, poucas empresas utilizavam a mecanização nas operações de colheita florestal. Até a década de 40, praticamente não havia emprego de máquinas na colheita florestal. Durante muitos anos, as máquinas dependeram do uso de equipamentos adaptados dos setores agrícola e industrial para a sua operação (MACHADO, 2002). 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.

O surgimento e a evolução das motosserras livraram o trabalhador florestal de uma atividade rudimentar (corte com machado ou serra manual) e foram os primeiros passos para a aplicação gradual de máquinas na colheita de madeira (SANT'ANNA, 1998), entretanto ainda é uma atividade perigosa e de elevada exigência física. Nas áreas de topografia acidentada no Brasil, a mecanização do corte florestal ainda é pouco utilizada, devido aos altos custos e riscos envolvidos com essas operações. Assim sendo, pode-se dizer que o operador de motosserra do futuro irá trabalhar, principalmente, em regiões montanhosas do país.

O uso de equipamentos modernos na colheita e extração florestal, como *feller-buncher*, *forwarder* e outros começou no Brasil na década de 1970, com vários modelos e protótipos desenvolvidos e adaptados em tratores agrícolas e foram baseados em equipamentos específicos

desenvolvidos em países do hemisfério norte (BANTEL 2006). Com as dificuldades de importação, principalmente o alto custo de aquisição e manutenção de equipamentos adequados, levaram a indústria mecânica brasileira a testar muitos modelos de máquinas com princípios diferentes, juntando conhecimentos e atraindo fabricantes estrangeiros para o Brasil, que vislumbravam um promissor e competitivo mercado em nosso país.

Atualmente no Brasil em sistemas mecanizados, o corte de florestas plantadas é feito com diversas máquinas nacionais e importadas (SANT'ANNA, 2002), disponíveis no mercado. As principais linhas de máquinas dividem-se em três grupos: motosserras, *feller-bunchers* (tratores derrubadores acumuladores) e *harvesters* (tratores florestais colhedores).

Os tratores florestais que são utilizados na colheita florestal são de grande porte, pesados, com elevada potência no motor e maior velocidade de deslocamento ao qual permite uma grande mobilidade e proporciona aumento na sua capacidade operacional (LIMA e LEITE, 2008), uma vez que realizam maior quantidade de trabalho em menor tempo. Ainda em relação aos tratores florestais, eles possuem características e recursos próprios que os deixam muito à frente dos tratores agrícolas convencionais, constituindo uma categoria especial, cujas aplicações são usadas no corte, no processamento e na extração florestal.

De acordo com Machado (2008) o cenário atual da colheita florestal no Brasil é formado por três divisões: As grandes empresas, que dispõem de máquinas leves, médias, pesadas e altamente sofisticadas; as empresas médias, que utilizam máquinas e equipamentos pouco sofisticados e mão-de-obra especializada; e por último as pequenas empresas, que continuam a utilizar métodos rudimentares, baseados em mão-de-obra pouco qualificada.

Existem vários tipos de colheita de madeira, podendo variar de empresa para empresa (FIEDLER,1995), dependendo da topografia, do rendimento volumétrico dos povoamentos, do tipo de povoamento, do uso final da madeira, das máquinas, dos equipamentos e dos recursos disponíveis.

A aquisição de máquinas empregadas na colheita florestal necessita inicialmente de alto investimento financeiro, o qual implica em definir qual será a máquina ou o conjunto mais recomendado para a racionalização dessa operação (SIMÕES, 2008), o que compete em cada empresa escolher conforme as suas necessidades, tendo por objetivo final atingir o menor custo possível e sustentação em longo prazo, adotando-se práticas economicamente viáveis.

2.3. SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA

Um sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais, desde o momento da derrubada até a madeira posta no pátio da indústria transformadora. Para que ocorra o sucesso do sistema adotado pela empresa é necessário que todos os elementos componentes desse sistema atinjam o mesmo objetivo (MALINOVSKI et al., 2008), ou seja, obedecendo a hierarquia e mantendo a concordância no plano global da empresa.

A avaliação dos sistemas de colheita de madeira, independentemente do tipo de mecanização utilizado, é uma ferramenta fundamental para melhorias ou qualquer alteração no processo de produção florestal (LOPES, 2007), visando sempre à racionalização e otimização dos recursos utilizados. Trata-se, ainda, de um instrumento indispensável na comparação de diferentes métodos ou equipamentos.

2.4. TRANSPORTE FLORESTAL

Silva, et al. (2007), descrevem o transporte florestal em que consiste na movimentação de madeira dos pátios ou das margens das estradas nos talhões até o local de consumo ou pátio das empresas.

O transporte florestal é classificado em duas etapas, o transporte primário e o transporte secundário (SEIXAS, 1992). O transporte primário ocorre geralmente em distâncias curtas, que envolve a retirada de

madeira de dentro da floresta até carregadores que permitam o acesso dos caminhões que farão a etapa seguinte de transporte. Essa outra etapa é chamada de transporte principal, onde é realizado o deslocamento da madeira que está na margem da floresta na beira da estrada até os centros consumidores ou indústrias de transformação, isto é, o transporte que se dá fora do talhão.

O transporte primário de madeira representa a fase final da colheita florestal (SIMÕES e FENNER, 2010), que ocorre logo após a derrubada e processamento e consiste na movimentação da madeira desde o talhão até as margens das estradas florestais. Nesse processo geralmente são usados os tratores agrícolas autocarregáveis e os *forwarders*.

Machado et al. (2000), define o transporte florestal como a movimentação de madeiras dos pátios ou das margens das estradas com destino final o centro consumidor. No Brasil, pode ser realizado por diversos tipos de veículos, em função da distância de transporte, do volume de madeira a ser deslocado, das condições locais da região, da capacidade de carga do veículo e dos tipos de equipamentos de carregamento e descarregamento. Ainda segundo o autor no Brasil existem vários métodos de transporte florestal, como o transporte ferroviário, o transporte hidroviário, o transporte aeroviário, o transporte fluvial e o transporte dutoviário.

A modalidade rodoviária com o uso de caminhões de diferentes marcas e modelos é a modalidade de transporte principal de madeira mais utilizada no Brasil (LEITE, 2002), devido à existência da extensa malha rodoviária em todo o território Brasileiro e a grande diversidade de caminhões existentes, o que facilita a contratação de fretes pelas empresas florestais. Em menores escalas são utilizadas as modalidades de transporte ferroviário e hidroviário, este último usado principalmente na região Amazônica.

Leite et al. (1993), informam que o caminhão adquiriu importância no transporte de madeira nos últimos anos, devido aos seguintes fatores: grande quantidade de volume de carga de madeira movimentada entre as empresas, possibilidade de deslocamento de mercadorias “pátio-a-pátio”, maior flexibilidade na escolha das rotas alternativas de transporte e

possibilidade de transportar diferentes capacidades de cargas em diferentes caminhões.

A distância entre as florestas e as fábricas juntamente com a quantidade de madeira transportada, determinam a porcentagem da participação dos custos de transporte no custo final do valor da madeira (RIBEIRO, 1997) bem como a quantidade de caminhões demandados.

A rapidez nos fluxos de transporte, a crescente competitividade dos mercados, as exigências de padrões de qualidade e as expectativas da sociedade em relação ao meio ambiente (SOUSA, 2000), são os principais fatores que tornam a necessidade e o desenvolvimento de estudos de logística dos processos de tomada de decisão aplicados para o transporte principal de madeira.

2.5. OS TRATORES AUTOCARREGÁVEIS

O trator autocarregável recebe a denominação de *pré-forwarder*, o qual é um trator agrícola associado a uma carreta florestal e uma grua, podendo substituir o Forwarder (BELMONTE, 2005), porém com menor capacidade e rendimento, em função de o mesmo não ser uma máquina própria para esta finalidade.

O autocarregável é um conjunto formado por um trator agrícola e uma carreta com grua utilizado na extração de madeira (SEIXAS, 2008), está classificado em um nível intermediário de mecanização florestal e são utilizados tratores com potência a partir de 80 CV que permite fazer operações com toras de 2,5 m à 5 m de comprimento, com capacidade de carga aproximada de 7,5 toneladas.

Os tratores autocarregáveis são equipamentos que possuem uma plataforma de carregamento, onde serão colocadas as toras, e uma grua capaz de agarrar feixes de árvores e depositá-los na plataforma (RÍGOLO e BAPTISTA, 2009), fazendo toda a movimentação da madeira na operação de carga e a descarga, com a função de baldeio da madeira para fora do talhão.

Pezzoni Filho (2011) cita o trator autocarregável como uma das máquinas utilizadas na extração mecanizada. O autor ainda destaca que em virtude do custo elevado de aquisição dos *forwarders*, foram feitas adaptações de máquinas agrícolas, sendo que o trator autocarregável é composto por trator agrícola com carreta e grua acoplados, indicado para extração em florestas com inclinações laterais em torno de no máximo 10%.

Os autocarregáveis são diferentes dos *forwarders*, embora executem as mesmas funções, possuem custos e produtividades com realidades diferentes. Os *forwarders* são máquinas florestais criadas e destinadas exclusivamente para a operação de baldeio, enquanto os autocarregáveis são tratores agrícolas adaptados destinados para fazer a mesma operação (FREITAS et al. 2009) e com a madeira sendo transportada sem contato com o solo, diminuindo os danos em relação aos processos erosivos e de assoreamento do solo, comparada ao arraste realizado com os *skidders*.

2.6. ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

O estudo de tempos iniciou-se com Taylor em 1881 e o dos movimentos com o casal Gilbreth por volta de 1885 (MACHADO, 1984). Após a descoberta destas técnicas, logo apareceram controvérsias a respeito da utilização de uma técnica ou de outra, a partir daí até nos dias de hoje utiliza-se a combinação dos dois métodos.

O estudo de movimentos e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho (BARNES, 1977), com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Uma das melhores ferramentas de trabalho no campo da engenharia quando se deseja determinar a eficiência no trabalho é

através do estudo de tempos e movimentos (TUJI JÚNIOR et al., 2002), com a determinação de padrões para os programas de produção e redução de custos industriais.

A importância do estudo de tempos e movimentos se dá em vários aspectos e em várias aplicações (SILVA et al., 2004), fornecendo informações para a viabilidade de recursos na execução de cada fase na implantação de um projeto.

Segundo Loffler (1982) citado por Leite et al. (1993), o estudo de tempo é o método de pesquisa mais utilizado em operações florestais pois, consiste em registrar o tempo consumido para cada elemento do ciclo operacional de trabalho. Mialhe (1974) citado por Leite et al. (1993), descreve a importância do estudo dos movimentos como o método de trabalho utilizado associado com o tempo gasto na execução de uma tarefa.

O estudo de tempos e movimentos na exploração florestal procura encontrar a melhor técnica de se executar uma operação, enquanto determina o seu tempo-padrão (MACHADO, 1984) dentro de um clima econômico, social e ecológico. Tem também como finalidade determinar futuramente, a produção e os custos, seguindo normas técnico-econômicas, ecológicas e sociais.

Os responsáveis pela colheita e transporte florestal devem conhecer plenamente o processo produtivo das operações e trabalhar continuamente com os estudos de tempo e movimentos (FIEDLER, 2010), para facilitar a análise da demanda, definição de turnos, análise dos custos, cálculo da eficiência operacional e disponibilidade mecânica.

2.7. CUSTOS OPERACIONAIS

Na colheita florestal os custos são relacionados com as operações que vão desde a roçada pré-corte até o empilhamento da madeira na beira da estrada. Na área econômica os termos custos, despesas e gastos são muitas vezes confundidos, mas na verdade cada termo tem o seu significado próprio (SILVA et al., 2008). As despesas são os valores

de todo o pagamento a vista ou em crédito realizado pela empresa com ou sem compensação na produção. Os gastos são todos os consumos de valores ou materiais e energia que são expressos em valores dentro da empresa. Já os custos referem-se ao dispêndio efetuado em recursos utilizados no processo de produção de uma firma.

Denomina-se custo operacional de máquinas o somatório de todos os custos resultantes da aquisição e operação deste equipamento. (MACHADO, 1989).

O preço a ser pago pela madeira comercializada nas atividades florestais muitas vezes é avaliado através de cálculos que envolva dados de custos e receitas (GRAÇA et al., 2000), para que no final a empresa possa verificar se a compra é oportuna do ponto de vista dos próprios custos.

Os custos envolvidos na colheita e transporte florestal variam conforme as condições locais (MACHADO, 1984), bem como outros fatores como: o desempenho dos diversos grupos de trabalho, a supervisão, as condições climáticas, as máquinas e equipamentos disponíveis, etc.

Os custos de um projeto florestal no que se referem à construção de estradas, da manutenção de um plantio ou colheita florestal, incluem mão-de-obra, máquinas de trabalho, materiais e ferramentas manuais (FAO, 1978). O custo de cada uma dessas operações se dá em função de: produção por unidade de tempo e custo unitário de tempo, expresso como custo por unidade de produção (custo/m³). A determinação dos custos reais da mão-de-obra e do funcionamento das máquinas deve ser bem compreendida. Qualquer intenção em comparar os sistemas de exploração florestal, com a finalidade de selecionar o modelo mais econômico sem considerar todos os fatores que fazem parte dos custos da mão-de-obra e dos maquinários, pode levar facilmente a uma tomada de decisão errada. Pode, por exemplo, ocorrer o erro de deixar de incluir os encargos sociais no custo da mão-de-obra (FAO, 1978) e os montantes atribuídos à depreciação nos custos de funcionamento da máquina colocando em risco a viabilidade do projeto.

A introdução do trator articulado nas operações de colheita e transporte florestal tem como objetivos aumentar o volume da produção e reduzir os custos (VALENZUELA, 1975), o que significa uma nova situação de custos que deve ser estudada e analisada cuidadosamente para responder perguntas como o valor do custo horário da máquina e os custos da colheita por unidade de produção.

As diferentes formas de se fazer o cálculo dos custos operacionais de máquinas florestais tem a vantagem de oferecer maior flexibilidade (FREITAS et al., 2004) e adaptação para os diferentes equipamentos. A partir da escolha de um determinado método, pode-se correr o risco de utilização do método de custo inadequado para o equipamento com que se está trabalhando.

2.7.1. Custos fixos

Os custos de forma geral podem ser divididos em custos fixos e custos variáveis (SILVA et al., 2008), onde os custos fixos são os que ocorrem independentemente do nível de produção do equipamento ou máquina, como por exemplo: depreciação. Juros, impostos, seguros, alugueis.

Alguns desses custos citados anteriormente são os mais utilizados no cálculo dos custos operacionais (SILVA et al., 2008), e são detalhados como se segue:

Custos de depreciação: Refere-se aos custos referentes ao processo natural de desvalorização da máquina, ao longo de sua vida útil. As causas dessa desvalorização com relação ao tempo podem ser por ferrugem e desgaste físico em razão de seu uso ou surgimento de máquinas mais modernas e mais práticas.

Custos de juros: Os custos de juros se referem ao pagamento pelo uso do capital e podem ser divididos em juros reais (quando o capital é emprestado) e juros calculados (quando o capital é o próprio da empresa).

Custos de impostos: Se refere as taxas e impostos contribuídos pela empresa na colheita florestal, como exemplos: taxa de cadastro e registro, taxa florestal, taxa de registro de motosserra, ICMS, INSS, IPVA, entre outros.

Custos de prevenção ou custo de seguros: Se refere aos custos das atividades planejadas com a intenção de assegurar que bens e serviços defeituosos ou que não atendam os requisitos da empresa não sejam produzidos.

2.7.2. Custos variáveis

Este custo refere-se aqueles que ocorrem nas empresas considerados custos variáveis, ao qual, ocorrem somente a partir da produção de uma unidade do produto (SILVA et al., 2008) e variam à medida que a produção aumenta. Podem-se exemplificar os custos variáveis como os custos com os insumos, utilizados na produção.

Os custos variáveis são definidos como o somatório de todos os custos quem variam conforme a produção (BERGER et al., 2003), ou seja, custos com combustíveis, lubrificantes, pneus e manutenção. Estes itens citados anteriormente como exemplo estão relacionados com os custos de máquinas e equipamentos utilizados na área de colheita e transporte florestal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Campina, de propriedade da empresa Teca do Brasil, localizada no distrito de Pirizal, Município de Nossa Senhora do Livramento (MT), nas coordenadas geográficas de 16°12'32" S e 56°22'57" W, no período de junho a agosto de 2011.

A região onde a fazenda Campina está inserida fica localizada na parte norte do Pantanal Mato-grossense. A área onde o estudo foi realizado não sofre as inundações anuais típicas da região e por esta razão, é conhecida por “cordilheira”, uma denominação tipicamente local (LUDKE, 2004). A vegetação natural que existia na área da fazenda era de Floresta Estacional, e a sua remoção foi efetuada há muitos anos para uso agrícola com o cultivo de arroz e posteriormente para a atividade de pecuária antes da implantação do plantio de Teca.

O clima da região segundo a classificação de *Tornthwait*, é caracterizado como Tropical (MUSIS, 1997), sendo a precipitação média de 1200 à 1300 mm/ano, a temperatura média é de 25°C, a mínima de 20°C e a máxima de 35°C. A evapotranspiração média é de 4,0 à 4,1 mm/dia, e a umidade relativa do ar média é de 70% à 75%. Estas informações são de uma série temporal de mais de dez anos das estações do 9º Distrito de Meteorologia, que abrangem a área do trabalho (CAMPELLO JÚNIOR, 1991).

Segundo Jacomine (1995), o solo da região é classificado como Planossolo Eutrófico, com ph em torno de 6,10 e teores de fósforo e potássio aproximadamente de 19,3 e 120,0 mg/dm³. A análise da composição física do solo resultou na quantidade de 485g/kg de areia, 115 g/kg de silte e 400 g/kg de argila.

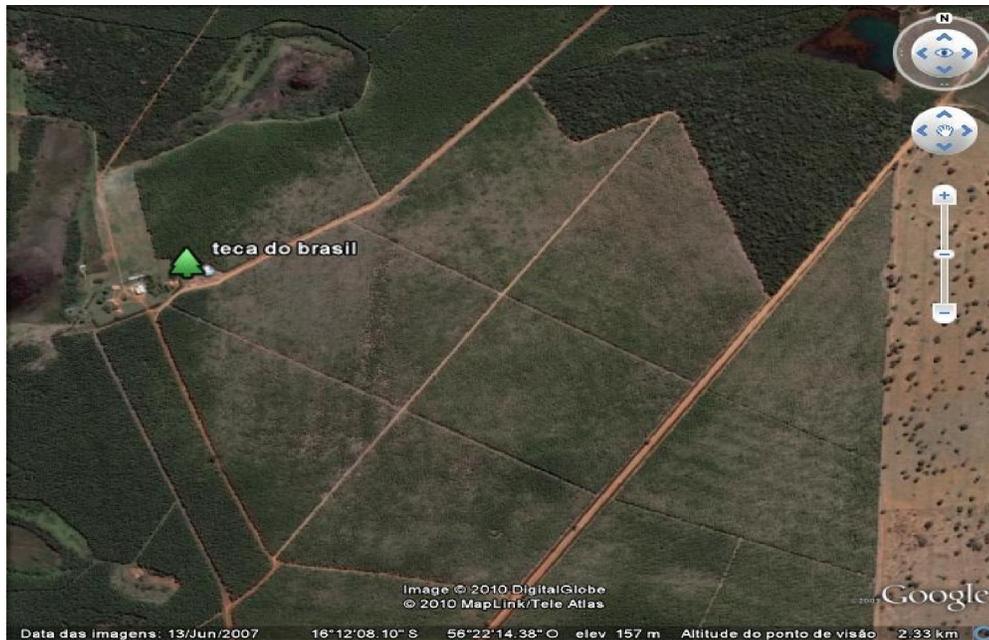


FIGURA 1 – VISTA AÉREA DA FAZENDA CAMPINA, DE PROPRIEDADE DA EMPRESA TECA DO BRASIL, LOCALIZADA NO DISTRITO DE PIRIZAL, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

3.2. ÁREA REFLORESTADA

O reflorestamento da empresa na região é constituído de talhões plantados com a espécie *Tectona grandis* (Teca). Na implantação do povoamento, a vegetação de pastagem existente na área foi removida pela grade pesada e o solo foi descompactado mecanicamente com subsolador, destorroado e nivelado. Após o preparo mecânico foram marcadas as linhas do plantio e abertas covas manuais no espaçamento 3,0m x 3,0m, sendo as mudas plantadas, adquiridas em viveiro comercial.



FIGURA 2 – VISÃO GERAL DO PLANTIO DE TECA NA FAZENDA CAMPINA, DE PROPRIEDADE DA EMPRESA TECA DO BRASIL, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT). FONTE: TECA DO BRASIL.

3.3. SISTEMA DE COLHEITA DA EMPRESA

As toras transportadas eram provenientes de talhões homogêneos e equiâneos em período de desbaste aos 11 anos de idade, com altura média de 19 metros, dap médio de 21 cm à 1,3 metros de altura, sendo a madeira destinada ao abastecimento de uma serraria localizada dentro da fazenda, com toras de 2,40 metros de comprimento em média.

A operação de corte é realizada com motosserra e em seguida são feitas as operações de desgalhamento, definição do fuste comercial e destopamento no local de derrubada das árvores, caracterizando o sistema de toras longas segundo Malinovski et al. (2008). A operação de extração das toras é feita com o trator acoplado com garra florestal (*mini-skidder*) e os fustes depois de arrastados são dispostos perpendicular a linha da estrada na margem do talhão, realizando-se na sequência o traçamento destes com motosserra, em toras de 2,40 metros de comprimento em média para em seguida, proceder - se o transporte principal com o trator autocarregável até o pátio da serraria.

3.4. DESCRIÇÃO DO AUTOCARREGÁVEL

O maquinário utilizado no transporte principal pela empresa é o trator autocarregável, composto por um trator agrícola da marca Valtra (PAMPA), modelo BM 110 4 x 4 de cor amarela, ano de fabricação 2008, com rodado de pneus da marca Pirelli TM 95 com a parte traseira modelo 18.4-34 R1 e a parte dianteira modelo 14.9-24 R1. O Combustível é o óleo diesel e a potência do motor deste trator é de 110 CV, com capacidade do tanque de combustível de 180 litros de óleo diesel suficientes para 30 horas de trabalho aproximadamente. A carreta acoplada ao trator agrícola para formar o conjunto autocarregável é da marca PENZSAUR, modelo 5,53 WH, com peso aproximado de 1490 kg e, capacidade máxima de carga de 12 toneladas. O comprimento da carreta é de 5 m, a largura do fueiro é de 2,10 m e a altura do fueiro é de 1,70 m. A carreta é composta com rodado de pneus da marca Trelleborg modelo 500/60 e por uma grua florestal de acionamento hidráulico. A grua acoplada na carreta tem um alcance máximo de abertura do braço hidráulico na horizontal de 5,40 m, sendo a largura (abertura) máxima da garra desta grua de 1,40 m, com capacidade máxima de carga de 1090 kg.



FIGURA 3 – VISÃO GERAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL UTILIZADO NO ESTUDO NA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

3.5. CICLO OPERACIONAL DO TRANSPORTE PRINCIPAL

O trator autocarregável utilizado pela empresa é responsável pelo transporte principal de madeira, ou seja, a movimentação desde a margem do talhão até a serraria, localizada dentro da própria fazenda.

O ciclo operacional do trator autocarregável no transporte principal de madeira de Teca é composto dos seguintes elementos parciais em ordem de ocorrência:

Viagem sem carga que inicia-se com o deslocamento do autocarregável vazio desde o pátio da serraria até o talhão onde se encontravam as pilhas de toras e terminava com o posicionamento

(término da frenagem) do autocarregável próximo a primeira pilha a ser carregada.

Carga ou Carregamento inicia-se com o posicionamento das sapatas laterais da carreta no chão objetivando dar apoio para o movimento de levantamento da grua. Em seguida a grua foi acionada junto às pilhas de toras que estavam dispostas na margem da estrada realizando o procedimento de carregamento propriamente dito. Essas ações com a grua foram repetidas várias vezes até completar a capacidade do compartimento de carga. Quando uma pilha de toras não é suficiente para completar a capacidade de carga do equipamento, torna-se necessário o deslocamento até a próxima pilha de toras de tal maneira a completar a carga, caracterizando o que denomina-se viagem de carga. O posicionamento da grua descansando sobre a carga completa de toras caracteriza o término da fase da operação de carga. O número de movimentos da grua necessários para encher o compartimento de carga foi mensurado e anotando-se a quantidade de toras em cada movimento da grua e as estacionadas do autocarregável durante a carga. Neste trabalho o tempo da viagem de carga não foi anotado devido ao objetivo do trabalho em apenas anotar os tempos totais da carga.

Viagem com carga inicia-se quando o autocarregável levantava as sapatas e fazia o percurso com a carreta a plena carga desde a beira do talhão e terminava com a sua chegada até o pátio da serraria.

Descarga ou Descarregamento inicia-se quando o autocarregável estacionava no pátio da serraria e baixava as sapatas da carreta, em seguida acionando a grua e a garra retirava as toras do compartimento de carga e colocando-as nas pilhas do pátio de abastecimento da serraria, onde se terminava essa operação.

Interrupções ocorreram quando foram feitas paradas durante a realização de qualquer um dos elementos citados anteriormente. Estas foram classificadas em interrupções mecânicas (manutenção e ajustes da máquina) e não mecânicas (refeições, supervisão e necessidades pessoais).

3.6. NÚMERO DE AMOSTRAS

Nesse trabalho utilizou-se a amostragem casual simples que é o método básico de seleção probabilística em que durante a seleção de uma amostra todas as combinações possíveis de unidades amostrais têm iguais chances de serem selecionadas (SOARES et al., 2006). Assim cada ciclo operacional completo realizado (viagem sem carga, carregamento, viagem com carga, descarregamento e interrupções) foi considerado como uma amostra, sendo as selecionadas analisadas sem reposição. A população analisada caracterizou-se portanto, como uma população finita.

Para estimar a quantidade de amostras necessárias ao conhecimento prévio da variável de interesse da população estudada, com uma precisão e com um nível de confiança fixado, calculou-se a intensidade amostral.

Para se conhecer o local da pesquisa foram realizados estudos preliminares na área por intermédio da amostragem piloto do ciclo operacional de transporte principal de madeira, a fim de se definir o número de observações necessárias para um limite de erro pré-estabelecido de 10% e, um nível de probabilidade de 95% de confiança.

Para o cálculo do número necessário de amostras utilizou se a metodologia proposta por Barnes (1977), por meio da seguinte expressão:

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

em que:

n = número mínimo de ciclos operacionais necessários

t = valor de t de Student, para o nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade

CV = coeficiente de variação em porcentagem

E = erro admissível, em porcentagem

Para a amostragem piloto foram levantados aleatoriamente 22 ciclos operacionais de transporte na área de desenvolvimento das atividades. Após o cálculo da intensidade amostral com base na amostra

piloto, realizou-se uma nova coleta de dados na área (amostragem), visando atender ao objetivo pré-estabelecido neste estudo.

3.7. TEMPOS E MOVIMENTOS DO CICLO OPERACIONAL

A coleta de dados de tempos e movimentos foi efetuada pelos métodos de cronometragem de tempo contínuo e de tempos parciais. O método contínuo caracteriza-se pela medição do tempo de realização da operação sem interrupção do cronômetro, isto é, de forma contínua já o método de tempo parcial caracteriza-se pela interrupção do cronômetro em cada ponto de medição da atividade definido antecipadamente, ou seja, cada elemento parcial componente da operação foi medido individualmente.

No estudo, foram utilizados dois cronômetros, um cronômetro para registrar o tempo total do ciclo completo e o outro para registrar os tempos parciais individuais de cada elemento componente do ciclo de transporte, sendo os dados de campo coletados e registrados em formulários específicos. Os tempos totais de cada ciclo operacional foram obtidos pelo somatório dos tempos de cada elemento que compõem o ciclo operacional.

3.7.1. Rendimento operacional

Para se calcular o rendimento operacional do trator autocarregável em metros cúbicos por hora, utilizou-se a fórmula apresentada por Simões (2008), conforme a equação (2):

$$R = \frac{V}{T} \quad (2)$$

Em que:

R = rendimento operacional médio (m³/hora)

V = volume médio, em metros cúbicos de madeira com casca transportada por ciclo operacional (m³). Neste estudo o volume médio de

madeira foi obtido por meio da medição direta desta, no compartimento de carga da carreta do autocarregável.

T = tempo médio em horas necessário para completar o ciclo operacional (h).

Os valores médios de rendimento operacional para o transporte principal de madeira foram obtidos com base no estudo de tempos e movimentos referentes ao ciclo operacional do trator autocarregável, de acordo com o volume de madeira transportada (em m³), juntamente com a capacidade de carga da máquina.

3.8. CUSTO OPERACIONAL DO TRANSPORTE PRINCIPAL

A análise econômica do transporte principal de madeira baseou-se na determinação dos parâmetros dos custos operacionais fixos e variáveis do trator autocarregável analisado, utilizando-se como referência as metodologias propostas pela FAO (1974); Machado (2000), e Silva et al. (2008).

Os custos operacionais do trator autocarregável foram estimados em reais por hora de trabalho (R\$/h). Os valores referentes aos gastos com salários, combustíveis, lubrificantes e outros itens foram disponibilizados pela empresa onde desenvolveu-se o estudo, bem como obtidos de informações dos fabricantes das máquinas.

3.8.1. Custos fixos:

$$(D) \text{ Depreciação} = \frac{V - R}{n} \quad \text{em R\$/ano, conforme Silva et al. (2008)} \quad (3)$$

Onde:

V = É o Valor de aquisição do conjunto do autocarregável (trator agrícola + carreta), O valor de aquisição fornecido pela empresa foi o de R\$ 295.000,00. Sendo Trator Valtra: R\$ 125.000,00 e Carreta Penzsauro: R\$ 170.000,00

R = Valor de revenda (valor de resto). Na impossibilidade de se obter o valor real de revenda, utiliza-se 10% do valor de aquisição (V). No estudo o valor de revenda é de R\$ 29.500,00

n = Vida útil em anos. Vida útil do trator autocarregável. No caso de tratores adaptados foi considerado o tempo de 10 anos, conforme as informações do fabricante.

$$(J) \text{ Juros} = \frac{V}{2} \times i \text{ em R\$/ano, conforme Silva et al. (2008)} \quad (4)$$

Para cálculo dos custos de juros considerando-se bens de duração limitada.

Onde:

V = Valor de aquisição do trator autocarregável (trator+carreta)

i = Taxa de juros referentes ao ano em porcentagem. No caso de máquinas e empreendimentos agrícolas a taxa usada foi de 8,25% de acordo com o Banco do Brasil pelo Fundo de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) no período de dezembro de 2011. No caso dos cálculos a taxa de juros é de 0,0825.

(S) Seguros anuais = Na impossibilidade de se obter o valor real, usou-se 3% do valor de aquisição (FAO, 1974). No estudo o valor analisado corresponde à 3% de R\$ 295.000, em R\$/ano. (5)

(CMO) Custo de mão de obra

$$\text{CMO} = \frac{12 \cdot \text{Sm} \cdot (1+f)}{U} \text{ em R\$/ano, conforme FAO (1974)} \quad (6)$$

Onde:

12 = Representa uma constante equivalente aos 12 meses do ano.

Sm = Salário mensal. Para efeito dos cálculos foi considerado o salário do tratorista que recebeu por mês R\$ 1.100,00, vigente nos meses de junho a agosto de 2011.

f = Encargos sociais legais expressos em porcentagem do salário mensal, no caso considerou-se 45,5% do valor do salário mensal.

U = Horas de trabalho por ano. Considerando-se um turno de 8 horas por dia e uma média de 24 dias de trabalho por mês. Assim, temos U = 2.304 horas de trabalho por ano.

3.8.2. Custos variáveis:

Manutenção e reparos = conforme FAO (1974)

$$\text{Manutenção e reparos} = \frac{\{(40\%.D)+[3\%.D].(U/100)\}}{U} \text{ em R\$/hora.} \quad (7)$$

Onde:

D = Custo de depreciação anual do trator autocarregável, em R\$/ano

U = Horas de trabalho correspondente à 2.304 horas de trabalho por ano.

Para o cálculo dos custos de manutenção e reparos considera-se a proporção do grau de utilização das máquinas. Uma parte é estimada em torno de 40% da depreciação anual e o restante depende do grau de utilização que para tratores, caminhões e outras máquinas pesadas, o valor corresponde à 3% da depreciação anual por cada 100 horas de trabalho (FAO, 1974).

Combustível = Consumo em litros de óleo diesel do conjunto autocarregável nas atividades do ciclo operacional. Considerou-se o consumo médio de 6 litros por hora com ao preço de R\$ 2,12 por litro de diesel na bomba do posto de abastecimento na cidade de Livramento - MT, em agosto de 2011 e 2304 horas de trabalho por ano.

Lubrificantes = Neste item foram agrupados e somados todos os custos referentes ao consumo relacionados aos óleos e aos lubrificantes, segundo informações do fabricante do trator autocarregável que se segue.

Óleo do motor: 12 litros de óleo 15 W 40 – troca a cada 250 horas – R\$ 10,00 o litro.

Óleo de Transmissão/ diferencial/hidráulico: 60 litros de óleo TDH – troca a cada 1.000 horas – R\$ 10,00 o litro.

Óleo Diferencial e cubos dianteiros – 10 litros de óleo SAE 90 – troca a cada 1.000 horas – R\$ 10,00 o litro.

Filtro de ar primário – R\$ 100,00/ano ou R\$ 0,043/hora

Filtro de ar secundário – R\$ 60,00/ano ou R\$ 0,026/hora

Filtro de combustível – R\$ 20,00/ano ou R\$ 0,2/hora

Filtro da transmissão – R\$ 60,00 - troca a cada 500 horas

Filtro do hidráulico – troca a cada 500 horas = R\$ 400,00/ano ou R\$ 0,17/hora.

Filtro do motor – R\$ 40,00 troca a cada 250 horas junto com a troca do óleo.

Custo de pneus = O custo de pneus por hora foi calculado de acordo com a fórmula descrita por Machado et al. (2000).

$$CP = \frac{Z}{y.hv} + \frac{(W+Z).(y.hv - N)}{N.y.hv} \quad \text{em R\$/hora.} \quad (8)$$

Onde:

CP = custo de pneus por hora de viagem (R\$/hora)

Z = custo de consertos em R\$. Corresponde à 50% do custo de substituição do jogo completo (0,50 x W).

W = custo de substituição de um jogo completo de pneus (R\$). No estudo o conjunto de pneus refere-se ao somatório do custo do jogo completo dos pneus do trator autocarregável e da carreta. Conforme pesquisa de mercado, este custo equivale à R\$ 19.553,44 no mês de dezembro de 2011.

Y = vida útil do trator em anos. Conforme a literatura e informações do fabricante, a vida útil para tratores adaptados é de 10 anos.

hv = horas de viagem por ano. No estudo equivale à 2304 horas/ano. Considerou-se as condições, de 8 horas de trabalho, jornada de 24 dias por mês e 12 meses de trabalho no ano.

N = vida útil dos pneus em horas de viagem. Conforme informações do fabricante, considerou-se a vida útil do pneu em 5 anos, o que equivale à 11.520 horas de viagem (5 anos x 2.304 horas/ano).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM

A Tabela 1 apresenta as estatísticas referentes ao estudo piloto para cálculo da intensidade de amostragem.

TABELA 1 – ESTATÍSTICAS REFERENTES A AMOSTRAGEM PILOTO PARA O CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA NO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

Média (min.) do ciclo total de transporte	33,22955
"t" de Student para 22 graus de liberdade	2,079614
Nº de amostras calculado	43,81671
"t" de Student final para 44 graus de liberdade	2,015368
Nº de amostras final	43,79289
CV(%)	21,8975

No estudo piloto para cálculo da intensidade de amostragem, a média do tempo do ciclo operacional total do trator autocarregável, que corresponde à viagem vazia desde o pátio da serraria até o retorno ao mesmo local carregado de toras, é de 33, 22 minutos.

O valor do "t" de Student de 2,079 foi encontrado considerando-se um nível de probabilidade de 95% de confiança e 21 graus de liberdade.

Considerando se o nível de probabilidade de 95% de confiança e 21 graus de liberdade, o valor encontrado para o "t" de *Student* é de 2,079, indicando um número de 43,81 ciclos amostrais calculados a serem coletados para o estudo. Ajustando o valor "t" para o cálculo da intensidade de amostragem final e mantendo o nível de probabilidade de 95% de confiança e 44 graus de liberdade, obtem-se um novo valor de "t" igual a 2,015 e o número final de amostras recomendadas para o estudo, corresponde a 43,79 ciclos amostrais, resultando em um número final de 45 ciclos operacionais coletados.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas referentes a amostragem final, necessária ao cálculo da intensidade amostral do ciclo operacional de transporte.

TABELA 2 – ESTATÍSTICAS REFERENTES À AMOSTRAGEM FINAL PARA O CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

Média (min.) do ciclo total de transporte	39,54
Intervalo confiança (IC) da média (min.)	2,87
Limite inferior do IC (min.)	36,67
Limite superior do IC (min.)	42,41
CV(%)	24,92

Observa-se na Tabela 2 que o tempo médio do ciclo total de transporte do autocarregável aumentou de 33,22 minutos da amostragem piloto para 39,54 minutos da amostragem final. Isso pode ser explicado pelas diferenças nas condições encontradas entre os talhões avaliados como: características das estradas, variações climáticas, habilidades do tratorista, etc.

O coeficiente de variação encontrado (24,92%) para o ciclo operacional total de transporte é semelhante a outros encontrados em trabalhos de transporte florestal. Minette et al. (2004), analisando técnica e economicamente o *Forwarder* em três subsistemas de colheita de Eucalipto para uma distância média de 130 metros encontraram um coeficiente de variação de 25,29%.

Com o intervalo de confiança delimitado para a amostragem final, o tempo mínimo médio estimado para a realização do ciclo operacional do trator autocarregável é de 36,67 minutos e, o tempo médio máximo é de 42,41 minutos.

4.2. ESTUDO DE TEMPO, MOVIMENTO E RENDIMENTO

Os resultados dos tempos médios e custos dos elementos do ciclo operacional do transporte principal de madeiras para uma distância média de 2.600 metros, são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 – TEMPOS E CUSTOS MÉDIOS DOS ELEMENTOS COMPONENTES DO CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

Elementos do ciclo operacional	Tempo (min.)	Custo (R\$)
Viagem sem carga	5,1	4,90
Carregamento	23,7	22,79
Viagem com carga	5,6	5,38
Descarregamento	4,5	4,32
Interrupções	1,0	0,96
Tempo total	39,5	38,08

Pode-se constatar que o carregamento consumiu a maior parte do tempo total do ciclo operacional com uma média de 23,7 minutos, bem como o maior custo, correspondendo em média a R\$ 22,79.

Os valores médios percentuais dos elementos do ciclo operacional do trator autocarregável para uma distância média de 2.600 m são apresentados na Figura 4.

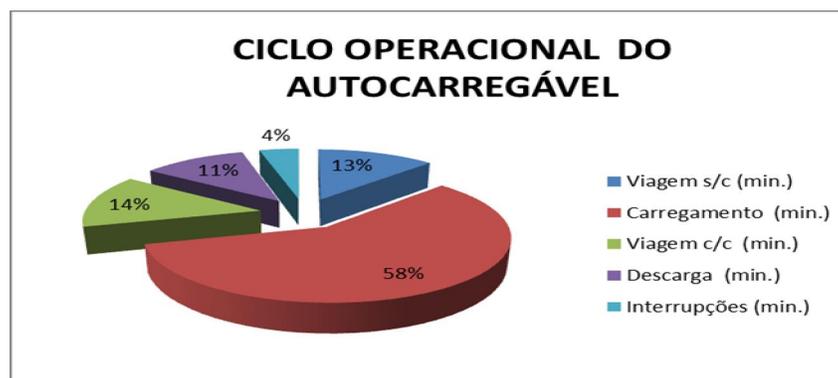


FIGURA 4 – COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DOS ELEMENTOS COMPONENTES DO CICLO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

Por intermédio da Figura 4, observa-se que o elemento que consumiu a maior parte do tempo total do ciclo operacional foi o carregamento com 58%. A viagem com carga vem em segundo lugar com 14% do tempo total do ciclo. O carregamento é composto de tempo efetivo de trabalho de grua na carga, tempo de manobras e posicionamento, onde o tempo efetivo de grua responde por 2/3 dos 58%.

Minette et al. (2008), avaliando tecnicamente a operação de extração de madeira com o trator agrícola autocarregável em uma distância média de 321 m, constatou que o carregamento foi o item que consumiu a maior parte do tempo total do ciclo operacional correspondendo à 44%.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios para a produção do ciclo operacional do trator autocarregável.

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS DO CICLO OPERACIONAL DO AUTOCARREGÁVEL NO TRANSPORTE PRINCIPAL DE MADEIRA DE TECA, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO (MT).

Parâmetros do ciclo operacional	Valores médios
Distância total do ciclo de transporte (ida e volta)	2.600 m
Número de toras transportadas	130 toras/ciclo
Volume de madeira transportada	13,5 m ³ /ciclo
Tempo total do ciclo operacional completo	39,54 minutos
Rendimento operacional médio	20,77 m ³ /hora
Número médio de toras por movimento de grua	5 toras/grua
Número médio de movimentos da grua por ciclo	32
Nº médio de estacionadas do autocarregável no carregamento	8
Número médio de ciclos operacionais por hora	1,5
Velocidade média do autocarregável na viagem com carga	13,97 km/h
Velocidade média do autocarregável na viagem sem carga	15,2 km/h

De acordo com a Tabela 4 pode-se observar que para o carregamento das toras foram realizadas em média 32 movimentos da grua e uma média de 8 posicionamentos do trator autocarregável por ciclo operacional, necessários para completar a capacidade de carga da carreta.

Para a distância média estudada, obteve-se a velocidade média de 13,97 km/h para a viagem com carga e 15,2 km/h para a viagem sem carga. Verifica-se que a velocidade média da viagem sem carga é maior que a velocidade média da viagem com carga, sendo essa diferença explicada pelo fato da viagem com carga exigir maior atenção e cuidados do tratorista em manobras e frenagens ao transportar as toras.

O rendimento operacional médio de ciclo foi de 20,77m³/hora, para a distância média estudada de 1.300 metros. A equipe técnica da Duraflora (1989), ao analisar a utilização do trator autocarregável no baldeio de madeira em florestas de eucalipto, encontrou um rendimento operacional médio de 13,5 m³/hora para uma distância média de extração de 900 m.

4.3. ANÁLISE ECONÔMICA

Nessa parte são apresentados e discutidos à sequência do cálculo do custo operacional do trator autocarregável no estudo.

$$\text{Depreciação} = \frac{V - R}{n}$$

$$\text{Depreciação} = \frac{295.000,00 - 29.500}{10} = \text{R\$ } 26.550,00/\text{ano}$$

$$\text{ou R\$ } 26.550/2.304 \text{ horas} = \text{R\$ } 11,52/\text{h}$$

$$\text{Juros} = V/2 \cdot i$$

$$\text{Juros} = \frac{295.000}{2} \cdot 0,0825 = \text{R\$ } 12.168,75/\text{ano ou R\$ } 5,28/\text{h}$$

$$\text{(S) Seguros anuais} = 3\% \text{ de } V(295.000,00)$$

$$\text{(S) Seguros anuais} = \text{R\$ } 8.850,00/\text{ano ou R\$ } 3,84/\text{h}$$

$$\text{(CMO) Custo de mão de obra} = \text{CMO} = \frac{12 \cdot \text{Sm.} \cdot (1+f)}{U}$$

$$\text{CMO} = \frac{12 \cdot 1100 \cdot (1,455)}{2304}$$

CMO = R\$ 8,33/h ou R\$ 19.206/ano

$$\text{Manutenção e reparos} = \frac{\{(40\%.D)+[3\%.D]*(U/100)\}}{U}$$

$$\text{Manutenção e reparos} = \frac{10.620 + 796,5 * 23,04}{2304}$$

Manutenção e reparos = R\$ 12,57/h ou 28.971,36/ano.

$$\text{Combustível} = 6*2.304* 2,12$$

Combustível = R\$ 29.306,88/ano ou R\$ 12,72/hora

Somatório de Lubrificantes e graxas = R\$ 3.696,48/ano ou R\$ 1,77/hora

Custo de pneus

$$\text{CP} = \frac{9.776,72}{10* 2.304} + \frac{(19.553,44+ 9.776,72).(10*2.304 - 11.520)}{11.520*10*2.304}$$

CP = R\$ 1,69/hora ou R\$ 3.910,60/ano

Na Tabela 5 são apresentados os valores referentes ao cálculo do custo operacional do transporte principal de madeira com o trator autocarregável.

TABELA 5 – CUSTO OPERACIONAL DE TRANSPORTE PRINCIPAL DE MADEIRA COM O TRATOR AUTOCARREGÁVEL DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Parâmetros para cálculo do custo operacional					
(n) Vida útil	10 anos	87.600 horas			
(U) Horas de trabalho/ano	1 ano	2304 horas			
(V) Valor de aquisição	R\$ 295.000				
(R) Valor de revenda	R\$ 29.500				
Custos fixos (CF)	R\$/ano	R\$/hora	R\$/ciclo	R\$/m ³	R\$/Km
(D) Depreciação	26.550	11,52	7,60	0,56	2,92
(J) Juros	12.168	5,28	3,48	0,26	1,33
(S) Seguros	8.850	3,84	2,53	0,19	0,97
(CMO) Mão- de- obra	19.206	8,33	5,5	0,41	2,11
Sub-Total	66.774	28,97	19,11	1,42	7,33
Custos variáveis (CV)	R\$/ano	R\$/hora	R\$/ciclo	R\$/m ³	R\$/Km
Manutenção	28.971,36	12,57	8,3	0,61	3,19
Combustível	29.306,88	12,72	8,39	0,62	3,22
Lubrificantes	3.696,48	1,77	1,17	0,09	0,45
Pneus	3.910,60	1,69	1,11	0,08	0,42
Sub-Total	65.885,32	28,75	18,97	1,4	7,28
Custo total (CT=CF+CV)	132.659,32	57,72	38,08	2,82	14,61

Constata-se conforme a Tabela 5 que o custo de depreciação é o item de maior peso na composição dos custos fixos, correspondente a R\$ 11,52/hora e R\$ 7,60/ciclo.

O custo de combustível correspondeu a um valor de R\$ 12,72/hora e R\$ 8,39/ciclo, sendo considerado o item que mais contribuiu na formação dos custos variáveis.

O custo total de transporte principal de madeira calculado para o trator autocarregável foi de R\$ 57,72/hora e de R\$ 38,08 por ciclo operacional de transporte.

Machado et al. (2002), avaliando o custo da extração semimecanizada de madeira de toras curtas de Eucalipto com o trator autocarregável encontraram o valor de R\$ 32,49/hora.

A Figura 5 mostra a composição percentual média do custo operacional do trator autocarregável.

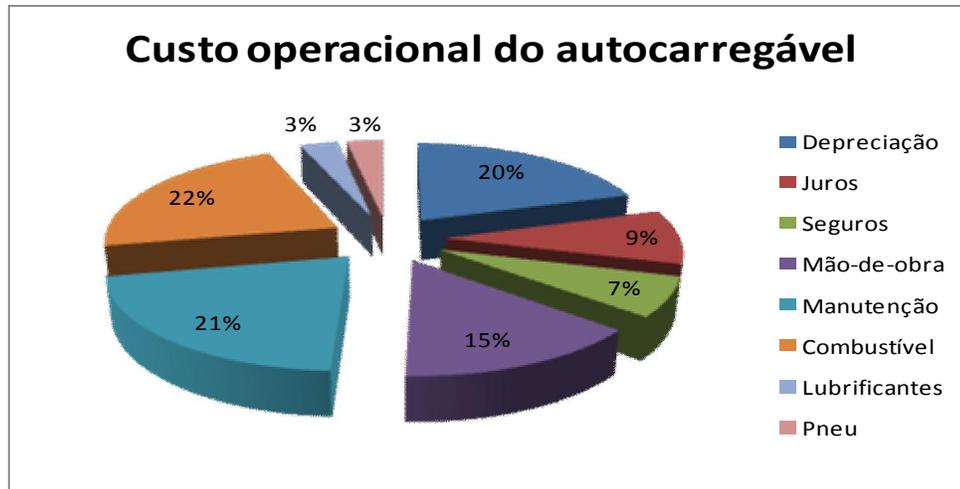


FIGURA 5 – COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO CUSTO OPERACIONAL DO TRATOR AUTOCARREGÁVEL, FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Conforme a Figura 5, os custos fixos (depreciação, juros, seguros e mão-de-obra) corresponderam a mais de 50% do custo total do transporte principal de madeira.

Pode-se observar que o custo de combustível constituinte do custo variável foi o item que mais contribuiu na formação do custo operacional total com 22%, seguido de manutenção com 21%. Esses dois custos somados representam cerca de 43 % dos custos totais do transporte principal de madeira.

Em relação à alta representação dos custos de manutenção, pode-se explicar em função do alto custo referente aos gastos com as reposições de peças do trator e da carreta com a grua acoplada. Simões e Fenner (2010), afirmam que os custos com reparos e manutenção em uma determinada quantidade de horas de uso pela máquina podem ser superiores aos demais itens que compõem os custos operacionais.

5. CONCLUSÕES

As metodologias utilizadas se mostraram apropriadas para o cálculo do custo operacional do ciclo de transporte principal de madeiras para tratores autocarregáveis

Dentre as operações do ciclo operacional de transporte principal de madeira, o carregamento (58%) foi o elemento que consumiu a maior parte do tempo total do ciclo de transporte, seguido em ordem decrescente, dos tempos de viagem com carga (14%), viagem sem carga (13%), descarga (11%) e interrupções (4%).

A operação de carregamento é responsável pelo maior custo e maior tempo observados no ciclo operacional de transporte principal e estão diretamente relacionados ao número de posicionamentos necessários para completar a capacidade de carga da carreta, devido a baixa qualidade da atividade de empilhamento e pouca importância dada à esta atividade.

Na busca por ganhos de eficiência maior prioridade deve ser dada as atividades desenvolvidas nos tempos terminais de carregamento e descarregamento uma vez que respondem em média por 69% do tempo total consumido no ciclo operacional do transporte principal de madeira. Estes aspectos sendo minimizados proporcionarão maior rapidez no fluxo de transporte de madeira.

O custo de combustível, custo de manutenção e custo de depreciação foram em ordem decrescente os itens mais importantes na composição dos custos, representando mais da metade dos custos totais do ciclo operacional de transporte principal do trator autocarregável.

O custo de depreciação deve ser observado com maior cuidado pela empresa, pelo fato de que tais custos atuam independente da máquina estar ou não trabalhando e realizando as suas atividades diárias. A sua elevada participação nos custos finais, comparado aos demais custos, está diretamente relacionado ao alto valor de aquisição do trator autocarregável, devendo se dar ênfase ao grau de utilização do equipamento e ganhos de eficiência no ciclo operacional de transporte principal.

O custo elevado referente ao combustível utilizado no ciclo operacional sugere uma melhor manutenção e investimento em qualificação de operadores envolvidos no transporte, com possibilidade desejável de redução no custo operacional.

O custo total do transporte principal de madeira de *Tectona grandis* L.f. com autocarregável foi de R\$ 57,72/hora, R\$ 38,08 por ciclo de transporte, R\$ 2,82 por metro cúbico de madeira posto serraria e R\$ 14,61 por quilometro percorrido no ciclo operacional de transporte principal.

O trator autocarregável não apresentou limitação de ordem técnica para a sua utilização no transporte principal de madeira, considerando-se que o percurso do ciclo operacional ocorre dentro do perímetro da fazenda, isto é, em distâncias relativamente curtas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL- BRACELPA. **Resultados do Setor de Celulose e Papel**. São Paulo: Conjuntura Bracelpa, 2011. 5 p. Disponível em:<<http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/29>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

BANTEL, C. A. **Análise de extração de madeira de Eucalipto com forwarder em floresta de primeira e segunda rotação**. 2006. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu - SP.

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

BELMONTE, G.Z. **Banco de dados sobre legislação, normas e especificações técnicas pertinentes as máquinas utilizadas na colheita florestal**. 2005. 60f. Monografia (Curso de Especialização "Lato sensu" Gerenciamento e Utilização de Máquinas Agrícolas) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

BERGER, R. et al. Minimização de Custos de Transporte Florestal com a utilização da Programação Linear. **Revista Árvore**, Curitiba, V. 33, n. 1, p. 53-62, 2003.

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

CAMPELLO JÚNIOR, J. H.; PRIANTE FILHO, N.; CASEIRO, F. T. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL/NEMA. p.542-552.

EQUIPE TÉCNICA DA DURAFLORA S/A. O uso de autocarregáveis na exploração de Eucaliptos. In: VI SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 1989, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1989. P.80-89.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Logging and log transport in tropical high Forest**: a manual on production and cost. Rome.1974. 134 p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento**. Roma: Estudios FAO: Montes,1978. 171p.

FIEDLER, N. C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira**. 1995. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

FIEDLER, N. C. Tendências e perspectivas do transporte de madeira no Brasil. **Revista opiniões**, Ribeirão Preto. v. 20, p.42, jun/ago 2010.

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

FREITAS, L.C. et al. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.855-863, 2004.

FREITAS, L.C; MACHADO, C. C; SILVA, G. C. A mecanização da Colheita florestal no Brasil. **Revista da Madeira**, v.20, n.121, p.46-50, 2009.

GRAÇA, L. R.; RODIGHERI, H. R.; CONTO, A. J. **Custos florestais de produção**: Conceituação e aplicação. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 32p. (Embrapa Florestas. Documentos, 50).

JACOMINE, P.K.T. **Guia para identificação dos principais solos do Estado de Mato- Grosso**. Cuiabá: PNUD, PRODEAGRO, 1995.118p.

LEITE, A. M. P.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C. Análise do ciclo de transporte de madeira para três tipos de caminhões. **Revista Árvore**, v.17, n.2, p.190-201, 1993.

LEITE, A. M. P. **Análise da terceirização na colheita florestal no Brasil**. 2002. Tese (Programa Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A.M.P. Mecanização. In: Machado, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 43 – 65.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LUDKE, F J. **Desenvolvimento de *Anadenanthera falcata*, *Myracrodruon urundeuva* e *Mezilaurus itauba* em plantio homogêneo em Nossa Senhora do Livramento, MT**. 2004. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato-Grosso, Cuiabá-MT.

MACHADO. C. C.; SOUZA, A. P. **Exploração Florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1981. 48p.

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

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF)**: Desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário. 1989. 188f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Curitiba, Curitiba, PR.

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

MACHADO, C. C. et al. Análise de custos de subsistemas de colheita de toras de eucalipto de diferentes comprimentos e volumes por árvore. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p.73-81, 2002.

MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2008. 501p.

MALINOVSKI, J.R. et al. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (ED). **Colheita florestal**. 2. Ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 161-184.

MINETTE, L J, et al. Análise técnica e econômica do forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Curitiba, vol.28, n.1, p. 91-97, fev. 2004.

MINETTE, L.J. et al. Avaliação técnica da operação de extração de *Eucalyptus* spp. utilizando o trator autocarregável e o trator florestal transportador “forwarder” na região sul da Bahia. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.3, p. 312-317 Jul./Set., 2008.

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

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal**. 1998. 25 p. Monografia (Graduação do curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MUSIS. C. R. de. **Caracterização climatológica da bacia do Alto Paraguai**. 1997. 65p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.

PEZZONI FILHO, J.C. **Compactação de um cambissolo háplico com o tráfego de um trator skidder no arraste de *Pinus elliottii***. 2011.100f.

Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP.

RIBEIRO, B. A. M. **Coordenação vertical de transporte de madeira: análise empírica das estruturas organizacionais existentes**. 1997. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP.

RÍGOLO, A; BAPTISTA, M. **PO - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PO_PLT_18:Colheita florestal**. AMATA. 13 p, 2009. Disponível em: <http://www.amatabrasil.com.br/shared/operacoes/PO_PLT_18.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2011.

SANT’ANNA, C.M. **Análise de fatores ergonômicos de operadores de motosserra no corte de eucalipto em região montanhosa**. 1998. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR.

SANT’ANNA, C. M. Corte florestal. In: Machado, C.C. (Ed). **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2002, p.55-88.

SEIXAS, F. **Uma Metodologia de Seleção e dimensionamento da frota de Veículos Rodoviários para o Transporte principal de madeira**. 1992. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). Universidade de São Carlos, São Carlos, SP.

SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 97-145.

SILVA, K. R. et al. Custos e Rendimentos Operacionais de um Plantio de Eucalipto em Região de Cerrado, **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p. 361-366, 2004.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. 2 ed. Viçosa : UFV, 2005. 178 p.

SILVA, M. L. et al. Analise do custo e do raio econômico de transporte de madeira de reflorestamentos para diferentes tipos de veículos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 1073-1079, 2007.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A. Custos. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita Florestal**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 231-260.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 105 f. Dissertação (Faculdade de Ciências Agrônomicas) – Botucatu-SP.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 276 p.

SOBRINHO, V. F. A importância do Brasil no mercado internacional de madeira e derivados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Salvador. **Anais...** Salvador: SIF 1995. p. 52-63.

SOUZA, R. A. T. M. **Análise do fluxo de transporte rodoviário de toras curtas de eucalipto para algumas indústrias de celulose e de chapas de composição no estado de São Paulo**. 2000. 115f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

SOUZA, R. A.T. M. et al. Eficiência e otimização do transporte principal de toras curtas de Eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.62, p.130–146, 2002.

SOUZA, M. A.; PIRES, C. B.; SILVEIRA, F. C. Colheita Florestal: mensuração e análise dos efeitos das variáveis controláveis e não controláveis no custo das atividades de corte e descasque mecanizado. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 3, n. 2, p. 73–99, mai./ago. 2008.

TUJI JUNIOR, A; ROCHA, I.O; SABÁ, R.F.B. Realização de estudo de tempos e movimentos numa indústria de colchões. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 22., 2002, Curitiba. **Artigos...** Rio de Janeiro: ABEPRO p.8.

VALENZUELA, G. E. **Utilización del tractor forestal articulado em faenas de madereo em bosque nativo y plantaciones**. 1975. 89f. Monografia (Faculdade de Ciencias forestales) – Universidade de Chile, Santiago- Chile.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de *Pinus taeda***. 2005. 108 p. Dissertação. (Pós Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.