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

DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS PARA POVOAMENTOS DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) NO ESTADO DE MATO GROSSO

CARLA MARIA GARCIA DE SOUZA

CUIABÁ-MT
2011

CARLA MARIA GARCIA DE SOUZA

DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS PARA POVOAMENTOS DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) NO ESTADO DE 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
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

S729d Souza, Carla Maria Garcia de.
Densidade ótima de estradas para povoamentos de teca (*Tectona grandis L.f*) no Estado de Mato Grosso / Carla Maria Garcia de Souza. – 2011.
xi, 42 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Cuiabá, 2011.
Inclui bibliografia.

1. Tectona grandis L.f – Densidade. 2. Teca – Reflorestamento. 3. Tectona grandis L.f – Mato Grosso. 4. Estradas florestais. 5. Extração da madeira. I. Título.

CDU 630*3:582.949.1(817.2)

Ficha Catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Jordan Antonio de Souza - CRB1/2099
Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte

FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Densidade ótima de estradas para povoamentos de Teca (*Tectona grandis* L.f) no Estado de Mato Grosso
Autora: Carla Maria Garcia de Souza
Orientador: Prof. Dr. Roberto Antonio Ticle de Melo e Sousa

Aprovada em 30 de novembro de 2011.

Comissão Examinadora:

Profª. Drª. Rosangela Aparecida da Silva
UNIVAG

Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa
UFMT/FENF

Prof. Dr. Roberto Antonio Ticle de Melo e Sousa
Orientador-UFMT/FENF

“Agir, eis a inteligência verdadeira. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condição de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?” (Fernando Pessoa)

A minha família, especialmente aos meus pais Áureo e Maria Helena, por acreditarem em mim, não medindo esforços pela minha educação, desde a base.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

- À minha mãe Maria Helena, e ao meu pai Áureo, pelo apoio, incentivo e paciência com os meus estudos. Também aos meus irmãos Junior e Rodrigo, além da minha sobrinha Hemily.

- Ao Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa, pela disposição e empenho cedido a mim na orientação deste trabalho.

- Aos Professores Dr. Antonio de Arruda Tsukamoto Filho (participação no exame de qualificação), Dr. Reginaldo Brito da Costa e Dra. Rosangela Aparecida da Silva pela disposição em participar da comissão examinadora deste trabalho.

- À Empresa Teca do Brasil e seus colaboradores pelo espaço cedido para o levantamento de campo e informações prestadas.

- Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPGCFA/FENF) pelo auxilio na realização deste curso.

- A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, que contribuíram para minha formação.

- Ao Carlos Eduardo Schneider pelo auxilio, e companheirismo, ao Luiz Thiago e ao Luciano Lanssanova pela ajuda cedida e a dona Nelci pelas orações que iluminaram meu caminho.

- A CAPES pelo auxilio financeiro.

SUMÁRIO

		Página
RESUMO		x
ABSTRACT		xi
1	**INTRODUÇÃO**	1
2	**REVISÃO DE LITERATURA**	3
2.1	REFLORESTAMENTO	3
2.2	REFLORESTAMENTO COM TECA (*Tectona grandis* L. f.)	4
2.3	O MERCADO DE MADEIRA ORIUNDA DE FLORESTA PLANTADA	4
2.4	COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL	5
2.5	ESTRADAS FLORESTAIS	6
2.5.1	Aspectos Econômicos	7
2.5.2	Aspectos Ambientais	8
2.5.3	Aspectos Técnicos	8
2.6	EXTRAÇÃO DA MADEIRA	9
2.6.1	Interação da rede viária com extração florestal	9
2.7	DENSIDADE DA REDE DE ESTRADAS FLORESTAIS	10
3	**MATERIAL E MÉTODOS**	13
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	13
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÀO	14
3.3	EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO	14
3.4	A OPERAÇÀO DE EXTRAÇÀO	15
3.5	COLETA DE DADOS	16
3.6	DETERMINAÇÀO DO NÚMERO DE AMOSTRAGEM	16
3.7	FÓRMULA PARA DETERMINAÇÀO DA DOE	17
3.8	FATORES DE CORREÇÃO T e V	18
3.9	ORIGEM DA FÓRMULA DE DOE	19
3.9.1	O Modelo Teórico Segundo KATO (1966)	20
3.9.2	Minimização da Função de Custo	21
3.10	CUSTO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO (x)	23
3.10.1	Custos Fixos (CF)	24
3.10.2	Custos Variáveis (CV)	25
3.11	FATORES “t” e “L”	26
3.12	PRODUÇÃO DE MADEIRA EM m³/ha (q)	27
3.13	CUSTO DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÀO DE ESTRADAS (r)	28
3.14	DETERMINAÇÃO DE EOA E DME	28
3.15	PARÂMETROS MEDIDOS E ANÁLISES	29
3.16	PREÇOS E DEMAIS CUSTOS DOS EQUIPAMENTOS DE EXTRAÇÃO	29

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 30
4.1 INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM..... 30
4.2 DETERMINAÇÀO DO TEMPO DAS ATIVIDADES DE CICLO OPERACIONAL..... 30
4.3 CUSTO OPERACIONAL DE EXTRAÇÀO EM R$/ MINUTO (x)..... 31
4.4 VALORES DE “t”e “L”..... 32
4.5 VALORES DE “r”..... 32
4.6 DETERMINAÇÀO DE DOE, EOE E DME..... 33
4.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE..... 34

5 CONCLUSÕES..... 36

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 37

GLOSSÁRIO..... 42

LISTA DE TABELAS

Página

1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CICLO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT..... 30
2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA OPERAÇÀO DE CARGA DO CICLO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT..... 31
3. CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO (x) DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT..... 32
4. CUSTO DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS EM REAIS POR QUILOMETRO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT..... 33
5. VALORES DE DOE, EOE, DME, CUSTO DE ESTRADAS E CUSTO DE EXTRAÇÃO PARA OS DIFERENTES NÍVEIS DE PRODUÇÃO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT..... 33
6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS FATORES BÁSICOS COMPONENTES DA FÓRMULA DE DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS EM TORNO DO VALOR MÉDIO DE 44 m/ha DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT..... 35

LISTA DE FIGURAS

Página

1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE LIVRAMENTO, MT..... 13
2. EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO UTILIZADO NA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO - MT..... 15
3. VISTA AÉREA DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO - MT, ILUSTRANDO A REDE VIÁRIA DA PROPRIEDADE..... 19
4. O MODELO TEÓRICO SEGUNDO KATO..... 20

RESUMO

SOUZA, Carla Maria Garcia. **Densidade ótima de estradas para povoamentos de Teca (*Tectona grandis* L. f.), no estado de Mato Grosso.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientador: Prof. Dr. Roberto Antônio Ticle de Melo e Sousa.

O presente estudo objetivou estimar o valor da densidade (DOE), bem como determinar o espaçamento ótimo de estradas (EOE) e a distância média de extração (DME), para povoamentos de *Tectona grandis* L.f. no estado de Mato Grosso, baseando-se nos custos de estradas de uso florestal e extração de madeira, adaptado por Kato, (1966). Os dados foram coletados na Fazenda Campina, localizada no distrito de Pirizal, município de Nossa Senhora do Livramento na coordenada geográfica de 16° 12' 03" latitude sul e 56° 22' 44" longitude oeste. Utilizou-se um trator 4x4, agrícola adaptado para extração com garra acoplada para o arraste de toras. A operação de extração da madeira determinou o dimensionamento da densidade de estradas (DOE) em função das características e peculiaridades e rendimento do equipamento utilizado, das condições topográficas,da produtividade dos plantios, visando às melhores alternativas econômicas. A estimativa de densidade ótima de estradas para os plantios da Fazenda Campina foi de 44 metros/ha considerando-se o rendimento médio de 120 m³/ha dos plantios aos nove anos de idade, com espaçamento ótimo de estradas (EOE) de 227 metros e distância média de extração (DME) de 75 metros.

Palavras-chaves: Planejamento florestal, Espaçamento de estradas e extração florestal.

ABSTRACT

SOUZA, Carla Maria Garcia. **Density of roads to great stands of teak (*Tectona grandis* L. f.) in the state of Mato Grosso.** 2011. Dissertation (MSc in Forestry and Environmental Sciences) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Prof. Dr. Roberto Antonio Ticle de Melo e Sousa.

This study aimed to estimate the density (DOE), as well as determine the optimal spacing of roads (EOE) and the average distance extraction (DME) for stands of *Tectona grandis* L.f. the state of Mato Grosso, based on the costs of road use and forest logging, adapted by Kato (1966). Data were collected in Campina Farm, located in the district of Pirizal, city of Our Lady of Deliverance in geographic coordinates 16 ° 12 '03 "south latitude and 56 ° 22' 44" west longitude. We used a 4x4 tractor, agricultural extraction claw adapted for attachment to the drag of logs. The operation of extraction of timber determined the scaling of the density of roads (DOE) as a function of the characteristics and peculiarities and performance of the equipment used, topographical conditions, the productivity of crops, aiming at better economic alternatives. The estimation of optimum density of roads to the plantations of Meadow Farm was 44 meters / ha considering the average yield of 120 m³ / ha of plantations at nine years of age with optimal spacing of roads (EOE) and 227 meters average distance of extraction (DME) to 75 meters.

Keywords: Forest Planning, Spacing of roads and forest extraction. .

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os plantios de teca foram introduzidos a partir da década de 70. Com o intuito de suprir a demanda de madeira, alguns empresários começaram as primeiras experiências com o reflorestamento no Mato Grosso, implantado pela empresa Cáceres Florestal S.A., na região do município de Cáceres, onde as condições climáticas são semelhante a dos países de origem desta espécie. A Teca mostrou-se, dentre outras espécies testadas, que é uma das mais promissoras para o reflorestamento da região, passando assim a ser plantada em escala comercial em 1975. Segundo Diagnóstico das Plantações Florestais em Mato Grosso, (2007), do total de 145.498 ha de plantios florestais no Mato Grosso, a Teca é a espécie florestal plantada em maior extensão, com 48.526 ha.

Diversos fatores apontam o reflorestamento de Teca como um grande investimento a médio e longo prazo. Entre eles, tem-se a queda da disponibilidade de madeira em seu ambiente natural, a extinção de madeiras de qualidade semelhante a da Teca, tal como o Mogno, e, principalmente, o aumento da demanda por madeira de qualidade, proporcional ao aumento da população mundial.

Todos estes fatores tendem a levar a uma grande valorização da Teca no mercado mundial e a um aumento na importância das áreas de reflorestamento como fonte de madeira.

Christiansen e Lopez (1970), apresentaram a relação de que quanto maior a procura por madeira, mais valiosa é a produção de madeira e conseqüentemente maior será a importância de se ter uma rede viária otimizada, tornando a empresa mais competitiva e mais eficiente no uso de seus recursos.

Zagonel (2005) afirma que, deve-se planejar a extração considerando a densidade ótima de estradas, pois este é um indicador importante para ganhos futuros com áreas produtivas e redução de custos. O sistema de extração influencia na densidade de estradas, pois é ela que definirá o dimensionamento da rede viária tornando-a otimizada.

As estradas de uso florestais têm apresentado uma crescente preocupação nas áreas de planejamento das empresas, pois quando otimizadas trazem benefícios econômicos, tecnológicos, ambientais e de logística.

O conhecimento referente ao dimensionamento da propriedade é fundamental para um melhor aproveitamento da fazenda como um todo. Portanto, justifica-se a implantação deste trabalho devido a carência de estudos referente a densidade ótima de estradas florestais, bem como, é importante, pois, devido ao alto nível de mecanização e investimentos nas operações de colheita se faz necessária a otimização do processo para que as máquinas e equipamentos possam operar com o máximo rendimento, disponibilidade e custos minimizados aliados à conservação ambiental e segurança nas operações de forma a garantir o abastecimento das unidades consumidoras.

O presente estudo objetivou estimar o valor da densidade ótima de estradas (DOE), bem como determinar o espaçamento ótimo de estradas (EOE) e a distância média de extração (DME), para povoamentos de *Tectona grandis L.f.* no estado de Mato Grosso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Reflorestamento

Na década de 60, iniciou-se, no Brasil, amplo programa de industrialização, dando origem ao crescimento de inúmeras indústrias de base florestal. Como conseqüência, o consumo das reservas nativas do sul e sudeste alcançaram altos índices. Ao mesmo tempo, alguns segmentos que dependiam, exclusivamente, de florestas implantadas tornaram-se incapazes de atender aos interesses do país. Dentre estes setores, destacava-se o setor de celulose e papel, considerado, na época, de importância estratégica para o Brasil, pelas possibilidades de diminuir importações e projetar-se no mercado internacional gerando exportações. Da mesma forma, o crescimento das siderúrgicas a carvão vegetal indicou crescimento significativo de consumo de madeira das florestas nativas da Região dos Cerrados (LEITE, 2006).

Através da geração de bens e serviços à sociedade em geral, as florestas se destacam por oferecer importantes contribuições nos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Em particular, as florestas plantadas têm assumido relevância crescente ao servirem como fonte de matéria prima florestal, principalmente na forma de madeira em tora, na maioria dos países, independentemente de sua extensão, ao mesmo tempo em que colaboram para reduzir a pressão sobre as florestas nativas, prestando importantes serviços ambientais para a sociedade. (ABRAF, 2010)

Segundo Bantel (2009), no país, os produtos do setor de base florestal têm o segundo volume de exportação no agronegócio, com valor agregado muito maior, ocupando mais mão de obra o que é um valor social de relevância. O setor florestal apresenta baixos índices de importação quando comparado com outras atividades agrícolas principais, revelando um alto grau de rentabilidade em divisas internas.

2.2 Reflorestamento com Teca (*Tectona grandis* L. f.)

A *Tectona grandis*, popularmente conhecida como Teca, é uma árvore de grande porte, nativa das florestas tropicais situadas entre 10° e 25°N no subcontinente índico e no sudeste asiático, principalmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java. Devido a sua dispersão geográfica e à variedade de ambientes onde ocorre naturalmente, a teca é uma espécie de alta adaptabilidade com dispersão vertical entre 0 e 1300m acima do nível do mar (ANGELI, 2003).

A espécie apresenta seu melhor desenvolvimento em regiões onde a precipitação anual fica entre 1.250 mm e 3.750 mm, temperatura mínima de 13°C e máxima de 43°C, e uma estação biologicamente seca (disponibilidade hídrica menor que 50 mm/mês) de 3 meses (DIAS, 2009). Nos indivíduos adultos, as folhas, em média, possuem 30 a 40 centímetros de comprimento por 25 centímetros de largura. No entanto, nos indivíduos mais jovens, com até 3 anos de idade, as folhas podem atingir o dobro dessas dimensões (FIGUEIREDO, 2005).

2.3 O mercado de madeira oriunda de floresta plantada

De acordo com FAO (2002)[1], *apud* Porfírio da Silva (2006), estimativas indicam que, até 2030, o consumo mundial de madeira em toras aumentará 60% em relação ao consumo atual e alcançará cerca de 2,4 bilhões de m³. Com relação a produção de madeiras em toras industriais originadas de florestamento e reflorestamento está previsto alcançar 800 milhões de m³ até 2030, duplicando os atuais 400 milhões de m³ produzidos atualmente.

A demanda crescente e os preços atrativos de alguns produtos florestais, somados às vantagens comparativas e competitivas da silvicultura no país, decorrentes da pesquisa e desenvolvimento florestais, e a conseqüente elevação da produtividade florestal, têm sido os fatores preponderantes na decisão empresarial pela expansão de novas

[1] FAO – Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030**.** Roma: FAO, 2002. (Informe resumido).

unidades industriais e ampliação da capacidade produtiva das existentes. Tais projetos vêm sendo implantados e concentram-se nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste (ABRAF, 2010).

2.4 Colheita florestal no Brasil

Segundo Santos (2000), na atividade florestal, a colheita de madeira é a etapa mais importante do ponto de vista econômico.

Com a abertura das importações em 1994, as empresas intensificaram a mecanização de suas operações de colheita com objetivo de reduzir custos de produção e aumentar a eficiência, Machado (2002).

A mecanização das operações de colheita florestal tem sido uma das preocupações prioritárias das empresas brasileiras de base florestal nos últimos anos. Os motivos de tantas preocupações, tem sido: aumento da demanda de madeira; aumento dos custos sociais dos trabalhadores; as buscas do aumento da produtividade; a escassez da mão-de-obra; a natureza rude das atividades e principalmente a competitividade cada vez mais intensa que obriga a reduzir custos, (TIBURCIO et al. 1995).

Segundo Schneider e Finger (2000), a colheita florestal é a preocupação principal dentre a atividade desenvolvidas no sistema de manejo, devido as dificuldades, os custos e os danos causados no momento do abate das árvores.

Segundo Malinovski e Malinovski (1998), a colheita representa em média 60 a 70% dos custos da madeira posta no pátio. Por outro lado, Valença et al. (2000), afirmam que a colheita represente mais de 50% dos custos e Souza (2001), afirma representarem aproximadamente 70% dos custos da madeira colocada no pátio das empresas.

Malinovski (2000), menciona que dentre os desafios da colheita de madeira no Brasil devem ser considerados, a mão-de-obra qualificada para operar as máquinas e equipamentos, a da terceirização da atividade onde o melhor caminho é a relação de parceria entre empresa contratada e prestadora.

Segundo Machado (2002), a definição da permanência da empresa no mercado, está diretamente relacionada ao custo das máquinas e equipamentos e ao preço final do produto.

O mercado de produtos oriundos da madeira é fator importante, muitas empresas detêm ou estão em busca do “selo de certificação” e a colheita é a operação que mais tende a agredir o meio ambiente, (MALINOVSKI, 2000).

Desta maneira, o maior desafio da colheita florestal é manter a produtividade florestal através da prefeita interação de sistemas de colheita dentro de um plano de manejo adequado, mantendo sob controle os danos à ambiência, porém, sendo economicamente viável Malinovski (2000). Já para Machado (2002), o maior desafio é manter ou elevar a produtividade dos plantios florestais, independente da rotação.

2.5 Estradas florestais

A rede viária é um tipo de empreendimento que deve atender de forma abrangente aos aspectos sociais, apresentando exequibilidade técnica, portanto, devem apresentar o melhor traçado com o menor custo de implantação e manutenção. Além disso, não se deve perder de vista efeitos danosos ao ambiente (MALINOVSKI et al. 2004).

Segundo Correa, Malinovski e Roloff (2006), a composição da rede viária de uso florestal é definida em função do tráfego, associado às características técnicas e podem ser classificada em: estradas primárias, estradas secundárias, divisoras, contorno, estradas terciárias, aceiros, trilhas, ramais ou caminhos de máquinas.

Algumas empresas florestais utilizam as estradas existentes na propriedade, fazendo melhorias e construindo apenas as vias complementares a medida que se tornam necessárias, e outras elaboram o planejamento e seguem à risca sua idealização, sendo esta a forma mais sensata para empresas que estão em busca de um melhor aproveitamento de suas florestas. O traçado deverá utilizar preferencialmente os pontos que apresentem melhor estabilização de encostas, mantendo a menor densidade possível, uma distância de

extração economicamente viável e largura suficiente para atender a passagem ou cruzamento de duas composições de transporte (CORREA, MALINOVSKI e ROLOFF, 2006).

Segundo Corrêa (2005), A manutenção de estradas florestais está diretamente relacionada com a qualidade de construção e o fluxo de uso. Assim, recomendam-se manutenções periódicas somente nas estradas principais e de acesso e manutenção preventiva na rede viária secundária, considerando-se a sazonalidade das atividades de intervenção na floresta (plantio, tratos culturais e silviculturais e colheita), períodos em que ocorre maior intensidade de tráfego de veículos.

Sene (2004) sugere alguns tipos de manutenção para estradas de uso florestal: limpeza anual das valas de retenção, imediatamente após período chuvoso; limpeza anual do leito da estrada antes do período seco; reparos anuais durante o período seco e reparos emergenciais. Malinovski et al. (2004) mencionam que a manutenção de rotina, deve ser executada de forma pontual e realizada nos locais onde começam a aparecer os problemas, tais como em entradas e saídas de ponte, pontilhões e mata-burros, assim como em locais onde existe o risco de reiniciar a formação de buracos, fendas e poças de água causadas por processos erosivos.

2.5.1 Aspectos econômicos

A rede viária está diretamente relacionada com os aspectos de produção e suprimento, tornando-se indispensável para as atividades de silvicultura (implantação da floresta, tratos culturais e silviculturais e, posteriormente, nas atividades de colheita e transporte florestais). Guimarães (2004) sugere que o planejamento e manutenção da rede viária estejam contemplados nos processos estratégicos da logística de produção florestal, pois interfere diretamente no desempenho geral da empresa florestal. Sene (2004) atribui ainda alguns destaques sobre a logística operacional da empresa, ressaltando que a qualidade da rede viária está diretamente relacionada com o tempo despendido em percurso

de transporte e manutenção mecânica, durabilidade dos componentes do veículo, ocorrência de acidentes e níveis de impacto ao meio ambiente.

2.5.2 Aspectos ambientais

O planejamento de rede viária envolve estudos, levantamentos, projetos, construção e operações, visando identificar pontos vulneráveis a problemas ambientais, além de propor medidas que minimizem os impactos decorrentes do empreendimento. Malinovski et al. (2004) recomendam que as empresas em vias de implantação de um projeto de construção apresentem Estudos de Impacto Ambiental (EIA), devendo apresentar as seguintes atividades: diagnóstico ambiental (meio físico, biótico e socioeconômico), análise de impactos ambientais do projeto e suas alternativas, estudo de medidas mitigadoras e elaboração dos programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos. Esse estudo deverá estar associado ao Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), apresentando informações e conclusões relativas aos objetivos e justificativas do projeto, às alternativas tecnológicas, aos diagnósticos ambientais, aos impactos ambientais, à qualidade ambiental futura (com e sem projeto), às medidas mitigadoras, aos programas de acompanhamento e monitoramento e às recomendações das alternativas mais favoráveis. Além disso, de acordo com a Lei Nº 13.448, de Auditoria Ambiental de 11/01/2002, estão sujeitas à inspeção e devem apresentar relatório anual relativo aos aspectos ambientais, com registros através de imagens da área antes e durante a implantação do projeto, a fim de se avaliar os impactos decorrentes do empreendimento.

2.5.3 Aspectos técnicos

Segundo Correa, Malinovski e Roloff (2006), o planejamento da rede viária deverá contemplar de forma equilibrada as questões sociais, econômicas, ambientais e técnicas. A construção da rede viária começa pelo planejamento (elaboração de anteprojetos e projetos fundamentados em mapas e imagens das áreas), seguido da construção (implantação

dos projetos em campo) e dos procedimentos de manutenção e conservação. Malinovski et al. (2004) entendem que durante o planejamento é necessário o levantamento geral da área, que consiste numa avaliação preliminar dos aspectos relacionados à hidrologia, geologia e geotecnia, topografia, solos, clima, localização, tamanho da área, trafegabilidade, recursos financeiros e à rede viária preexistente.

2.6 Extração da madeira

O termo extração de madeira é bastante divergente, pois, segundo Ribeiro e Souza (1992), definem extração ou movima, como sendo a retirada da madeira dos talhões para a remoção. Malinovski e Perdoncini (1990), consideram extração o ato de após a derrubada, proceder-se a retirada da madeira da floresta até a estrada ou estaleiro, para então ser transportada. Para Seixas (2002), extração é a movimentação de madeira desde o local de corte até a estrada, carreadores ou pátio intermediário.

A atividade de extração de madeira irá determinar o dimensionamento da densidade de estradas, em função das características e peculiaridades de cada equipamento utilizado visando as melhores alternativas econômicas. De acordo com Carvalho (1999), uma malha viária adequada otimiza o transporte florestal, reduz os custos operacionais e garante o abastecimento fabril.

2.6.1 Interação da rede viária com extração florestal

A densidade final da rede viária esta correlacionada com o meio de produção a ser empregado na extração florestal, quanto maior for a densidade de estradas, menor será a distância média de extração; porém, o que importa é a somatória dos custos de construção de estradas e os custos de extração, procurando-se sempre optar pelo custo total mínimo, (MALINOVSKI e PERDONCINI, 1990).

É importante se ter uma idéia da separação ótima entre estradas secundárias, pois é esta distância ótima teórica entre estradas

da rede, que nos permitira obter distâncias ideais de arraste para determinado equipamento de extração, com menores custos de sua utilização e menores custos de construção das estradas, (Heinrich, 1985); (Braz, 1997).

O aspecto econômico é fator primordial na composição dos custos e segundo Sella e Carvalho (1989), um estudo aprofundado se torna necessário para se obter um menor custo final da madeira, garantindo abastecimento e a operacionalização do transporte florestal.

O método de colheita empregado e o espaçamento ótimo de estradas são alvos de estudos para se obterem os melhores rendimentos com custos mínimos na utilização de máquinas na extração, (MACHADO et al. 1981) e (MACHADO, 1984).

Sant'anna (1992), cita que no Brasil as operações mecanizadas representam em torno de 97% dos métodos de extração utilizados nos sistemas de abastecimento de madeira industrial.

2.7 Densidade da rede de estradas florestais

Segundo KATO (1966), nos países da Europa Central os métodos de extração são primeiramente selecionados para então se determinar a densidade ótima de estradas (DOE), por ser esta a operação considerada a mais importante na exploração madeireira tanto sob o ponto de vista técnico como econômico.

Com a construção de estradas, carreadores e aceiros, define-se conseqüentemente o dimensionamento e posição dos talhões, fator que tem sido muito pouco considerado no planejamento dos reflorestadores (SIMÕES, 1981).

Frisk (1980), afirma que para o planejamento da rede de entradas, um dos critérios mais empregados é o do espaçamento ótimo de estradas (EOE), cuja magnitude permite otimizar o custo de construção de estradas e o custo de transporte primário (custo de extração).

Na determinação da DOE, alguns componentes do custo de extração, como custo de carga e descarga, não são levados em

consideração devido ocorrerem independentemente da distância de extração (PETERS, 1978).

Uma maior densidade de estradas reduz o custo de extração, por outro lado aumenta o custo de construção de estradas, para uma menor densidade de estradas, a distância de extração e os custos de extração serão aumentados, enquanto o custo de construção de estradas se reduz (FRISK, 1980).

Segundo Fujiwara e Kamiizaka (1980), DOE e EOE são difíceis de serem corretamente definidos na prática, pois os fatores mais importantes para a obtenção do ótimo teórico de densidade de estradas são: produção de madeira por hectare; custo de extração (em função do equipamento); custo de construção e manutenção de estradas (em função da topografia do terreno).

Em condições de terreno plano, custo de estradas elevado e produtividade de 9m³/ha/ano, o valor do espaçamento ótimo de estradas (EOE) na Republica Federal da Alemanha, gira em torno de 700m, correspondendo a uma DOE de 14,2m/ha. Na Áustria, para condições de terreno plano (declividade variando entre 0 e 15%), o EOE varia de 300 a 600 metros correspondente a uma DOE de 33,3 e 16,6 m/ha respectivamente (SEDLAK, 1979).

Para determinação da densidade ótima de estradas, Zagonel (2005) baseou-se no modelo aplicado por Souza (2001), que por sua vez utilizou-se de modelos convencionais citados por Speidel (1966); Moosmayer (1967); FAO (1976); Dietz (1984); Machado e Malinovski (1986); Sessions (1987); Pereira Neto (1995).

Como qualquer empreendimento florestal, a rede viária esta subordinada a exigências econômicas. Na verdade, a otimização da rede viária florestal que é conseguida através da densidade ótima, é sempre o ponto central de discussão de uma rede viária bem estruturada, (MACHADO e MALINOVSKI, 1986).

Segundo Dietz (1983), a otimização da rede viária, ou seja, da densidade ótima de estradas, é sempre o ponto principal de uma rede florestal estruturada. Procura-se instalar uma rede viária que apresente

menor soma possível nos custos decorrentes da utilização de estradas, custo de construção de estradas florestais e custo de extração florestal .

Na prática as densidades de estradas florestais encontradas nos plantios de eucalipto sofrem forte influencia da produtividade dos plantios e dos custos de construção de estradas florestais, girando em torno de 41 m/ha, desde um mínimo de 11 m/ha a um máximo de 71 m/ha (FAO, 1974).

QUEVEDO (1979) trabalhando em floresta tropical na Venezuela, afirma que os custos de extração podem reduzir em 70%, se as distâncias de extração forem reduzidas em 55%.

O valor de EOE é flexível, há uma variação em torno dele dentro da qual o custo total difere muito pouco. Esta variação pode chegar a ±30%. Porém se o espaçamento entre estradas tornar-se maior que ±30% de EOE, os custos aumentam consideravelmente e a DOE deverá ser considerada individualmente para os diferentes níveis de produção (FAO, 1975).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área

O estudo foi desenvolvido em região de cerrado no estado de Mato Grosso, numa propriedade rural denominada Fazenda Campina nas coordenadas geográficas de 16°12'03" latitude sul e 56°22'44" longitude oeste, a propriedade pertence a Teca do Brasil na Vila Pirizal, município de Nossa Senhora de Livramento. A Fazenda está localizada na Planície Alagável da Bacia do Alto Paraguai a 75 Km do perímetro urbano da cidade de Cuiabá, com acesso pela rodovia BR-070, seguida da MT-060 (Figura 1).

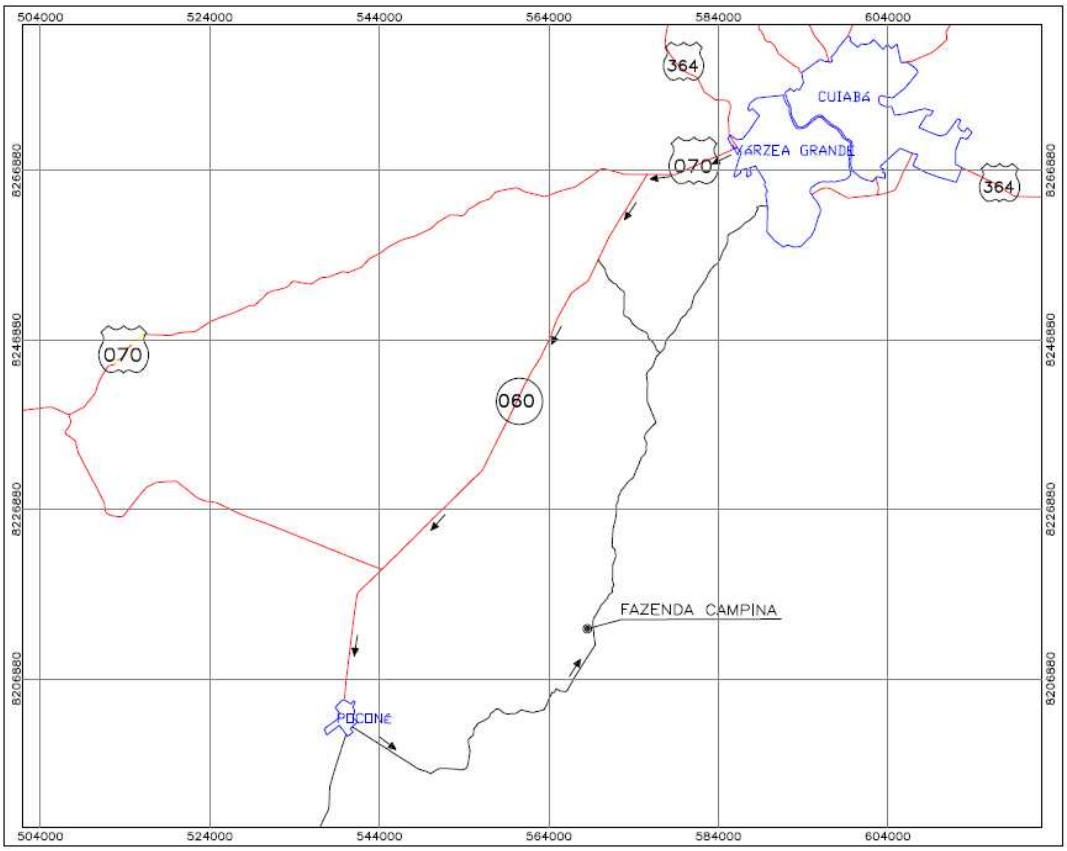

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE LIVRAMENTO, MT.

3.2 Caracterização da região

O clima da região é do tipo AW de acordo com classificação de Köppen - quente e úmido, com precipitação média anual de 1.250 mm e temperatura média anual de 25,8 ºC. Observam-se duas estações durante o ano, sendo uma seca, no período de maio a setembro e a outra chuvosa, de outubro a abril (Rebellato e Cunha, 2005).

O solo formado pelo processo de latossolização, apresenta bom teor de matéria orgânica, coloração vermelho escuro, textura argilo-arenoso, boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem.

Os principais responsáveis pela atividade econômica extrativista do município são: a madeira, usada como carvão vegetal, lenha, madeira em tora e amêndoa de pequi.

3.3 Equipamento de Extração

Na operação de extração por arraste utilizou-se um trator Massey Ferguson modelo 275 Advanced, com potência nominal: de 75 CV, consumo combustível: 5 a 6 litros por hora de trabalho, dotado de implemento Garra acoplada ao sistema hidráulico do trator (Figura 2).

FIGURA 2 - EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO UTILIZADO NA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO - MT.

3.4. A Operação de Extração

Denomina-se operação de extração todas as fases que envolvem o ciclo operacional referente a remoção das toras próximas dos tocos dentro do talhão até a beira da estrada, cobrindo-se normalmente distâncias curtas.

A operação de extração iniciou-se com a entrada do trator e implemento vazio dentro do talhão, percorrendo uma distância até ao local de carga, percurso este denominado “viagem sem carga”. Uma vez no local de carga, iniciou-se a fase de carregamento onde o trator com garra florestal manobrava até agarrar as toras procedendo a carga. A carga era formada por 1 a 4 toras longas ou fustes com tamanho médio

de 14 metros cada uma. Uma vez completa a carga, o trator percorria uma distância determinada até sair do talhão na beira da estrada, está fase foi denominada de “viagem com carga”, fechando assim, o ciclo de extração.

3.5 Coleta de dados

Os dados foram coletados na segunda quinzena do mês de maio de 2010 em plantios de *Tectona grandis* com procedência de Rio Claro SP no talhão de número 24 da fazenda Campina plantadas em espaçamento 3 m x 2 m. As árvores derrubadas são do terceiro desbaste, o qual se dá aos nove anos de idade.

Os dados foram obtidos através de cronometragem do tempo individual das fases componentes da operação de extração por arraste. Neste método foram utilizados dois cronômetros e duas pranchetas, um cronômetro medindo tempo total de ciclo e os outros tempos parciais referentes às fases componentes do ciclo operacional de extração. Após cada medição zerava-se os cronômetros, sendo que cada atividade parcial era cronometrada individualmente.

3.6 Determinação do número de amostragem

Para se determinar o número de amostras de ciclos operacionais completos necessários para cobrir 95% de significância com um erro máximo de 5% na amostragem, realizou-se uma pré-amostragem como estudo piloto visando definir o número mínimo de observações a serem levantadas e para isso utilizou-se a metodologia proposta por Barnes (1977):

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2} \qquad \text{(I)}$$

onde:

n = número mínimo de ciclos operacionais de arraste necessários;

t = valor de t, para nível de probabilidade desejado a (n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação, em percentagem;

E = erro admissível, em percentagem.

Após realizadas as medições, foram efetuadas análises de médias, variâncias e desvio padrão. Tudo feito e calculado dentro do limite de confiança baseado no número mínimo de amostras necessárias para comparação das médias (utilizou-se a distribuição t "student" para o cálculo) para se atingir erro máximo de 5% a 95% de confiança. Para os cálculos e gráficos utilizou-se o Microsoft Excel 2000.

3.7 Fórmula para determinação da DOE

Para estimativa da DOE, objetivo principal deste estudo, vários modelos para uma mesma fórmula são sugeridos, porém após examiná-los, optou-se pelo mais comumente utilizado conforme fórmula abaixo: Esta metodologia tem sido aplicada com sucesso na prática e especialmente em condições de grandes áreas, com topografia plana e rendimentos uniformes no que se refere a produção de madeira por hectare (KATO, 1966).

$$DOE = 50.\sqrt{\frac{C.q.T.V}{r}} \qquad \text{(II)}$$

Onde:

C = Custo unitário de extração em R$/m/m³, que por sua vez se desdobra em $C = \frac{x.t.1000}{L}$ onde:

x = Custo operacional de extração em R$/minuto.

t = Tempo em minutos, gastos para o trator se deslocar dentro do talhão na distancia de 1 (um) metro com carga e sem carga.

L = Capacidade média de carga do trator em m³.

q = Produção do talhão em m³ por hectare (m³/ha).

T = fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada.

V = Fator de correção para quando as estradas são tortuosas e não paralelas entre si.

r = Custo unitário de construção e manutenção de estradas em R$/Km.

3.8 Fatores de Correção T e V

Uma vez que na prática a extração não se dá em linha reta e nem as estradas apresentam um perfeito paralelismo, torna se necessário a utilização dos fatores de correção T e V na definição da densidade da rede de estradas. Os valores de T e V não são conhecidos e devem ser estimados. Seus valores variam normalmente entre um mínimo de 1.0 e máximo de 1.5 para T e 1,0 e 2,0 para o fator V. (McNALLY, 1975)

Volkert citado por Sedlak (1979), afirma que em terrenos planos, a extração não se procede na menor distância que seria a perpendicular à estrada secundária, sendo de aproximadamente 20% e 30% maiores, resultando em uma variação de T = 1,1 a T = 1,15 para as condições de terrenos planos a planos ondulados.

Para o presente trabalho optou-se por T = 1,1 por ser próximo dos valores sugeridos por Volkert citado por Sedlak (1979) em terreno ser plano.

Devido as condições de terreno plano e as características da rede de estradas florestais da fazenda (Figura 3), apresentarem pouca distorção e serem pouco sinuosas, optou se pelo valor mínimo de 20% de variação, resultando em V=1,2.

FIGURA 3 – VISTA AÉREA DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO - MT, ILUSTRANDO A REDE VIÁRIA DA PROPRIEDADE.

3.9 Origem da fórmula de DOE

A teoria de espaçamento ótimo de estradas (EOE) segundo Mattews (1942), diz que na equação que envolve custo de extração e custo de construção de estradas, observa-se que o custo de extração varia diretamente com o espaçamento e o custo de estrada varia inversamente e que espaçamento ótimo de estradas é aquele que minimiza ambos os custos.

$$M = CE/4 + r/(q.E) \qquad \text{(III)}$$

Onde:

E = Espaçamento entre estradas

r = Custo de construção de estradas

C = Custo unitário de extração

q = Volume de madeira a ser extraído

3.9.1 O Modelo Teórico Segundo KATO (1966)

O traçado técnico ideal para uma rede de estradas florestais em uma região plana e uniforme seria um paralelismo de estradas retas, com extração perpendicular as estradas. Na prática, porém ocorrem desvios, aumentando os trajetos tanto na operação de extração (T) como no paralelismo das estradas (V), havendo necessidades dos fatores de correção para T e V, conforme figura 4.

Onde:

a/2 = distância de extração (m).

a'/2 = distância de extração corrigida pelo fator T.

b = comprimento da estrada e largura da área de extração (m) .

b' = comprimento da estrada corrigida pelo fator V.

2a = comprimento da área de extração (m^2 ou $1/10^4$ ha)

S = Área total = 2.a.b (m^2 ou $1/10^4$ ha)

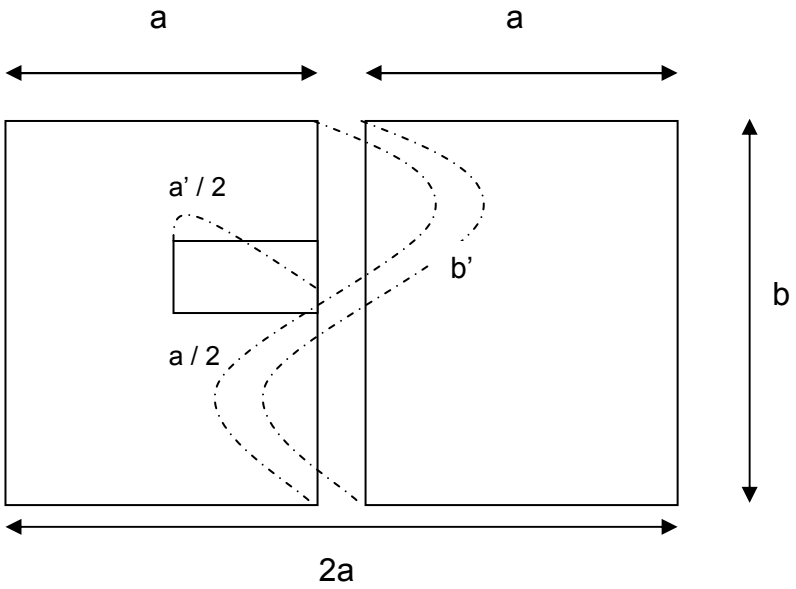

FIGURA 4 – O MODELO TEÓRICO SEGUNDO KATO

Considerando que densidade de estradas se refere a quantidade linear de estradas em metros, dividida pela área do povoamento servido por elas, temos, segundo o modelo teórico acima:

Comprimento da estrada em metros = b

Área servida pela estrada = 2.a.b

Temos então:

Densidade de estrada (m/ha) = $\frac{b.V}{2.a.b}.10^4 = \frac{V}{2.a}.10^4$ (IV)

Com base na teoria de Mattews (1942) e no modelo acima, Kato (1966) desenvolveu a seguinte função de custo total que pode ser expresso de uma maneira simples como:

K = A + B

Onde:

A = Custo total de construção e manutenção de estradas.

B = Custo total de extração.

K = A + B

A = r . b . V

B = C. $\frac{a}{2}$. T . q . $\frac{2.a.b}{10^4}$

K = r . b . V + C. $\frac{a}{2}$. T . q . $\frac{2.a.b}{10^4}$

r = custo de construção de estradas em R$/m

C = custo unitário de extração em R$/m/m^3

q = volume de madeira a ser extraída em m^3/ha

3.9.2 Minimização da Função de Custo

K = A + B

K = r . b . V + C. $\frac{a}{2}$. T . q . $\frac{2.a.b}{10^4}$ (V)

Simplificando K em função de “a” e “2”, temos:

K = r . b . V + C . a^2 . T . q . b/10^4

Como: a . b = S (área do talhão na figura 3), temos a = S/b, ficando:

K = r . b . V + C . (S/b)^2 . T . q . b/10^4

Simplificando K em função de “b”, temos:

$K = r . b . V + [(C . S^2 . T . q) /(10^4 . b)]$

Toma-se a função de custo total acima, faz-se sua derivada primeira em relação a “b” (variável que se procura otimizar) e iguala-se a zero obtendo-se a expressão que permite calcular EOE, para tal leva-se em consideração que sua derivada segunda seja maior que zero (FRISK, 1980).

A condição para um valor mínimo da função “K ” que permite calcular espaçamento ótimo de estradas “EOE” é obtido por:

$dK/db = 0$ e $d^2k/d^2b > 0$

Isto é, derivando a equação e igualando a zero tem se:

$dk/db = r . V - [(C . S^2 . T . q) /(10^4 . b^2)] = 0$

Logo:

$r . V = (C . S^2 . T . q) / 10^4 . b^2$

Como $S = a . b$, temos:

$r . V = (C . a^2 . T . q) / 10^4$

$r . V \ 10^4 = C . a^2 . T . q$

$a^2 = r . V . 10^4 / C . . T . q$

$$a = \sqrt{\frac{r.V.10^4}{C.T.q}}$$

$$a = 10^2 \sqrt{\frac{r.V}{C.T.q}}$$

$$2.a = 2.10^2 \sqrt{\frac{r.V}{C.T.q}} \qquad \text{(VI)}$$

Substituindo a equação (VI) em (IV), obtém-se a formula para cálculo da densidade ótima de estrada florestais em m/ha (KATO, 1966).

$$DOE = \frac{V}{2.10^2.\sqrt{\frac{r.V}{C.T.q}}}.10^4$$

$$DOE = \frac{10^2}{2}.\frac{V}{\sqrt{\frac{r.V}{C.T.q}}}$$

$$DOE = \frac{10^2}{2}.\sqrt{\frac{C.T.q.V^2}{r.V}}$$

$$DOE = 50.\sqrt{\frac{C.T.q.V}{r}}$$

3.10 Custo Operacional de Extração (x)

O custo operacional de extração é composto dos custos fixos, custos variáveis e outros custos. Custo fixo é aquele que não varia com a produção, ou seja, independe do nível de produção do equipamento. Custo variável por sua vez é função da produção do equipamento e maquinário (MACHADO, 2002).

Para cálculo do custo operacional de extração segundo a metodologia utilizada (FAO,1974), é necessário levantar as seguintes informações a respeito do conjunto máquina e equipamento.

(H) Tempo de depreciação: Tempo em anos de utilização do equipamento de extração.

(U) Horas de trabalho por ano: Considerou-se um turno de 8 horas por dia e uma média de 24 dias de trabalho por mês, para os 12 meses do ano.

(P) Valor de aquisição: O trator utilizado para realizar este serviço tem valor de aquisição de R$ 115.000,00. A grua, implemento utilizado, possui um valor de aquisição de R$ 5.000,00, totalizando R$ 120.000,00 em valor de aquisição do equipamento completo de extração.

(R) Valor de revenda: na impossibilidade de se obter o valor real de revenda, utiliza-se 10% do valor de aquisição (P).

3.10.1 Custos Fixos (CF)

Para cálculo dos custos fixos optou-se pela metodologia adotada por (FAO, 1974).

(D) Depreciação = (P – R) / H (VII)

(J) Juros = P . i . 0,5 – para caminhões

P . i . 0,6 – para máquinas florestais (MACHADO e SOUZA, 1981).

O custo aproximado de juros é calculado com base no capital médio investido, os fatores 0,5 e 0,6, representam respectivamente que 50% e 60% de P são em termos médio o capital investido sobre o qual se faz o cálculo aproximado do custo de juros anuais (FAO, 1974).

Taxa de juros (i) = 8,75% a.a.. Valor referente ao financiamento de máquinas e equipamentos florestais, através do Banco do Brasil pelo Financiamento do Centro Oeste (FCO).

(S) Seguros anuais = Na impossibilidade de se obter o valor real, pode-se usar 3% de P (FAO, 1974).

(I) Impostos e taxas – Não há, para máquinas florestais que operam só no perímetro da fazenda.

(CMO) Custo de mão de obra

$$CMO = \frac{12.sm.(1+f)}{U} \qquad \text{(VIII)}$$

Sm = Salário mensal. Para efeito de cálculos foi considerado o salário do tratorista que recebe por mês 1,5 salários mínimos. Considerou-se o valor do salário mínimo de R$ 545,00 por mês vigente no mês de Agosto de 2011, totalizando um valor para “SM” de R$ 817,50.

f = Encargos sociais expressos em porcentagem do salário mensal, no caso, equivale a 45,5% do valor do salário mensal.

U = Horas de trabalho por ano, equivalente a 2.304 horas.

Machado e Souza (1981) e Sthor (1980), consideram de uma maneira geral, CMO como sendo parte dos custos variáveis. FAO (1978), inclui CMO nos custos fixos, por entender que se trata de veículos de transporte cuja produção é em função do deslocamento de carga.

3.10.2 Custos Variáveis (CV)

$$\text{Reparos e manutenção} = \frac{\left\{(40\%.D) + \left[(3\%.D).(U/100)\right]\right\}}{U} \qquad \text{(IX)}$$

Uma certa proporção deste custo escapa do efeito do grau de utilização, se calcula em torno de 40% da depreciação anual, a parte restante dependerá do grau de utilização que para tratores, caminhões e outras máquinas pesadas, é de 3% da depreciação por cada 100 horas de trabalho (FAO, 1974).

Combustível = Consumo em litros por hora em função do preço por litro do combustível. Considerou-se consumo médio de 6 litros por hora e o litro do diesel ao preço de R$ 2,12 na bomba do posto de abastecimento na cidade de Livramento, MT.

Lubrificantes = Neste item foram agrupados os custos referentes a óleo de carter, óleo de cambio e óleo do diferencial. De acordo com pesquisa de mercado em Cuiabá, considerou-se os valores de R$ 158,00, 20 litros de óleo de Carter, sendo realizada a troca a cada 300 horas e R$ 212,00, 20 litros de óleo diferencial e de câmbio, sendo que a cada 1.200 horas, troca-se 57 litros.

Pneus = O custo de pneus por hora, foi calculado usando-se a fórmula sugerida por Machado e Souza (1981).

$$CP = \frac{Z}{y.hv} + \frac{(w+Z).(y.hv - N)}{N.y.hv} \qquad \text{(X)}$$

onde:

Cp = Custo de pneus / hora de viagem (R$/hora)

Z = Custo de consertos, correspondente a 50% do custo de substituição do jogo completo (0,50 . W).

W = Custo de substituição de um jogo completo de pneus. Conforme pesquisa de mercado, este custo equivale a R$ 9.000,00.

y = Vida útil do trator (anos), equivalente a 20 anos (SILVEIRA, 2001).

hv = Horas de viagens por ano. Considerou-se 70 viagens por turno diário de 8 horas, trabalhando 24 dias por mês em 1 ano.

N = Vida útil dos pneus (horas). Considerou-se vida útil de 5 anos, equivalente a 11.520 horas (SILVEIRA, 2001).

Outros Custos

Pode-se afirmar que de uma maneira geral, custo de risco (CR) e custo de administração (CA), corresponde respectivamente a 10% e 12% do somatório de custos fixos e custos variáveis (ANAYA e QUEVEDO, 1975).

$$CR = 0,10\ (CF + CV) \qquad \text{(XI)}$$

$$CA = 0,12\ (CF + CV) \qquad \text{(XII)}$$

Custo Total

$$CT = CF + CV + CR + CA \qquad \text{(XIII)}$$

CT em R$ / minuto = x

3.11 Fatores "t" e "L"

A cada viagem definiu-se um valor para "t" e "L", usando-se para efeito de cálculo o valor médio das observações em campo.

O fator "t" é inversamente proporcional à velocidade, cuja determinação tanto para viagens com carga como sem carga se fez medindo-se o espaço percorrido e cronometrando-se o tempo gasto para percorrê-lo. O valor de t = 0,01min./metro foi obtido por cronometragem em trabalho de campo.

O fator "L" foi obtido através de uma série de medições volumétricas da carga transportada. Considerando uma média de toras de 14 metros de comprimento e circunferência a altura do peito (CAP) de 0,70 metros (informação da empresa). Para obter-se o volume médio utilizou-se a seguinte fórmula (MACHADO, 2006):

$$V = [\ (\pi\ d^2\ )/4\ ]\ hf \qquad \text{(XIV)}$$

Onde:

$\pi = 3,1416$

d = diâmetro médio da tora é obtido dividindo-se a circunferência pelo π (c / π). A circunferência média encontrada foi de 0,70 cm.

h = Comprimento da Tora ou fuste comercial. O comprimento das toras arrastadas é de 14 m.

f = Fator de forma utilizado para correção da conicidade das toras, equivalente a 0,5, valor disponibilizado pela Empresa.

Cálculando:

d = 0,70m / 3,1416 = 0.22m

V= [(3,1416 x 0,0484)/4] x 14 x 0,5

V = 0,03801 x 14 x 0,5 = 0,266 m^3 / fuste

L = 2,5 toras em média/viagem

L = 2,5 toras x.0,266 m^3 /tora

L = 0,66 m^3

3.12 Produção de madeira em m³/ha (q)

Os valores estimados de "q" (m^3/ha) para os povoamentos da fazenda foram fornecidos pela empresa com base no histórico de produção de seu banco de dados, de maneira a abranger os possíveis rendimentos referentes a volumes dos desbastes e estoque aos 9 anos de idade do plantio, com incremento médio anual (IMA) dos povoamentos variando de um mínimo de 8m^3/ha/ano a um máximo de 18m^3/ha/ano, gerando uma estimativa de volume final de respectivamente 72 m^3/ha até 162 m^3/ha em talhões com dimensões variando de 6 a 60 hectares.

q1 = 80 m^3/ha menor rendimento esperado.

q2 = 160 m^3/ha maior rendimento esperado.

q3 = 120m^3/ha rendimento médio esperado.

3.13 Custo de Construção e Manutenção de estadas (r)

Para obter o custo de abertura para estradas de 5 metros de largura, considerou-se o custo de R$ 150,00 por hora máquina de trabalho do trator de esteiras, com um rendimento de 8 horas por quilometro de estrada e R$ 140,00 por hora máquina de trabalho no patrolamento, com um rendimento de 3 horas por quilometro de estrada.

O custo de manutenção depende de fatores como:

- Qualidade de construção.
- Peso dos veículos, característica físicas do veículo.
- Densidade de tráfego.
- Velocidade do tráfego.
- Condições climáticas, etc., tornando-se difícil seu cálculo.

Como regra empírica, o custo anual de manutenção de estradas representa um custo fixo de 50 a 100 dólares por quilômetro mais 1 a 2% do custo de construção (FAO, 1974).

Para o presente trabalho foi utilizado o menor índice de custo de 50 dólares (cotação de Agosto de 2011 era de R$ 1,56/1US$, totalizando R$ 78,00) por quilômetro, mais 1% do custo de construção de estrada, devido as condições climáticas não serem severas, velocidade e densidade de tráfego serem baixas, e a topografia ser plano ondulada.

3.14 Determinação de EOE e DME

Uma vez efetuado o cálculo de DOE, pode-se então determinar através de fórmulas diretas e específicas, os valores de EOE e DME (COSTA, 1979; McNally, 1975; SUDAM, 1978).

$$EOE = \frac{10^4}{DOE} \qquad \text{(XV)}$$

$$DME = \frac{2.500.T.V}{DOE} \qquad \text{(XVI)}$$

De posse destes valores é possível estimar o custo de construção de estradas em termos de metros cúbicos de madeira

transportada em (C.C.Estradas) R$/$m^3$ e o custo de extração do metro cúbico de madeira posto beira da estrada ou esplanada (C.Extração).

3.15 Parâmetros Medidos e Análises

Durante os trabalhos de coleta de dados no campo, foram medidos e cronometrados os seguintes parâmetros da operação de extração:

- Tempo e distância de “viagem sem carga”;
- Tempo e distância de “viagem de carga”;
- Número de feixes para compor uma carga completa;
- Tempo e distância de “viagem com carga”.

Para DOE, foi feito uma análise de sensibilidade, visando-se observar a influência de cada um dos fatores componentes da fórmula sobre o resultado da mesma. A partir de um resultado base (valor médio), cada componente separadamente sofreu duas variações, a 10% e a 20%, mantendo-se os demais constantes.

3.16 Preços e demais custos dos equipamentos de extração

Para levantamento dos preços dos equipamentos utilizados na operação de extração e demais custos envolvidos em seu funcionamento consultou-se o mercado fornecedor da cidade de Cuiabá.

As informações sobre consumo de combustível, lubrificantes, pneus, graxas, filtros, bem como de vida útil, valor de revenda e salários, foram obtidos junto aos motoristas, operadores de máquinas, pessoal da equipe de manutenção e abastecimento.

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

4.1 Intensidade de Amostragem

A eficiência da coleta de dados foi analisada segundo a intensidade de amostragem ideal (n) para o erro requerido. A maior intensidade amostral necessária para o estudo foi de 39 amostras de ciclo operacional de extração conforme estudo piloto realizado. Para o presente trabalho coletou-se um número de 68 amostras de ciclo operacional, dessa maneira, obteve-se uma confiabilidade nos resultados devido a quantidade muito superior a de amostras necessárias.

4.2 Determinação do tempo das atividades de ciclo operacional

Na tabela 1, apresentam-se os tempos médios por ciclo operacional de extração obtido segundo a coleta de tempo na área estudada.

TABELA 1 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CICLO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Média (min./ciclo)	3,30
Variância	0,92
Desvio padrão	0,96
Coeficiente de variação (%)	28,12
“t” Student $p < 0,05$	1,99
Erro admissível	5 %
Números de amostras coletadas	68
Intensidade ideal de amostragem	31

O tempo médio por ciclo varia em função do volume de extração, distância e tempo de carga (ou viagem de carga). Comparando com trabalho realizado por Zagonel (2005) em condições semelhantes a deste trabalho, também utilizando Skidder com garra, em duas áreas de

relevo plano, com plantios de *Pinus taeda* nas Fazendas Ventura e Sumidouro, localizadas no estado do Paraná, verificou-se que o tempo médio por ciclo obtido foi de 3,36 minutos por ciclo e 3,93 minutos por ciclo, respectivamente 1,67% e 18,93% maior do que o obtido neste trabalho.

TABELA 2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA OPERAÇÀO DE CARGA DO CICLO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Média (min./ciclo)	0,82
Variância	0,25
Desvio padrão	0,50
Coeficiente de variação	31,05
“t” Student para 0,05 de probabilidade	1,99
Erro admissível	5
Números de amostras coletadas	68
Intensidade ideal de Amostragem	38

Para o tempo de formação de carga Zagonel (2005) nas mesmas condições acima descritas, obteve 1,15 minutos/carga na Fazenda Ventura e 1,25 minutos/carga na Fazenda Sumidouro, valor 40,07% e 52,63% respectivamente maiores que o de 0,82 minutos por carga encontrado no presente trabalho. O tempo consumido na atividade de carga do ciclo operacional de extração deste trabalho, representa 24% do tempo total de ciclo, bem mais eficiente que o de Zagonel (2005) que é de 34% e 31% respectivamente.

4.3. Custo Operacional de Extração em R$/minutos (x)

O valor do custo operacional total e extração (x) foi de R$ 0,61 por minuto de funcionamento do conjunto máquina e equipamento de extração. Os custos fixos (CF) respondem por 36,1% do custo total, os custos variáveis (CV) por 45,9% e os custos administrativos (CA) e de risco (CR), respondem por 18%. (Tabela 3).

TABELA 3 – CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL DE EXTRAÇÃO (x) DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Tipo de Custo	**Trator (Anos)**	**Trator (Horas)**	**Trator (Minutos)**
(H) Tempo de depreciação	20	75.200	10.512.000
(U) Horas de trabalho/ano	1	2304	138.240
(P) Valor de aquisição (R$)	120.000,00		
(R) Valor de revenda R$)	12.000,00		
Custos Fixos (CF) - R$			
(D) Depreciação	5.400,00	0,62	0,01
(J) Juros	10.500,00	4,56	0,08
(S) Seguros	3.600,00	1,56	0,03
(CMO) Mão de Obra anual	14.273,55	6,20	0,10
CF			0,22
Custos Variáveis (CV) - R$			
Reparos e manutenção	5.892,48	2,56	0,04
Lubrificantes	2.995,20	1,30	0,02
Combustível	29.306,88	12,72	0,21
Pneus	1.774,08	0,77	0,01
CV			0,28
Outros Custos - R$			
Custo de Administração (CA)			0,06
Custo de Risco (CR)			0,05
Custo Total (CT) – R$			0,61

4.4. Valores de “t” e “L”

Para as condições do talhão estudado, a velocidade média do conjunto trator e grua foi de 6 Km/hora nas viagens sem cargas e com cargas, gerando um valor médio de t = 0,01 minutos/metro.

Para o valor de L, considerou-se a média de 2,5 toras arrastadas por viagem, resultando no valor de L = 0,66 m³.

4.5 Valor de “r

A Tabela 4, representa os resultados referentes a 1km de estrada, onde o valor de R$ 1.200,00 é a soma do custo de construção e o custo de manutenção para estradas de 5 metros de largura.

TABELA 4 – CUSTO DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS EM REAIS POR QUILOMETRO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Abertura de estradas	
Trator de esteiras:	1200,00
Patrolamento:	*420,00*
Custo de construção	1620,00
Custo de manutenção	240,00
Custo Total "r":	1860,00

4.6 Determinações de DOE, EOE e DME

Definidos os valores dos componentes e realizados os cálculos determinaram-se as DOE, EOE e DME (Tabela 5).

TABELA 5 – VALORES DE DOE, EOE, DME, CUSTO DE ESTRADAS E CUSTO DE EXTRAÇÃO PARA OS DIFERENTES NÍVEIS DE PRODUÇÃO DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Produção "q" (m^3/ha)	DOE (m/ha)	EOE (m)	DME (m)	C. Estradas (R$/$m^3$)	C.Extração (R$/$m^3$)
160	51	196	65	0,59	0,60
140	48	208	69	0,64	0,64
120	44	227	75	0,68	0,69
100	40	250	82	0,74	0,76
80	36	278	91	0,84	0,84
60	31	322	106	0,96	0,98
40	26	384	127	1,20	1,17

Os aumentos no nível de produção resultam em acréscimos na DOE e conseqüentes reflexos nas demais determinações.

Estes acréscimos se devem ao fato de que tanto "b" quanto "q" serem diretamente proporcionais a A e B no modelo de Kato, (1966) respectivamente. Uma vez que com a DOE se estabelece um equilíbrio entre os custos de A e B, alterando-se positivamente o valor de "q", este equilíbrio para ser mantido e continuar sendo DOE, exige um aumento no

valor de A, aumento este que é obtido através de uma alteração positiva no valor de “b”.

Observa-se na tabela 5 que o EOE de 227 metros, possui uma amplitude de ± 30% equivalente a 159 metros e 295 metros respectivamente, dessa maneira, o valor de EOE para o menor nível de produção de 196 metros e o valor de EOE para o maior nível de produção esperado de 278 metros, estão contidos na amplitude de desvios de ± 30%, sugerido por FAO, (1975) em relação ao EOE para o nível médio de produção da Fazenda Campina.

4.7. Análise de sensibilidade

Pelos resultados obtidos na Tabela 6, pode-se observar que o grupo formado por x, t, T, V e q impacta a DOE (44 m/ha) em uma relação inversa onde todos os componentes têm o mesmo peso, já o grupo formado por L e r, impacta a DOE em uma relação direta onde todos os componentes também têm o mesmo peso.

Além disso, partindo do maior valor negativo para o maior valor positivo de Δ na tabela 6, observa-se um comportamento de valores crescentes para DOE no primeiro grupo de fatores e decrescentes para o segundo grupo de fatores. Este comportamento é explicado pela posição dos grupos na fórmula de cálculo de DOE, onde o primeiro grupo compõe o numerador da fórmula e o segundo grupo compõe o denominador.

O maior valor de DOE (49,59m/ha) é obtido pelos impactos individuais dos fatores L e r a - 20%, o segundo maior valor de DOE (48,58m/ha) é obtido pelos impactos individuais dos fatores x, t, T,V e q a + 20%.

Em termos de impacto negativo com redução da DOE e impacto positivo com acréscimo na DOE, os maiores impactos ocorreram em nível de variação de vinte por cento negativos (-20%), com respectivamente - 4,3 m/ha e + 5,6 m/ha.

.

TABELA 6 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS FATORES BÁSICOS COMPONENTES DA FÓRMULA DE DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS EM TORNO DO VALOR MÉDIO DE 44 m/ha DA FAZENDA CAMPINA, MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO – MT.

Fatores básicos	Fatores básicos corrigidos				Valores de DOE (m/ha) e variação (Δ em m/ha) em torno do valor médio							
	- 20%	- 10%	+ 10%	+ 20%	- 20%	Δ	- 10%	Δ	+ 10%	Δ	+ 20%	Δ
x = 0,61	0,488	0,549	0,671	0,732	39,67	- 4,3	42,07	- 1,9	46,51	+ 2,5	48,58	+ 4,6
t = 0,01	0,008	0,009	0,011	0,012	39,67	- 4,3	42,07	- 1,9	46,51	+ 2,5	48,58	+ 4,6
L = 0,66	0,528	0,594	0,726	0,792	49,59	+ 5,6	46,75	+ 2,7	42,28	- 1,7	40,49	- 3,5
T = 1,1	0,88	0,99	1,21	1,32	39,67	- 4,3	42,07	- 1,9	46,51	+ 2,5	48,58	+ 4,6
V = 1,2	0,96	1,08	1,32	1,44	39,67	- 4,3	42,07	- 1,9	46,51	+ 2,5	48,58	+ 4,6
r = 1.860	1.488	1.674	2.046	2.232	49,58	+ 5,6	46,75	+ 2,7	42,28	- 1,7	40,49	- 3,5
q = 120	96	108	132	144	39,67	- 4,3	42,07	- 1,9	46,51	+ 2,5	48,58	+ 4,6

Sendo: x - custo operacional de extração; t – tempo em minutos gasto para o trator percorrer a distância de 1 metro; L – volume de arraste; T – fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular a estrada; V – fator de correção para quando as estradas são tortuosas e não paralelas entre si; r - custo de construção e manutenção de estradas; q – produção de madeira.

5 CONCLUSÕES

A densidade ótima de estradas (DOE) recomendada para plantios de Teca da fazenda Campina foi de 44 m/ha. Este valor de DOE refere-se ao nível médio de produção de 120 m³/ha que pode ser estendida para toda a propriedade.

Os valores de espaçamento ótimo de estradas (EOE) e distância média de extração (DME) para o nível médio de produção são de respectivamente 227 metros e 75 metros.

Para a DME de 75 metros, o tempo médio de ciclo operacional de extração foi 3,3 min. dos quais 0,8 min. ou 24% do tempo total de ciclo são consumidos na atividade de carga.

Os fatores componentes da fórmula de DOE de maior peso sobre os resultados são a capacidade de carga do equipamento de extração (L em m^3/carga) e o custo de construção e manutenção de estradas (r em R$/km).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2009**. Brasília: ABRAF, 2010. 96 p.

ANAYA, H.; QUEVEDO, T. **Metodologia para determinar costos y rendimientos em operaciones de apeo y transporte florestal.** El transporte de La madera em países de América Latina. Roma, FAO. 1975. 52-127 p.

ANGELI, A. Identificação de Espécies Florestais - *Tectona Grandis (Teca).* **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF.** Piracicaba-SP. mai. 2003. Disponível em: http://www.ipef.br/identificacao/tectonagrandis.asp

BANTEL, C. A. Aspectos da Produção e Colheita de Florestas Implantadas. **Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais (SBEF).** 2009. Disponível em: http://www.sbef.org.br/bantel11.html

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. São Paulo: E. Blüncher, 1977. p. 635.

BRAZ, E. M. Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável. **Circular técnica,** Rio Branco : Embrapa-CPAF/AC, n. 15. 1997. 38 p.

COSTA, P. P. et. al. Exploração mecanizada em matas de várzea. **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF,** Brasília, p. 65. 1979.

CARVALHO, P. E. R. "Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira" **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA – CNPF**, Brasília, p. 640. 1999.

CORRÊA, C. M.C. **Perda de solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no planalto catarinense**. 2005. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

CORRÊA, C. M.C.; MALINIVSKI, J. R.; ROLOFF, G. Bases para Planejamento de Rede Viária em Reflorestamento no Sul do Brasil . **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, mai./ago. p. 277. 2006.

CHRISTIANSEN, P.; LOPEZ, O. **Aprovechamientos maderables:** compendio sobre planificación e ingeniería de caminos forestales. Medellín: Universidad Nacional. 1970. 104 p.

DIAS, J.R.M. et al, Quebra de dormência em diásporos de teca (*Tectona grandis L.f.).* **Acta Amazonica**. Manaus. v. 39. 2009.

DIETZ, P. Planejamento da rede viária florestal. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 4. Curitiba. **Anais.** Curitiba : FUPEF. 1983. p. 36-47.

FAO. **Harvesting man-made forests in developing countries: a** manual on techniques, roads, production and cost.. Rome.1976. 198 p.

FAO. **Logging and log transport in tropical hight Forest:** a manual on production and cost. Rome.1974. 134 p.

FAO. **Planificacion de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento.** Rome. 1978. v. 2. 171 p.

FAO. **Yngenieria y planificacion de caminos forestales.** Rome. 1975. p. 97-153.

FIGUEIREDO, E. O. Teca (*Tectona grandis* L. f.): **principais perguntas do futuro empreendedor florestal.** Rio Branco: Embrapa Acre, p. 87. 2005.

FRISK, T. Planificacion y construction de caminos forestales **in: SEMINÁRIO SOBRE EXTRACCION FORESTAL**. Lima. 1980. p. 68-75.

FUJIWARA, N.; KAMAIIZAKA, M. The transition of forest road density in timber production areas. **Journal of the Japanese Forestry Society.** Tokio. 39-45p. 1980.

GUIMARAES, H. S. A logística como fator decisivo das operações de colheita e transporte florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13., 2004, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR, p. 410. 2004.

HEINRICH, R. Forest road-net planning and wood harvesting. In: FAO FORESTRY PAPER. **Logging and transport in steep terrain.** Rome, p. 55-66. 1985.

KATO, S. **Studies on Forest Road system, preliminary, report on the road density.** Tokio. 1966. 19p.

LEITE, N.B. As florestas plantadas: governo e empresas na direção do desenvolvimento sustentável. **Sociedade Brasileira de Silvicultura.** São Paulo. 2006. Disponível em: http://www.sbs.org.br.

MACHADO, C. C. et al. **Efeito do método de extração florestal na brotação de *Eucalyptus Alba***. Viçosa/MG : SIF, 1981. 25p.

MACHADO, C. C. **Exploração Florestal – III Parte.** Viçosa, MG : UFV, Imprensa Universitária, 1984. 60p.

MACHADO, C. C.; LOPES E. S. Planejamento. **In: Colheita Florestal** Viçosa/MG: Editora UFV, 2002. 169-213p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Rede viária florestal.** Curitiba: FUPEF, 1986. 156p.

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

MACHADO, S.A. **Dendrometria.** 2ª Edição. Ed. UNICENTRO. 2006.

MALINOVSKI, J. R. *et al.* **Código de prática para estradas florestais**. Malha Viária Logística de Estradas, 2004. (Apostila).

MALINOVSKI, J. R.. A evolução e os desafios da colheita de madeira no Brasil. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 51. p. 70-72. 2000.

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

MALINOVSKI, J. R. ; PERDONCINI, W. C. Estradas Florestais. **Publicação Técnica do Colégio de Irati** – GTZ, Irati, PR. p. 100. 1990.

MATTEWS , D. M. **Cost control in the logging industry.** New York, McGraw-Hill, 1942. 57-110p.

McNALLY, D. M. La explotation y El transporte de trozos en bisques artificiales de paises en desarrollo. **Seminário FAO**. México. 1975. 57-80p.

PEREIRA NETO, S. D. **Análise Econômica da densidade de estradas nas áreas de produção de *Eucalyptus.*** Curitiba, 1995. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PETERS, P. A. Spacing of roads and landings to minimize timber harvester cost. **Forest Science.** Washington, p 37. 1978.

PORFÍRIO DA SILVA, V. Sistema silvipastoril para produção de carne. In: PEDREIRA, C.G.S.; DE MOURA, J. C.; DA SILVA, S. C.; DE FARIA, V.P. **As pastagens e o meio ambiente.** Anais do 23º Simpósio sobre manejo de pastagem. Piracicaba: FEALQ, p. 297-326. 2006.

QUEVEDO, A. G. **Estudio de rendimiento em El arraste de madera em La estacion lluviosa.** Merida. Universidade de Los Andes, 1979. 55p.

REBELLATO, L.; CUNHA, C. N. Efeito do “fluxo sazonal mínimo da inundação” sobre a composição e estrutura de um campo inundável no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. n. 4 V. 19. p. 789-799. 2005.

RIBEIRO, R. S.; SOUZA J. L. de. O desenvolvimento de técnicas de exploração em áreas acidentadas. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7., 1992, Curitiba. **Anais.** Curitiba: FUPEF, p. 01-12.1992.

SANT’ANNA JUNIOR, M. Tendências atuais e perspectivas futuras dos sistemas de extração florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL 7., 1992, Curitiba. **Anais.** Curitiba: FUPEF, p. 137-160. 1992.

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

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

SEDLAK, O. General principles for the planning of a forest road net work. In: FAO FORESTRY PAPER. **Mountain forest roads and harvesting.** Rome: FAO, p. 49. 1979.

SEIXAS, F. Extração In: **Colheita Florestal.** Livro. Viçosa/MG : Editora UFV, 2002. 89-128p.

SELLA, R. L.; CARVALHO, L. A. de. O planejamento da infra-estrutura para o transporte florestal pesado. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 1989, Curitiba. **Anais.** Curitiba: FUPEF, p. 100-132. 1989.

SENE, J. M. Logística operacional da DURATEX S.A: Área florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13., 2004, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR, p. 410. 2004.

SHIMIZU, J. Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J. R. V. de. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso 2007.** Cuiabá: Central de Texto, 2007. 63p.

SILVEIRA, G.M. **Os cuidados com o trator**. Ed. Aprenda Fácil. UFV. 2001. 57p.

SIMÔES, J. W. et. al. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento.** Brasília, IBDF. 1981. 131p.

SOUZA, D. O. de. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira.** Curitiba, UFPR/PIBIC/CNPq, 2001. p. 7 (Relatório Técnico-Científico Final).

STHOR, G. W. D. **Cálculo de custo de máquinas florestais.** Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. 3ª Ed. Curitiba. UFPR. 1980. 1-13p.

STÖHR, G. W. D. Técnicas de estudo do trabalho florestal. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1981, Curitiba. **Anais.** Curitiba : FUPEF. 1981.

SUDAM, **Estudo de viabilidade Técnica Econômica da Exploração mecanizada em floresta de terra firme.** Belém. SUDAM, IBDF, PRODEPEF. 1978. 133p.

TIBURCIO, V. C. S.; SENE J. M. e CONDI, L. G. B. Colheita mecanizada: avaliação de harverster e forwarder. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Salvador). **Anais.** Salvador : SIF. p. 204-221. 1995.

VALENÇA, A. C. de V.; et al. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita florestal. **Revista Madeira,** Curitiba, n. 51, p. 46-49. ago 2000.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas em relevo plano de áreas com produção de *Pinus taeda*, no Planalto Catarinense**. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

GLOSSÁRIO

Siglas	
CA	Custo de administração
C.C. Estradas	Custo de construção de Estradas
C. Extração	Custo de extração
CF	Custo fixo
CMO	Custo de mão de obra
CR	Custo de Risco
CT	Custo Total
CV	Custo variável
D	Depreciação
DOE	Densidade ótima de estradas
DME	Distância média de extração
EIA	Estudo de impacto ambiental
EOE	Espaçamento ótimo de estradas
H	Tempo de depreciação
IMA	Incremento médio anual
J	Juros
L	Volume de arraste na operação de extração
n	Intensidade de amostragem ideal
P	Valor de aquisição
q	Produção de madeira
r	Custo de construção e manutenção de estradas
R	Valor de revenda
RIMA	Relatório de impactos ambientais
S	Seguros
t	Tempo em minutos gasto para o trator percorrer 1 metro
U	Horas de trabalho por ano
x	Custo operacional de extração