

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ELOISE PRATES

RELAÇÃO ECONOMICA ENTRE CUSTO OPERACIONAL DE
ARRASTE DE MADEIRA PARA CLASSES DE DISTÂNCIAS E
CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS FLORESTAIS

MONOGRAFIA

PONTA GROSSA

2014

ELOISE PRATES

**RELAÇÃO ECONOMICA ENTRE CUSTO OPERACIONAL DE
ARRASTE DE MADEIRA PARA CLASSES DE DISTÂNCIAS E
CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS FLORESTAIS**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Câmpus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Luis Mauricio Resende

PONTA GROSSA

2014



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**RELAÇÃO ECONOMICA ENTRE CUSTO OPERACIONAL DE ARRASTE DE MADEIRA
PARA CLASSES DE DISTÂNCIAS E CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS FLORESTAIS**

por

Eloise Prates

Esta monografia foi apresentada no dia 08 de março de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Luis Mauricio M. de Resende
Coordenador I CEEP
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

RESUMO

As empresas do setor florestal, atualmente buscam sinergia entre as operações com objetivo de minimizar os gastos totais da madeira posta fábrica ou clientes para serrarias. Neste trabalho é analisado se o investimento em estradas secundárias ou cascalhadas é viável em relação ao arraste de madeira em classes de distâncias pré definidas com trator tipo “skidder” para florestas de Pinus spp. com VMI superior a 1,8 m³/ árvore com destino principal à clientes de serrarias, laminadoras, moveleiras, e com VMI médio de 0,35m³/ árvore de Eucaliptus spp. com finalidade única para processo fabril. O estudo indica que o investimento de estradas intermediárias são viáveis para ambas as florestas e para estradas cascalhadas somente para as florestas de Pinus spp.

Palavras-chave: Colheita florestal. Estradas. Arraste. Skidder.

ABSTRACT

The forestry companies are looking for synergy between operations in order to minimize the overall costs of the transferred wood to the papers mills or to sawmills customers. This paper examined if the investment in secondary or graveled roads is viable with respect to skidding wood into classes of pre-defined distances with tractor type "skidder" for *Pinus* spp forests with more than 1.8 m³ / tree with the main customers of sawmills, plywood, and furniture industries destination, and IAV average of 0.35 m³ of *Eucalyptus* spp / tree, with purpose to manufacturing process. The study indicates that investment of roads intermediary are viable for both forests and graveled roads only for forests of *Pinus* spp.

Keywords: Timber harvesting. Roads. Skidding.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Colheita florestal com sistema Full tree	9
Fotografia 2 - Feller buncher Tigercat L870C.....	10
Fotografia 3 - Skidder Tigercat 635D	11
Fotografia 4 - Processador Harvester John Deere 903	11
Fotografia 5 - Carregamento de madeira na beira do talhão.....	12
Fotografia 6 - Bitrem carregado de madeira fina transporte de madeira	13

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Arraste em eucalipto	18
Quadro 2 - Arraste em Pinus.....	18
Quadro 3 - Número médio de árvores arrastadas em relação ao tempo médio do ciclo de manobra de carga para eucalipto.....	19
Quadro 4 - Número de árvores por ciclo relacionado à distância de arraste para pinus.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos de estradas	15
Tabela 2 - ANOVA validação estatística dos dados coletados de forma manual através do estudo de tempos e movimentos com eucalipto	20
Tabela 3 - ANOVA validação estatística dos dados coletados de forma manual através do estudo de tempos e movimentos com pinus.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 ATIVIDADE DE COLHEITA FLORESTAL	9
2.1.1 Corte	9
2.1.2 Arraste	10
2.1.3 Processamento	11
2.1.4 Carregamento e Descarregamento.....	12
2.1.5 Transporte	12
2.2 ESTUDO DE TEMPOS E RENDIMENTOS	13
2.2.1 Estradas Florestais	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
ANEXO A - Tabela referente a estudo de tempos e movimentos da máquina florestal “skidder”; frente e verso sucessivamente	26
ANEXO B - Mapa da Fazenda Anta Brava localizada nas áreas da Klabin S.A.	28

1 INTRODUÇÃO

A colheita florestal, a partir de 1970, sofreu forte influência da mecanização, este período marcou com a procura das empresas em adotar sistemas de produção de madeira utilizando maquinários de grande porte e iniciando uma busca crescente por maior produção com menor custo e excelência nas atividades operacionais. (MACHADO; SILVA; PEREIRA, 2008).

Definimos colheita florestal como um conjunto de operações efetuadas em unidades de manejo, com objetivo de preparar e levar a madeira até o local de transporte. Em um ponto de vista técnico-econômico, é composta por etapas de produção que são elas o corte, arraste, processamento e carregamento. (MACHADO; SILVA; PEREIRA, 2008).

Um dos fatores que influencia diretamente sobre este custo operacional é a quantidade de estradas florestais, que são as mais importantes vias de acesso às florestas, sendo utilizadas para tráfegos da mão-de-obra desde a implantação e manejo até a extração e transporte da madeira (MACHADO, 1989). As estradas florestais são diferenciadas, devido intensidade de tráfego extrapesado, concentrada durante as atividades operacionais de colheita e transporte e baixíssimo tráfego durante crescimento do plantio. (MACHADO; MALINOVSKI, 1986).

A densidade de estradas por unidade de manejo (talhão) influencia diretamente na produtividade da fase de arraste de madeira. O arraste ou extração é feito com tratores tipo *Skidder*, que são máquinas robustas com alta capacidade de carga por viagem, sendo muito importante a otimização entre custo de extração e custo da malha viária.

Este trabalho tem como objetivo quantificar economicamente a viabilidade de aumentar a distância do arraste, que é uma das etapas no processo produtivo de colheita de madeira, se assim conseguir economizar na construção de estradas secundárias nas áreas florestais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ATIVIDADE DE COLHEITA FLORESTAL

O sistema de colheita de madeira compreende um conjunto de elementos e processos que envolve a cadeia de produção e todas as atividades parciais, desde a derrubada até a madeira posta no pátio da indústria transformadora. (TIBURCIO et al, 2008).

O sistema adotado na atividade em questão é o sistema “*Full Tree*” que implica em remover do talhão as árvores sem raízes, como operação subsequente ao corte. O processamento completo é feito em local previamente planejado. Este sistema requer alto índice de mecanização e pode ser utilizado tanto em terrenos planos como nos acidentados.



Fotografia 1 - Colheita florestal com sistema Full tree
Fonte: Autoria própria

2.1.1 Corte

O corte da madeira é onde se inicia o processo de produção da madeira. É feito através de trator derrubador-acumulador, chamado de *Feller-buncher*, sua estrutura consiste basicamente em um trator de esteira com um implemento frontal, que faz o corte, acumula árvores cortadas e deposita-as no chão formando feixes,

facilitando a operação posterior de arraste, desgalhamento e processamento. (MACHADO; SILVA; PEREIRA, 2008).



Fotografia 2 - Feller buncher Tigercat L870C
Fonte: Klabin do Paraná (2007)

2.1.2 Arraste

O arraste é feito com tratores tipo *skidder*, que são veículos fortes, robustos e versáteis. Os mesmos buscam os feixes formados pelo *Feller buncher* e depositam na beira do talhão para serem processados conforme finalidade do produto.

A capacidade de carda depende de uma série de variáveis, como resistência ao rolamento, coeficiente de tração e atrito e atrito da carga ao solo. Todas as variáveis se alteram no teor de umidade do solo e sua textura. Além destes aspectos, Machado (1984) destaca alguns itens que influenciam para obter a eficiência máxima: declividade do terreno, tamanho e capacidade da máquina, desempenho do operador, pressão do pneu compatível com as condições e tipo do solo.

A distância de extração também condiciona o custo da operação, sendo maior na redução de construção de estradas. A relação entre custo de construção de estradas e distância de operação é muito importante, podendo minimizar os custos totais da empresa.



Fotografia 3 - Skidder Tigercat 635D
Fonte: Tigercat Forestry (2013)

2.1.3 Processamento

Consiste na operação de traçar as árvores depositas pelo *skidder* na beira do talhão. É feito com tratores tipo *harvester* equipados com implementos cabeçotes cujo tamanho varia de acordo com o volume de cada árvore.

O *harvester* é comandado por computador de bordo que recebe as informações de diâmetro, comprimento da madeira e posteriormente fornece os dados de produtividade, rendimento, total produzido por produto.



Fotografia 4 - Processador Harvester John Deere 903
Fonte: Klabin do Paraná (2014)

2.1.4 Carregamento e Descarregamento

Atividade que coloca a madeira no veículo de transporte da mesma seja o principal ou de extração; e retirada da madeira do veículo de transporte no local de utilização final respectivamente (MINETTI; SOUZA; FIEDLER, 2002).

Na Fotografia 5, vemos a carregadeira florestal fazendo o abastecimento dos caminhões.



Fotografia 5 - Carregamento de madeira na beira do talhão
Fonte: Klabin do Paraná (2013)

2.1.5 Transporte

É a atividade que leva a madeira da área do talhão para o pátio das empresas. O transporte de madeiras está atrelado às leis de transporte de cargas vigentes no Brasil, devendo obedecer às normas de carga máxima por eixo e comprimento máximo dos implementos no caso de carretas.

Ainda segundo Machado (2002), são obedecidos sistemas de Colheita Florestal, os quais podem variar de acordo com vários fatores, entre eles topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, máquinas e equipamentos, uso final da madeira e recursos disponíveis.



Fotografia 6 - Bitrem carregado de madeira fina transporte de madeira
Fonte: Klabin do Paraná (2013)

2.2 ESTUDO DE TEMPOS E RENDIMENTOS

Uma das técnicas utilizadas no planejamento e na otimização das atividades de colheita é o estudo de tempos e movimentos. (ANDRADE, 1998). A análise das operações florestais geralmente está vinculada a dados coletados. Frequentemente, estes dados estão contidos em relatórios de estudos de tempos e movimentos; antes da coleta dos dados, as operações devem ser explicitamente definidas e separadas em nível de elemento. (VALVERDE, 1995).

Para Simões e Fenner (2010) a realização de estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade de colheita de madeira tornaram-se imperativos, visando à minimização dos custos e à otimização operacional. A identificação dessas variáveis pode ser realizada por estudos específicos que possibilitem estimar a produtividade, a qual resultará em subsídios para avaliação mais precisa do processo de produção.

Segundo Mialhe (1974) o estudo de tempos e movimentos é o método mais importante de pesquisa em operações florestais, pois o tempo consumido em cada ciclo de trabalho está associado ao método.

Para Souza (1978) o estudo de tempos e movimentos é uma importante técnica utilizada na racionalização do trabalho de colheita e transporte florestal.

2.2.1 Estradas Florestais

As estradas florestais são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais. (MACHADO, 1989). Elas têm como principais características o baixo volume de tráfego, às vezes temporário, e o tráfego pesado e extrapesado, ocorrendo normalmente em um único sentido, por meio de veículos com capacidade de carga entre 30 e 40 toneladas e de veículos com carga acima de 40 toneladas, respectivamente. (LOPES, 2002).

A demarcação das estradas, ramais de arraste, pátios de estocagem e a indicação da direção de queda das árvores no campo tomam como base o mapa preliminar de exploração. A equipe de demarcação faz ajustes nesse mapa de acordo com as condições da floresta. Como resultado, tem-se o mapa do planejamento, a ser usado para guiar as operações de corte e arraste. (AMARAL et al, 1998).

As estradas são fatores fundamentais dentro do objetivo principal, que é a produção florestal. Elas, além de atenderem diretamente ao transporte florestal, promovem o acesso dos trabalhadores até as frentes de trabalho, auxiliam na administração; garantem a assistência médica, social e educacional; permitem o abastecimento das atividades; garantem a proteção da floresta e permitem o tráfego seguro de terceiros, além de outras atividades do ramo florestal. (CARVALHO; SELLA, 1991 apud PAIVA, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram levantados em florestas de *Eucalyptus urograndis* e *Pinus taeda* da empresa Klabin S.A, fazenda Monte Alegre – Região Florestal: Anta Brava (Anexo B), no município de Telêmaco Borba.

A partir dos dados de inventário da empresa, foram avaliados os rendimentos do trator *Skidder* com 0-50; 50-100; 100-150; 150-200; 200-250 m de distância de arraste. A metodologia adotada para o estudo de tempos e movimentos foi segundo Valverde (1995) e Moreira (2000).

As distâncias foram medidas com estacas distribuídas nas faixas de arraste.

Os equipamentos avaliados foram “*Skidder*” da marca John Deere, modelo 748HX, com 193 HP de potência nominal do motor, capacidade de arraste com garra cheia de 159 kN, área da garra de 1,38m², com rodados de pneus 4x4 e *Skidder Tigercat 625C*, com 220 HP, capacidade de garra de 1,76m² e rodado de pneus 6x6.

Para cálculo de produtividade utilizou-se os dados de número de árvores por ciclo, volume médio individual (vmi), faixas de distâncias, tempo total por ciclo.

Utilizaram-se os custos praticados atualmente pela empresa para cálculo das estradas. Adotando-se dados reais de talhões em operação, simulando as situações de abertura de ramal e arraste nas classes de distâncias. Conforme tabela abaixo:

Tabela 1 - Custos de estradas

	Custo abertura de ramal "de toco"	Custo abertura de ramal cascalhado
Custo m²	0,94	2,04
Largura	6	6

Fonte: Equipe de logística Klabin (2014)

Para os cálculos das horas para efetivar o trabalho utilizou-se custos praticados e graus de eficiência e disponibilidade mecânica.

O grau de disponibilidade mecânica é basicamente o tempo expresso em porcentagem, que a máquina se encontra apta para trabalhar onde é considerada como produtiva. Pode ser expresso com a seguinte equação:

$$Dm = \frac{He}{(He + Tm)} \times 100$$

Em que:

Dm = grau de disponibilidade mecânica (%);

He = tempo de trabalho efetivo (horas); e

Tm = tempo de manutenção (horas).

A eficiência operacional, que significa em porcentagem, quando a máquina foi eficiente em um espaço de tempo especificado e pode ser expressa por:

$$f = \frac{te}{(te + tp)} \times 100$$

Em que:

f = eficiência operacional (%);

te = tempo de trabalho efetivo (horas); e

tp = tempo de paradas de serviço (horas).

A produtividade operacional foi definida e adaptada para ser aplicada junto a este projeto sendo estimada através do inventário, onde se buscou o volume médio por árvore dentro de cada parcela. Após isso foi realizada a multiplicação desse volume médio por todas as árvores dispostas no talhão onde se obteve o volume médio de árvores por talhão. Juntando ao acompanhamento das atividades realizadas pela máquina, onde foram extraídas as informações de horas efetivas que a mesma trabalhou (descontando as horas não efetivas); podem-se adquirir os dados de produtividade da máquina em cada talhão através da seguinte expressão:

$$Prod = \frac{na \times va}{te} \times 100$$

Em que:

Prod = produtividade operacional (m³ ha⁻¹)

na = número de árvores obtido por meio de um censo completo realizado a priori em cada parcela experimental;

va = volume médio por árvore obtido através do inventário da área (m³); e

te = tempo de trabalho efetivo realizado por cada máquina dentro de cada parcela (horas).

Os custos operacionais foram divididos em custos fixos e variáveis, e expressos em reais por hora efetiva de trabalho (R\$/h).

Onde:

(CF): depreciação, juros e seguro;

(CV): combustível, lubrificante, óleo hidráulico, pneus, manutenção, remuneração de pessoal, transporte de pessoal e maquinário e pessoal operacional.

O custo de produção da máquina foi obtido através da divisão de seus custos operacionais (R\$/ha) por sua produtividade (m³/cc/ha), gerando o resultado em reais por metro cúbico de madeira com casca (R\$/m³/cc).

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

Em que:

CPr = custo de produção da máquina (R\$/m³/cc);

CT = custo operacional total da máquina (R\$/h); e

Prod = produtividade da máquina analisada (m³/cc/he⁻¹)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos quadros abaixo, estão expostos os resultados obtidos no levantamento dos ciclos de arraste, para Eucalipto e Pinus, respectivamente. Demonstrando que a distância influencia diretamente na produtividade do trator *skidder*.

<i>Eucalyptus saligna</i> VMI ~ 0,38						
Distâncias	Viagem Vazio	Manobra e Carga	Viagem Carregado	Manobra e Descarga	Tempo Ciclo total	t/h
< 50	00:00:19	00:00:17	00:00:20	00:00:53	00:01:50	149
50<D<=100	00:00:30	00:00:42	00:00:40	00:00:41	00:02:34	106
100<D<=150	00:00:48	00:00:50	00:00:59	00:00:49	00:03:26	83
150<D<=200	00:01:15	00:01:21	00:02:00	00:01:02	00:05:31	68
200<D<=250	00:01:32	00:01:33	00:02:24	00:01:08	00:06:37	57
>250	00:02:25	00:01:07	00:02:59	00:01:28	00:07:57	53
Média geral	00:01:06	00:00:58	00:01:31	00:00:59	00:04:33	86

Quadro 1 - Arraste em eucalipto
Fonte: Levantamento de dados em campo (2014)

<i>Pinus taeda</i> VMI > 1,8						
Distâncias	Viagem Vazio	Manobra e Carga	Viagem Carregado	Manobra e Descarga	Tempo Ciclo total	t/h
< 50	00:00:19	00:00:43	00:00:47	00:00:37	00:02:26	133
50<D<=100	00:00:28	00:00:37	00:01:41	00:00:29	00:03:16	81
100<D<=150	00:00:29	00:00:18	00:02:19	00:00:39	00:03:45	73
150<D<=200	00:00:50	00:00:20	00:02:36	00:00:44	00:04:29	61
Média geral	00:00:30	00:00:31	00:01:43	00:00:37	00:03:21	87

Quadro 2 - Arraste em Pinus
Fonte: Levantamento de dados em campo (2014)

Observa-se que os tempos de viagem vazio e viagem carregado sobem a medida que a distância é aumentada, assim potencialmente diminuindo a produtividade do arraste, também as manobras de carga e descarga tem leve aumento de tempo com a distância de arraste maior.

Comparando as resultados entre Pinus e Eucalipto (Quadros 1 e 2), observa-se que no caso da madeira mais pesada com VMI maior, o *skidder* diminui ainda mais sua produtividade.

Distâncias		
(metros)	Operação	
	Manobra de carga	Média de Árvores
0 a 50	00:00:17	11
50 a 100	00:00:44	14
100 a 150	00:00:53	17
150 a 200	00:01:17	17
200 a 250	00:01:33	17
>250	00:01:07	16

Quadro 3 - Número médio de árvores arrastadas em relação ao tempo médio do ciclo de manobra de carga para eucalipto

Fonte: Levantamento de dados em campo (2014)

Distâncias		
(metros)	Operação	
	Manobra de carga	Média de Árvores
0 a 50	00:00:43	3
50 a 100	00:00:37	2
100 a 150	00:00:18	2
150 a 200	00:00:20	2

Quadro 4 - Número de árvores por ciclo relacionado à distância de arraste para pinus

Fonte: Levantamento de dados em campo (2014)

Os Quadros 3 e 4, demonstram o número de árvores que a máquina consegue arrastar para Pinus e Eucalipto, em toneladas o número varia de acordo com o VMI em m³ da floresta, ou seja, quanto mais pesada a árvore menos o número de indivíduos será arrastado, mas não afetando em queda de eficiência pois a produtividade é medida em toneladas ou m³ arrastados.

Mesmo que a máquina consiga carregar o mesmo número de arvores para cada distância, a produtividade será influenciada negativamente pela distância arrastada.

Para validação estatística dos dados coletados através da primeira forma de estudo de tempos citada nos materiais e métodos, ou seja, com estacas a cada cinquenta metros ao longo do talhão, as tabelas 2 e 3 estão demonstrando a confiabilidade do número de ciclos coletados que foi de 324.

Tabela 2 - ANOVA validação estatística dos dados coletados de forma manual através do estudo de tempos e movimentos com eucalipto

Grupo	Soma	Média	Variância
Distância 1	4026,76	134,23	595,55
Distância 2	4697,87	126,97	1220,18
Distância 3	3903,62	111,53	1372,50
Distância 4	2487,21	71,06	410,21
Distância 5	1523,51	56,43	183,98
Distância 6	1302,15	42,00	99,29

Fonte da variação	SQ	GI	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	239082,41	5	47816,48	69,75	4,53266E-41	1,88
Dentro dos grupos	129571,67	189	685,56			
Total	368654,09	194				

A tabela acima demonstra que teve diferença significativa entre as distâncias efetuadas no estudo de tempos e movimentos.

Tabela 3 - ANOVA validação estatística dos dados coletados de forma manual através do estudo de tempos e movimentos com pinus

Grupo	Soma	Média	Variância
Distância 1	7327,70	178,72	4215,82
Distância 2	3436,38	107,39	1044,61
Distância 3	2731,84	97,57	470,59
Distância 4	2184,29	80,90	341,40

Fonte da variação	SQ	GI	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	201051,61	3	67017,20	37,33	2,918E-17	2,13
Dentro dos grupos	222598,13	124	1795,15			
Total	423649,74	127				

A tabela acima demonstra que teve diferença significativa entre as distâncias que foram estudadas no projeto de arraste.

Para o comparativo com o custo de estradas, ajudando na tomada de decisão de investir ou não em construção de estradas secundárias ou cascalhadas.

PARA MADEIRA COM VMI SUPERIOR A 1,8 PINUS

Considerando

Vol total (t) 9.000

Distância arraste	t/h	Horas para finalizar o talhão	Custo/ mês	R\$/ton	DIF
< 50	133	68	14.461	1,61	
50<D<=100	81	112	23.898	2,66	9.437
100<D<=150	73	123	26.304	2,92	2.406
150<D<=200	61	148	31.723	3,52	5.419
200<D<=250	45	200	42.773	4,75	16.469
>250	30	300	64.159	7,13	37.855

Custo abertura de ramal "de toco"

Custo m ²	0,94
Largura	6
Extensão	500
Custo total	2820

Custo abertura de ramal cascalhado

Custo m ²	2,04
Largura	6
Extensão	500
Custo total	6120

Conforme os quadros acima para madeira de Pinus, pode-se concluir que em distâncias acima de 150 metros é mais viável o investimento em ramais intermediários, e para o investimento em estrada cascalhada, é viável arrastar até 200 metros.

O investimento torna-se viável a medida que a máquina perde seu rendimento efetivo, sendo necessário maior número de horas para finalizar o talhão.

PARA MADEIRA COM VMI > 0,35

Considerando

Vol total (t) 5.000

Distância arraste	t/h	Horas para finalizar o talhão	Custo/ mês	R\$/ton	DIF
< 50	149	34	7.177	1,44	
50<D<=100	106	47	10.088	2,02	2.911
100<D<=150	83	60	12.883	2,58	2.795
150<D<=200	68	74	15.725	3,15	2.842
200<D<=250	57	88	18.760	3,75	5.877
>250	53	94	20.176	4,04	7.292
Custo abertura de ramal					
Custo m ²	0,94				
Largura	6				
Extensão	500				
Custo total	2820				
Custo abertura de ramal cascalhado					
Custo m ²	2,04				
Largura	6				
Extensão	500				
Custo total	6120				

Para madeira de Eucalipto para processo, com VMI > 0,35 m³ torna-se viável o investimento a partir de que o arraste maior que 200 metros para ramal intermediário.

No caso do comparativo com construção de ramal cascalhado é viável o arraste com mais que 250 metros.

5 CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, pode-se concluir que as florestas mais velhas, com volume médio de cada árvore maior que $1,8 \text{ m}^3$, precisa de um investimento maior em estradas, sejam elas secundárias ou cascalhadas, pois a medida que a máquina tem faixa maior de arraste, sua produtividade é potencialmente menor, assim precisando mais horas para concluir cada talhão.

Para cada hora trabalhada, o custo do trator *skidder* total na área é maior, sendo mais viável ter economia na colheita e um investimento maior em estradas.

Nas florestas jovens, com finalidade somente para processo fabril, que tem volume médio em torno de $0,35 \text{ m}^3/\text{árvore}$, este investimento em estradas se torna inviável, pois a diferença entre distâncias de arraste é baixa, portanto, somente no caso de ramais intermediários o investimento é viável, para cascalhamento se torna mais caro.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P.; et al. **Floresta para sempre**: um manual para a produção de madeira na Amazônia. Belém (PA): Imazon, 1998.
- ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1998.
- LOPES, E. S. Classificação e custos de estradas em florestas plantadas na região sudeste do Brasil. 2002. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 26, n. 3, p. 329-338, maio/jun. 2002.
- MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa (MG): UFV, 2002. p. 15-32.
- MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa (MG): UFV; Imprensa Universitária, 1984.
- MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF)**: desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário. 1989. 188 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Rede viária florestal**. Curitiba: UFPR, 1986.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa (MG): UFV, 2008. p. 15-42.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974.
- MINETTI, L. J.; SOUZA, A. S.; FIEDLER, N. C. **Carregamento e descarregamento**. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa (MG): UFV, 2002. p. 129-143.
- MOREIRA, F. L. A. G. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. 2000. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa (MG), 2000.
- PAIVA, H. N. **Preparo de solo para a implantação florestal**. Viçosa (MG): UFV- Imprensa Universitária, 1995.
- SIMÕES, D.; FENNER, P.T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), v. 85, n. 38, p. 107-114, 2010.

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

TIBURCIO, V. C. S.; et al. Colheita mecanizada: avaliação do harvester e forwarder. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Campinas (SP). **Anais...** Viçosa: SIF; UFV, 1998.

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

ANEXO A - Tabela referente a estudo de tempos e movimentos da máquina florestal “*skidder*”; frente e verso sucessivamente

ANEXO B - Mapa da Fazenda Anta Brava localizada nas áreas da Klabin S.A.