

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ESTUDO DE DIFERENTES SISTEMAS DE COLHEITA DE
EUCALYPTUS SPP EM ÁREA MONTANHOSA**

CARLOS ADOLFO BANTEL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ESTUDO DE DIFERENTES SISTEMAS DE COLHEITA DE
EUCALYPTUS SPP EM ÁREA MONTANHOSA**

CARLOS ADOLFO BANTEL

Orientador: Prof. Dr. Paulo Torres Fenner

Co-Orientador: Prof. Dr. Leif Nutto

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B219e Bantel, Carlos Adolfo, 1945-
Estudo de diferentes sistemas de colheita de *Eucalyptus* SPP em área montanhosa / Carlos Adolfo Bantel. - Botucatu : [s.n.], 2011
xix, 120 f. : gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010
Orientador: Paulo Torres Fenner
Co-orientador: Leif Nutto
Inclui bibliografia.

1. Colheita florestal. 2. Motosserra. 3. Processador hidráulico. 4. Teleférico. 5. Terreno montanhoso. I. Fenner, Paulo Torres. II. Nutto, Leif. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ESTUDO DE DIFERENTES SISTEMAS DE COLHEITA DE EUCALYPTUS
SPP EM ÁREA MONTANHOSA"

ALUNO: CARLOS ADOLFO BANTEL

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO TORRES FENNER

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. LEIF NUTTO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. PAULO TORRES FENNER



PROF. DR. ALESSANDRO ANTONANGELO



PROF. DR. RICARDO ANSELMO MALINOVSKI



PROF. DR. ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO



PROFA. DRA. FLAVIA ALESSIO MARCELINO

*"Mehr Licht" (Mais luz),
Johann Wolfgang von Goethe, (1749 - 1832).
Luz, essência da energia.*

*Aos meus pais (in memoriam)
e minha família (Roselene, Carla e Guilherme)*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

“Só pode agradecer aquele que recebeu benefícios. Eu os recebi em profusão, assim tenho a alegria e emoção de poder agradecer”.

A toda comunidade da Universidade Estadual Paulista, Câmpus Botucatu pela agradável convivência nestes 10 anos e oportunidade concedida para a realização do doutorado.

Especial agradecimento aos docentes, servidores e discentes nos Departamentos de Engenharia Rural e Recursos Naturais, na Seção de Pós Graduação e na Biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos”.

Aos colegas de mestrado e doutorado pela amizade que pude cultivar ao longo destes anos.

Aos membros da comunidade local pela acolhida e apoio.

À direção e corpo de servidores da NOBRECCEL S.A. CELULOSE E PAPEL pela oportunidade de desenvolver a pesquisa de campo.

Ao Professor Paulo Torres Fenner pela orientação, amizade, motivação a desafios e conselhos pessoais e profissionais.

Aos amigos Octavio Barbosa Plaster e Danilo Scorzoni Ré pela inestimável ajuda, ensinamentos e paciência na arrancada final da elaboração da tese.

À equipe de estagiários pela valiosa ajuda e dedicação no período de coleta de dados de campo.

Aos meus pais (in memoriam) que sempre tiveram a nítida noção da importância da energia no meio rural.

À minha família, Roselene, Carla e Guilherme pelo apoio, entusiasmo e incentivo pelos estudos de mestrado e doutorado.

A todos que participaram diretamente e indiretamente permitindo que alcançasse meus objetivos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XIV
LISTA DE CONVERSÃO DE UNIDADES	XV
LISTA DE UNIDADES	XVI
RESUMO	XVIII
SUMMARY	XIX
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Colheita Florestal	5
3.1.1 Colheita florestal em locais de topografia acidentada	8
3.1.2 Sistemas de colheita de madeira	9
3.2 Corte florestal semimecanizado	10
3.2.1 Motosserras	13
3.2.2 Corte semimecanizado em relevo montanhoso	13
3.3 Extração em locais de topografia acidentada	14
3.3.1 Tipos de extração em relevo montanhoso	16
3.3.1.1 Extração com cabos aéreos	19
3.3.1.2 Cabo aéreo “Penzsaur-Koller” acoplado a uma máquina básica	26
3.3.1.3 Funcionamento da extração de toras via cabo aéreo	27
3.4 Arraste de toras com trator agrícola	29
3.5 Processamento de árvores	30
3.6 Processadores e descascadores de campo	33
3.7 Estudo de tempos e movimentos	34
3.7.1 Metodologia do estudo do trabalho	36
3.7.1.1 Coleta de dados de campo	36
3.7.2 Estudo de tempos	37
3.7.2.1 Métodos de medição e tipos de cronômetros	37
3.7.3 Estudo de movimentos	38
3.7.4 Rendimentos	39
4 MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1 Material	41
4.1.1 Caracterização da área do estudo	41
4.1.2 Clima, solos, topologia, geologia e hidrografia	42
4.1.3 Espécie florestal e sub-bosque	43
4.1.4 Área experimental, delineamento e tratamentos	45
4.1.5 Delineamento experimental	49
4.1.6 Máquinas e equipamentos florestais empregados	52

4.1.6.1	Motosserra	52
4.1.6.2	Teleférico	52
4.1.6.2.1	Trator agrícola Massey Ferguson 297	53
4.1.6.2.2	Conjunto teleférico PENZSAUR / KOLLER	53
4.1.6.2.3	Carrinho transportador KOLLER	54
4.1.6.2.4	Cabos e suporte do cabo mestre	54
4.1.6.3	Trator de arraste marca John Deere 5705 e 6405	55
4.1.6.4	Conjunto de processador	56
4.1.6.4.1	Processador	56
4.1.6.4.2	Grua	57
4.1.7	Disposição das árvores, toras longas e toras curtas	57
4.1.7.1	No talhão	57
4.1.7.2	No pátio do teleférico	58
4.1.7.3	Pátio do processador e estoque do produto acabado	58
4.2	Métodos	59
4.2.1	Operações na cadeia de colheita florestal	59
4.2.2	Ciclos de atividades nas operações	60
4.2.2.1	Atividades parciais nos ciclos produtivos	61
4.2.2.1.1	Operação de derrubada	61
4.2.2.1.2	Operação de desgalhe	62
4.2.2.1.3	Operação de engate	63
4.2.2.1.4	Operação de extração	64
4.2.2.1.5	Operação de arraste	66
4.2.2.1.6	Operação de processamento	67
4.2.3	Estudo de tempos e movimentos	68
4.2.3.1	Método de tempo contínuo	68
4.2.3.2	Método de multimomento	69
4.2.3.3	Equipe e materiais utilizados no estudo	69
4.2.4	Análises	69
4.2.4.1	Análise Estatística	69
4.2.4.2	Análises Percentuais	71
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.1	Fatores de influência	72
5.1.1	Tamanho da área experimental	72
5.1.2	Declividade	73
5.1.3	Floresta	75
5.1.3.1	Volume de madeira comercial	77
5.2	Operações	78
5.2.1	Derrubada	78
5.2.1.1	Relações entre o tempo de corte e a área basal	80

5.2.1.2	Relações entre o tempo de limpeza e a declividade	82
5.2.2	Desgalhe	85
5.2.2.1	Tempo e local de desgalhamento	87
5.2.2.2	Avaliação das relações da atividade de deslocamento no desgalhamento e a declividade	88
5.2.3	Engate	90
5.2.3.1	Relações entre a atividade de deslocamento no engate de árvores e a declividade do terreno	93
5.2.3.2	Avaliação das relações das atividades de deslocamento, espera e engate de árvores nos tratamentos	94
5.2.4	Extração	97
5.2.4.1	Avaliação dos tratamentos na extração	99
5.2.4.2	Avaliação da relação entre as atividades de carregamento e descarregamento no teleférico	103
5.2.4.3	Avaliação das relações das atividades de extração com o teleférico e distância	105
5.2.5	Arraste	108
5.2.5.1	Avaliação dos tratamentos no arraste de fustes	111
5.2.6	Processamento	117
5.2.6.1	Avaliação dos tratamentos no processador	119
5.3	Análise de rendimentos das operações	121
5.3.1	Análise estatística dos rendimentos	121
5.3.2	Rendimentos das operações com análise estatística por tratamento	125
5.3.3	Tempo efetivo e volume comercial com casca com análise percentual	127
6	CONCLUSÕES	131
7	RECOMENDAÇÕES	133
8	REFERÊNCIAS	135
9	APÊNDICE	144
9.1	Apêndice 1 - Ficha de campo de coleta de dados de tempo contínuo e movimentos das operações	144
9.2	Apêndice 2 - Ficha de campo de coleta de dados de tempo multimomento e movimentos das operações	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Tempos médios de instalação e mudança de conjunto e por ciclo, na extração de madeira longa (fustes inteiros), utilizando cabo-grua “Mini-Urus”.....	24
Tabela 2.	Rendimento de extração com cabo-grua “Mini-Urus” com equipamento auxiliar na extração de fustes e isolado na extração de fustes, para eitos com 100 metros de comprimento e 30 metros de largura, sem avaliação do tempo de instalação e mudança do equipamento.....	25
Tabela 3.	Rendimento de trabalho total (st/hora) para as distâncias de extração em dois subsistemas.....	25
Tabela 4.	Volumes médios por ciclo para classes de distância de extração em dois subsistemas usando “Mini-Urus”.....	26
Tabela 5.	Dimensionamento em largura (m), comprimento (m) e área (m ²) por parcela, tratamento e total do experimento.....	47
Tabela 6.	Declividade média (%)......	74
Tabela 7.	Área, Árvores por tratamento e Volume comercial com casca.....	75
Tabela 8.	Rendimentos das atividades efetivas da operação derrubada.....	79
Tabela 9.	Percentuais das atividades parciais efetivas da operação derrubada.....	80
Tabela 10.	Rendimentos das atividades efetivas da operação desgalhe.....	86
Tabela 11.	Percentuais das atividades parciais efetivas da operação desgalhe.....	87
Tabela 12.	Rendimentos das atividades efetivas da operação engate.....	91
Tabela 13.	Percentuais das atividades parciais efetivas da operação engate.....	93
Tabela 14.	Rendimentos das atividades efetivas da operação extração.....	98
Tabela 15.	Percentuais das atividades parciais efetivas da operação extração.....	99
Tabela 16.	Equações e estatística R ² para cada tratamento na relação entre o rendimento operacional do deslocamento sem carga e a distância média de extração.....	107
Tabela 17.	Rendimentos das atividades efetivas da operação arraste.....	110

Tabela 18.	Percentuais das atividades parciais efetivas da operação arraste.....	111
Tabela 19.	Rendimentos das atividades efetivas da operação processamento.....	118
Tabela 20.	Percentuais das atividades parciais efetivas da operação processamento	119
Tabela 21.	Análise de variância dos rendimentos.....	122
Tabela 22.	Resultados do rendimento ($m^3 \cdot h^{-1}$) e avaliação estatística para cada operação e tratamentos.....	126
Tabela 23.	Tempo efetivo em segundos e volume comercial com casca (m^3 /tratamento), tempo em segundos empregado por volume (s/m^3), percentagem em relação ao sistema 1 (Árvores Inteiras) – controle e significância estatística entre os tratamentos, por operação e sistema.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Motosserra.....	13
Figura 2.	Esquema de sistema de cabos e suporte de cabo mestre.....	21
Figura 3.	Cabo aéreo “Penzsaur-Koller” acoplado a uma máquina básica.....	27
Figura 4.	Localização da área experimental dos tratamentos de colheita florestal na região de Roseira, SP.....	42
Figura 5.	Local do experimento antes do corte da floresta (A) e após o corte (B)..	43
Figura 6.	Floresta de Eucalyptus spp. e sub-bosque característico do local do experimento.....	43
Figura 7.	Tratamento Árvores Inteiras antes do desgalhe no pátio do processador (A) e após desgalhe no pátio do processador.....	44
Figura 8.	Tratamento Toras Longas.....	45
Figura 9.	Croqui do delineamento das parcelas, tratamentos e experimento.....	46
Figura 10.	Demarcação das parcelas com balizas e marcas de cal.....	47
Figura 11.	Croqui da área experimental contendo curvas de nível de metro em metro.....	48
Figura 12.	Linha central de instalação do cabo mestre (A) e eito de extração (B)....	49
Figura 13.	Tratamento: Árvores Inteiras.....	51
Figura 14.	Tratamento: Misto.....	51
Figura 15.	Tratamento: Toras Longas.....	51
Figura 16.	Trator Massey Ferguson 297 com conjunto teleférico Penzsaur/Koller K301T acoplado e trator John Deere utilizado para arraste (A) e extração com carrinho transportador (B)	53
Figura 17.	Carrinho transportador Koller sem carga e cabos de engate (A) e em (B) atividade de deslocamento com carga mostrando o carrinho (1), cabo mestre (2), cabo de tração (3), cabos de cargas suspendendo as toras.....	54
Figura 18.	Instalação do suporte do cabo mestre (peça “G”).....	55

Figura 19.	Trator MF 297 com cabine modificada e processador HYPRO AB 650-4WD.....	57
Figura 20.	Derrubada em “espinha de peixe”.....	58
Figura 21.	Operador de motosserra e ajudante em atividade de desgalhamento no tratamento Toras Longas.....	63
Figura 22.	Equipe de engate de árvores.....	64
Figura 23.	Operador de teleférico em atividade de extração.....	65
Figura 24.	Operador de trator de arraste em atividade de recolhimento do cabo de arraste.....	66
Figura 25.	Operador acionando a grua e garra conduzindo tora para plataforma de processamento.....	67
Figura 26.	Médias e Medianas do tamanho das áreas das parcelas nos tratamentos.	73
Figura 27.	Relação entre as declividades médias e os tratamentos.....	74
Figura 28.	Relação entre a média da variável área basal por parcela e tratamentos..	76
Figura 29.	Relação entre a média da variável altura por parcela e tratamentos.....	76
Figura 30.	Relação entre a média da variável número de árvores por parcela e tratamentos.....	77
Figura 31.	Médias e erros padrões do volume comercial com casca de acordo com o tratamento.....	78
Figura 32.	Distribuição em grupos de indivíduos por centro de classe de área basal.....	81
Figura 33.	Relação entre centro de classe de área basal e o tempo de corte.....	82
Figura 34.	Relação entre o tempo de limpeza e a declividade do terreno.....	83
Figura 35.	Relação entre o tempo transformado de limpeza e a declividade do terreno.....	84
Figura 36.	Relação entre dados reais e estimados do tempo de limpeza pela equação ajustada.....	84
Figura 37.	Relação entre o tempo e local de desgalhamento.....	88

Figura 38.	Relação entre a declividade e o tempo de deslocamento na fase do desgalhamento.....	89
Figura 39.	Comparação das médias dos rendimentos do desgalhamento dos tratamentos pelo teste de Tukey.....	90
Figura 40.	Relação entre tempo médio de deslocamento no engate de árvores e a declividade.....	94
Figura 41.	Comparação do tempo médio de deslocamento de acordo com os tratamentos.....	95
Figura 42.	Médias e desvios padrões (na barra de erros) para as variáveis não significativas estudadas na atividade de espera.....	96
Figura 43.	Médias e desvios padrões (na barra de erros) para as variáveis não significativas estudadas na atividade de engate.....	96
Figura 44.	Médias e desvios-padrão da variável “carregamento” nos tratamentos...	100
Figura 45.	Médias e desvios-padrão da variável “descarregamento” nos tratamentos.	101
Figura 46.	Médias e desvios-padrão da variável velocidade de deslocamento sem carga nos tratamentos.....	102
Figura 47.	Médias e desvios-padrão da variável velocidade de descolamento com carga nos tratamentos.....	103
Figura 48.	Relação entre o tempo de carregamento e descarregamento na operação de extração com teleférico.....	104
Figura 49.	Relação entre a velocidade média de deslocamentos com carga e deslocamento sem carga na operação de extração com teleférico.....	105
Figura 50.	Rendimento operacional do deslocamento com carga em função da distância de extração.....	106
Figura 51.	Rendimento operacional do deslocamento sem carga em função da distância de extração.....	107
Figura 52.	Rendimento operacional da extração em função da distância média.....	108
Figura 53.	Médias e desvios-padrão da variável “carregamento” nos tratamentos...	112
Figura 54.	Médias e desvios-padrão da variável “descarregamento” nos tratamentos.....	112

Figura 55.	Médias e desvios-padrão da variável velocidade de deslocamento com carga nos tratamentos.....	113
Figura 56	Médias e desvios-padrão da variável “velocidade de deslocamento sem carga” nos tratamentos.	114
Figura 57.	Relação entre carregamento e descarregamento de fustes com o trator de arraste.....	115
Figura 58.	Relação entre a velocidade de deslocamento do trator com carga e sem carga.....	115
Figura 59.	Relação entre o rendimento operacional do deslocamento com carga de fustes até o processador e a distância de arraste.....	116
Figura 60.	Relação entre o rendimento operacional do deslocamento sem carga e a distância de arraste.....	116
Figura 61.	Atividades efetivas do processamento de acordo com os tratamentos.....	120
Figura 62.	Gráfico indicando a produtividade do processador por tratamento.....	121
Figura 63.	Rendimento da derrubada segundo o tratamento.....	122
Figura 64.	Rendimento do desgalhe.....	123
Figura 65.	Rendimento da extração com teleférico.....	123
Figura 66.	Rendimento do engate no teleférico.....	124
Figura 67.	Rendimento do arraste do trator.....	124

LISTA DE ABREVIATURAS

AE	Atividade Efetiva
AG	Atividade Geral
AT	Atividade Total
CAP	Circunferência na altura do peito
CERFLOR	Programa Nacional de Certificação Florestal - Inmetro
CO ₂	Dióxido de Carbono
CV	Coefficiente de Variação
DAP	Diâmetro na altura do peito
DIN-OS	Deutsches Institut für Normung e.V. (Instituto Alemão para Normatização)
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAO	Food and Agriculture Organization –UN (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
FCA	Faculdade de Ciências Agrônomicas
FERIC	Forest Research Institute of Canada (Instituto de Pesquisa Florestal do Canadá)
FSC	Forest Stewardship Council (Conselho de Manejo Florestal)
HP	Horse Power (Cavalo Força)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional para a Padronização)
JD	John Deere
MF	Massey Ferguson
PIB	Produto interno bruto
TDP	Tomada de Potência
UN	United Nations (ONU – Organização das Nações Unidas)
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
UTM	Universal Transversa de Mercator

LISTA DE CONVERSÃO DE UNIDADES

1 bar	10 ⁵ Pa = 1,02 at
1 hp	7451N = 0,102 kg
1 hp	745,69987158227022 W
1 hp	0,7457 kW
1 kg	9,80655 N
1 kg/hp	1,34228 kg/kW = 13,163154 N/kW
1 kp	9,80655 N
1 kPa	10 ³ Pa
1 kpm	0,1035947 Nm
1 kW	10 ³ watts
1 kW	1,341022 hp
1 kW DIN	1,341022 hp
1 Mpa	10 ⁶ Pa = 10 ⁶ N/m ² = N/mm ²
1 Mpa	10 bar
1 N	1kg.s/m ²
1 Nm	10 ⁻⁹ m
1 Nm	9,6153 kpm
1 Pa	1 N/m ²

LISTA DE UNIDADES

°C	grau Celsius
cm	centímetro
Cr\$ - moeda	Cruzeiro Brasileiro
cV	cavalo vapor
ha	hectare
kg/kW	quilograma por quilowatt
kgf	quilograma força
km	quilômetro
kN	quilo Newton
kW	quilowatt
l	litro
l/h	litro por hora
m	metro
m ²	metro quadrado
m/s	metro por segundo
mm	milímetro
m/min	metro por minuto
m ³ cc/árv.	metro cúbico com casca por árvore
m ³ cc/h	metro cúbico com casca por hora
m ³ /E.h	metro cúbico por equipamento e hora
m ³ /h	metro cúbico por hora
m ³ .h ⁻¹	metro cúbico por hora
MHz	megahertz
min	minuto
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
R\$ - moeda	Real Brasileiro
s	segundo
s/m ³	segundo por metro cúbico
st	estéreo

st/ciclo	estéreo por ciclo
st/h	estéreo por hora
st/E.h	estéreo por hora e equipamento
t	tonelada
toras/min	toras por minuto
toras/s	toras por segundo
US\$ - moeda	Dólar Americano

RESUMO

O estudo foi realizado em uma floresta de *Eucalyptus spp.*, em primeiro corte, em terreno montanhoso, utilizando processo semimecanizado, teleférico e processador hidráulico. O objetivo foi comparar três tratamentos de colheita, determinar os tempos e rendimentos operacionais e analisar os principais fatores de influência. No tratamento Árvores Inteiras, o desgalhe foi realizado no pátio de processamento; no tratamento Toras Longas, no interior do talhão; e no tratamento Misto, na margem da estrada junto à torre do teleférico. Os tratamentos eram homogêneos quanto ao relevo, número de fustes, CAP, altura das árvores e volume comercial com casca. Na operação de derrubada observou-se uma correlação entre a declividade do terreno e o CV% do tempo de limpeza. O tempo de corte apresentou uma relação diretamente proporcional à área basal. A operação de derrubada apresentou maior rendimento no tratamento Árvores Inteiras. O tempo de desgalhe foi influenciado pelo número de fustes. O rendimento da atividade de desgalhamento foi maior no tratamento Misto. As operações de desgalhe, engate de árvores, extração, arraste e processamento não apresentaram diferenças estatísticas quanto à produtividade entre os tratamentos avaliados. O rendimento operacional do deslocamento com carga e deslocamento sem carga nos 50 metros iniciais, na operação de extração, foi maior no tratamento Árvores Inteiras em relação aos demais tratamentos. As operações de derrubada, desgalhamento, engate de árvores, extração com a torre de teleférico e arraste com trator agrícola estavam dimensionadas inadequadamente para as condições do experimento, interferindo sobre o rendimento da extração florestal.

Palavras-Chave: colheita florestal, terreno montanhoso, motosserra, teleférico, processador hidráulico

ANALYSIS OF TIMBER HARVESTING OF EUCALYPTUS USING YARDER AND SEMIMECHANIZED PROCESS IN FIRST ROTATION FOREST, Botucatu, 2010, 145p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CARLOS ADOLFO BANTEL

Adviser: PAULO TORRES FENNER

SUMMARY

The study was conducted in the first-rotation of Eucalypt plantation, through mountainous land using partially mechanized process, yarder, and hydraulic processor. The objective of this study was to compare three cropping systems, to determine the times and operating incomes, and to analyze the main influencing factors. By the system of Whole Trees, the delimiting procedure was done into the area of processing, the system of Long Timbers was done into the stand, and the Mix system was done along of street next to the yarder tower. The treatment was homogeneous in relation to relief, number of stems, cbh (circumference of breast height), tree height, and commercial volume without bark. We have observed on harvesting operation a correlation between slope and CV% of cleaning time. The harvest time have presented a proportional directly relation to basal area. The harvesting operation has presented high performance to system of Whole Trees. The delimiting time was influenced by number of timber. The yield of delimiting activities was higher than all in the Mix system. The operations of delimiting, coupling of trees, extracting, skidding, and processing have presented no statistical differences to productivity among treatments. The operational yield of unload and load displacement through 50 initial meters, by extraction operation, was higher to the system of Whole Trees than the others. The operations of harvesting, delimiting, coupling of trees, extraction with yarder tower, and skidding with tractor machine were inadequately measured to the experiment conditions, interfering on forest extraction yield.

Key-words: forest harvesting, mountainous terrain, chainsaw, yarder tower, and hydraulic processor

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é um importante segmento da economia nacional. Em 2007, as florestas plantadas somavam 5,5 milhões de hectares (CARVALHAES, 2008) e geravam cerca de 4,6 milhões de empregos diretos e indiretos, dos quais 600 mil criados diretamente pela silvicultura (IBGE, 2008).

A produção nacional de maciços florestais plantados em 2009 (IBGE, 2010) teve como principais fornecedores os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia com mais de 148 milhões de m³ de madeira roliça, além de cerca de 3,3 milhões de toneladas de carvão vegetal. No mesmo período, a produção de lenha totalizou mais de 41 milhões de m³ e de madeira em tora, cerca de 107 milhões de m³, dos quais 61% foi destinado para a produção de celulose. A produção primária da silvicultura nacional em 2009 foi de R\$ 9,0 bilhões (cerca de US\$ 4,5 bilhões).

Os produtos do setor de base florestal respondem pelo segundo maior volume de exportação no agronegócio. Para cada dólar gasto em silvicultura, esta agrega mais três dólares, sendo um fator social e econômico de relevância.

Atualmente, é significativa a procura e a ocupação de áreas declivosas,

degradadas, impróprias para a agricultura ou pecuária, por florestas de produção, principalmente nos estados de maior presença na economia florestal.

A colheita florestal mecanizada nos locais de acentuada declividade teve que evoluir celeremente, ao passo que o mercado e a pesquisa precisaram rever sistemas e métodos tradicionais.

O uso de equipamentos modernos na colheita florestal em regiões montanhosas, tais como teleféricos e processadores acoplados em tratores de rodas com grande mobilidade em locais de topografia acidentada, teve reinício no Brasil na década de 1990. As práticas de cultivo mínimo e silvicultura de precisão, máquinas e equipamentos modernos, técnicas de construção de estradas e sistemas operacionais reduziram o impacto ambiental a níveis plenamente aceitáveis.

O corte de árvores com machado e arraste de toras e toretes com animais ou uso de motosserra e tratores agrícolas simples são métodos utilizados principalmente nas florestas em áreas montanhosas. Contudo, cada vez mais podemos observar modernos equipamentos de pequeno e médio porte operando na colheita florestal, com capacidade produtiva que permite concorrer economicamente e proporcionar alta produção. A atividade florestal economicamente desenvolvida e ambientalmente adequada em terrenos declivosos proporciona fixação do homem no campo pelo fato de apresentar características de perenidade e continuidade. Em geral, não depende da sazonalidade climática ou de calendários rígidos para suas operações em quase todas as regiões do Brasil.

A pesquisa no desenvolvimento de sistemas operacionais nas atividades de colheita florestal pode trazer melhorias nos rendimentos com novos sistemas e métodos de trabalho, máquinas e equipamentos, auferindo benefícios em relação a custos, conforto laboral e sustentabilidade social e ambiental. Essa preocupação deve fazer parte das prioridades de fabricantes, comerciantes, mantenedores, usuários, proprietários e operadores de máquinas que trabalham conjugadas com outras máquinas e equipes de trabalhadores na colheita florestal.

Estabelecer sistemas de colheita harmonicamente integrados entre produção e conservação ambiental, treinar equipes de trabalhadores e operadores de equipamento, manutenção preventiva e corretiva, zelo operacional, segurança operacional, meio de comunicação rápido, estoque de peças de reposição, ferramentas próprias para

manutenção mecânica, combustíveis e lubrificantes, além de produtos mecânicos de alta qualidade são elementos fundamentais na moderna colheita florestal em área montanhosa.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral foi determinar os tempos e rendimentos operacionais das diferentes atividades da cadeia de colheita, extração e processamento da madeira.

O objetivo específico foi analisar os principais fatores de influência do desgalhe semimecanizado e comparar os efeitos da sua realização no pátio do processador, no pátio do teleférico e no talhão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Colheita Florestal

Hubbard *et al.* (2000), citados por Malinovski (2007), definiram a colheita florestal no glossário de terminologia florestal da Universidade da Flórida como o corte e movimentação de árvores para uma localização central ou para um transporte final por caminhos.

Pulkki (2006) define colheita florestal como sendo técnicas operacionais que envolvem a coleta de árvores da floresta até um ponto de utilização (MALINOVSKI, 2007).

Considerada a mais importante parte do ponto de vista técnico-econômico, a colheita florestal é um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal para explorar e extrair a madeira até o local de transporte ou utilização. Regida por técnicas e padrões estabelecidos com a finalidade de transformá-la em produto final, a colheita é composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento, quando executado em campo, extração e carregamento (SANTOS &

MACHADO, 2001; MACHADO, 2002; SILVA, 2003).

Conforme observam Tiburcio *et al.* (1955), já nessa ocasião a mecanização das operações de colheita florestal era uma das preocupações prioritárias das empresas brasileiras de base florestal durante as duas últimas décadas. Entre os diversos motivos estão: o aumento da demanda de madeira; elevação dos custos sociais dos trabalhadores; as buscas do crescimento 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. Contudo, Souza *et al.* (2006) observaram que a maioria das máquinas e equipamentos utilizados na colheita, bem como suas peças de reposição, são importadas e ficam sujeitas à política econômica adotada pelo governo e à necessidade de adaptação às nossas condições climáticas.

Valença *et al.* (2000) afirmam que a colheita representa mais de 50% dos custos; Souza (2001) declara representar aproximadamente 70% dos custos da madeira colocada no pátio das empresas.

Segundo Lonner (1976) e Salmeron (1980), o custo da madeira colhida em florestas plantadas no Brasil era 50% mais baixo que nos países industrializados. Isso era devido a uma associação de excelentes condições de crescimento ao baixo custo e abundante disponibilidade de mão-de-obra.

Segundo Jacovine *et al.* (2001), faz-se necessário e urgente buscar técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira mais racional, visando a um maior aproveitamento do material lenhoso. Dentre essas novas técnicas, a mecanização das atividades de colheita vinha ganhando enorme destaque no final da década de 90, justamente por proporcionar vantagens consideráveis em relação aos métodos utilizados até então (MOREIRA, 1998).

A realização de estudos que visem conhecer a real capacidade produtiva e possíveis variáveis que interferem no rendimento das máquinas de colheita de madeira tornou-se uma preocupação crescente por parte das empresas florestais, com vistas ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção (SILVA *et al.*, 2003).

A otimização das operações na colheita florestal é um desafio aos técnicos florestais. As principais restrições que dificultam as operações envolvem declividade

do terreno, espaçamento de plantio, volume das árvores, manejo adotado, potência e produtividade das máquinas (MALINOVSKI, 2007).

A escolha do tipo de colheita mecanizada deve levar em consideração variáveis como a experiência e habilidade da mão-de-obra, a espécie florestal, o produto primário, a distância de arraste e o transporte. A falta de consideração de alguma dessas variáveis resultará em problemas operacionais e ineficiência (CONWAY, 1976; SALMERON, 1980; MACHADO, 1984; BIRRO *et al.*, 2002).

A introdução da mecanização requer das empresas a adoção de uma série de atitudes, com o intuito de atingir rapidamente a produtividade esperada. Uma dessas atitudes é a escolha adequada de máquinas e equipamentos dentro de determinado sistema, que pode ser realizada por intermédio de diversos ensaios (LIMA & LEITE, 2002). Esses ensaios evidenciam, na prática, as características técnicas e operacionais das máquinas (MIALHE, 1974).

A racionalização e o aumento da produtividade das atividades florestais se deram em maior escala após o surgimento de novas máquinas, principalmente na extração, por apresentar dificuldades naturais bastante grandes e envolvimento de altos custos (SOUZA, 1978).

Como destacaram Stöhr e Baggio (1981), embora a mecanização não seja a única maneira de racionalizar os trabalhos florestais, ela tem elevado destaque nos esforços para reduzir custos, substituir mão-de-obra e tornar mais ameno o trabalho florestal.

A mecanização da colheita de madeira proporciona reduções drásticas em prazos relativamente curtos e alcança um lugar de elevada importância nos esforços de aumentar a produtividade e humanização do trabalho florestal, além de diminuir os seus custos (WADOUSKI, 1997). De acordo com Zych (1993) e Silva (2003), as características de consumo permitiram identificar que o processo de mecanização da colheita florestal, no entanto, não vem ocorrendo de maneira homogênea no Brasil.

Classificados como de grande porte, os tratores florestais usados nas diversas etapas da colheita mecanizada em terrenos planos ou ondulados são pesados, com elevada potência no motor e maior velocidade de deslocamento. Essas características permitem mobilidade e proporcionam aumento significativo na capacidade operacional, uma vez que realiza maior quantidade de trabalho em menos tempo (LIMA & LEITE, 2002).

Atualmente, há grande diversidade de sistemas de colheita de madeira, cuja aplicação depende de disponibilidade de recursos tecnológicos, financeiros e de qualidade da floresta (MINETTI *et al.*, 2002).

3.1.1 Colheita florestal em locais de topografia acidentada

Nas florestas plantadas em locais de topografia acidentada é necessário introduzir métodos de extração por cabos aéreos e aerotransportadores (SOUZA *et al.*, 2006).

O Boletim IPEF (2009) informa que mecanização da colheita em áreas acidentadas ainda é crítica e exige o uso de equipamentos dimensionados para a execução de suas tarefas nessas condições, apresentando custos compatíveis, baixo impacto ambiental e boas condições de trabalho ao operador, garantindo o atendimento às exigências das certificações ISO 14000 e FSC/CERFLOR.

Ainda no mesmo boletim, para essas situações nas quais a operação com sistemas usuais de colheita mecanizada não é viável técnica e economicamente, a colheita com cabo aéreo tem se mostrado uma excelente alternativa.

Segundo Souza *et al.* (2006), a mecanização da colheita de madeira em regiões montanhosas do Brasil praticamente não evoluiu. As máquinas e equipamentos disponíveis no mercado não são adequados nem para o corte nem para a extração. Geralmente, a motosserra é utilizada no corte e, na extração, aplicam-se o tombamento manual e o arraste de feixes com guincho.

De acordo com Bantel (2009a), a colheita florestal em locais de topografia acidentada tem diversas fases a serem superadas quanto à viabilidade e operacionalidade do processo, a saber: superar fatores que dificultam a regularidade do fluxo de movimentação da madeira; exigência de grandes estoques intermediários; eliminar causas que resultam em baixa qualidade do serviço; mitigar riscos de acidentes; garantir continuidade operacional e evitar danos ambientais.

Em locais de topografia acidentada, a erosão hídrica tem sido uma das principais causas da redução da produtividade das terras, podendo, inclusive, resultar no abandono de áreas. Essa degradação do solo igualmente acarreta a elevação do custo de produção, uma vez que aumenta a necessidade do uso de corretivos e fertilizantes, o que reduz

o rendimento das operações mecanizadas (VARELLA, 1999; RIBEIRO, 2002). Segundo Ribeiro (2002), a água representa o principal agente erosivo, sendo a responsável primária pela forma geral do relevo. Por essas razões, especial atenção deve ser dada na colheita florestal em terrenos de topografia acidentada, tomando-se medidas no planejamento e nas operações que não causem erosão nas áreas de florestas e nas vias de extração de madeira.

3.1.2 Sistemas de colheita de madeira

O sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades integradas entre si, que permitem o fluxo constante de madeira, evitando-se pontos de estrangulamento e levando os equipamentos a sua máxima utilização (MACHADO, 2002).

Mac Donagh (1994) descreve os sistemas de colheita como sendo a ligação entre matéria-prima (composta por árvores em pé) na floresta e as indústrias de transformação da madeira, por meio do conjunto de operações responsáveis pelo abastecimento das mesmas.

Sistema de colheita envolve planificação, método e ordenamento de atividades a serem desenvolvidas (MALINOVSKI *et al.*, 2002). Ferramentas, equipamentos, máquinas e pessoal envolvidos na área de colheita baseiam esse sistema. A forma de depositar a madeira na estrada de acesso (estaleiro) e quantidade de processos que ocorrem após o corte final da árvore definem o método de colheita (PULKKI, 2006).

Segundo Machado (2002), os sistemas de colheita podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis. Os sistemas podem variar de acordo com os tratamentos silviculturais, relevo, clima, tipo de solo, sortimento, capital de investimento, disponibilidade de mão-de-obra, volume a ser produzido e outros (MAC DONAGH, 1994). Hoje, há grande diversidade de sistemas de colheita de madeira, cuja “implementação” depende de disponibilidade de recursos tecnológicos, financeiros e de qualidade da floresta (MINETTI *et al.*, 2002). Ao lado da viabilidade econômica, atenção cuidadosa deve ser dada ao desenvolvimento e seleção de sistemas de colheita adequados às concepções ambientais e sociais (HEINRICH, 1993; SILVA, 2003).

Na colheita de madeira, não falta diversidade de sistemas operacionais, sendo que a implementação de um ou outro sistema, entretanto, está intimamente relacionada à disponibilidade de recursos tecnológicos e financeiros, bem como à qualidade da floresta. Na colheita florestal, o melhor desempenho depende diretamente do conhecimento do volume da floresta, do planejamento criterioso das operações de corte, extração, carregamento, transporte, e descarregamento, o que evita acidentes, proporcionando maior produtividade da mão-de-obra, menor ociosidade dos trabalhadores e menor custo (SEIXAS, 2002).

Segundo a FAO (1978), bem como Malinovski e Malinovski (1998), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto ao comprimento das toras e à forma como são extraídas ao local de processamento. Em muitos trabalhos adotam-se os critérios quanto à forma da madeira na fase de extração: sistemas de toras curtas, compridas (longas ou fustes) e Árvores Inteiras. Machado (1985; 2002), Malinovski e Malinovski (1998) e Malinovski *et al.* (2002) propuseram a seguinte classificação de sistemas:

- Sistema de toras curtas (*cut-to-length*): a árvore é processada no local de derrubada, extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras, com menos de seis metros de comprimento. É o sistema mais antigo em uso no Brasil.
- Sistema de Toras Longas (*tree-length*): a árvore é semiprocessada (desgalhamento e destopamento) no local de derrubada e levada para a margem da estrada ou ao pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento.
- Sistema de Árvores Inteiras (*full-tree*): a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou para o pátio de processamento, onde é processada.
- Sistema de árvores completas (*whole-tree*): a árvore é arrancada com parte de seu sistema radicular e levada para a margem da estrada ou para o pátio temporário, onde é processada.
- Sistema de cavaqueamento (*chipping*): a árvore é derrubada e processada no próprio local, sendo levada em forma de cavacos para um pátio de estocagem ou diretamente para a indústria.

3.2 Corte florestal semimecanizado

A operação de corte, que compreende a queda da árvore em pé, é uma

das atividades industriais mais perigosas. As árvores são grandes e pesadas, caindo com enorme força, capaz de danificar ou quebrar árvores vizinhas. A árvore cortada pode rolar ou deslizar encosta abaixo de forma incontrolável, causar danos a outras árvores ou perder-se na extração. Faz-se necessário, portanto, que a segurança e a capacitação sejam prioritárias nessa operação. O corte realizado adequadamente é muito similar à queda natural das árvores, pelo qual se considera a sua queda uma atividade pouco perigosa sob o ponto de vista ecológico (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

O corte é a primeira etapa da colheita florestal e preparo de madeira, tendo grande influência na realização das operações subsequentes, compreendidas como derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento (GREUDLICH *et al.*, 1996; SANT'ANNA, 2002).

Dykstra e Heinrich (1996) descrevem as operações de corte, as quais para serem consideradas adequadas, devem: garantir a segurança da equipe de corte e das pessoas que trabalham nas proximidades; reduzir ao mínimo os danos ao povoamento remanescente ou às matrizes; limitar os efeitos negativos ao solo e cursos de água; incrementar ao máximo o volume de madeira que pode ser aproveitado de cada árvore derrubada; aumentar o valor das toras preparadas para a extração; facilitar as atividades de remoção.

A execução imprópria das operações pode produzir: grave situação de insegurança e um elevado gasto de seguros e compensações; elevado custo operacional; reduzido aproveitamento; escassa rentabilidade das toras dimensionadas inadequadamente; ineficiência e custo elevado das atividades de remoção quando não se direcionam adequadamente os fustes em relação às vias de extração; danos excessivos às árvores remanescentes, solo e cursos de água; empobrecimento das condições da floresta devido a operações de corte que não se ajustam aos objetivos silviculturais; infestação do sub-bosque com espécies pioneiras ou lianas (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

Segundo Sant'Anna (2002), no corte, ainda são usados meios manuais ou semimecanizados em grande escala, ou seja, machado e motosserra, respectivamente. O trabalhador, com muita frequência, usa ferramentas, máquinas e métodos que causam prejuízos a sua saúde. Os prejuízos ocorrem pela falta de adequação ou adaptação às condições físicas e posturais do trabalhador, pela inobservância dos limites toleráveis para os fatores ergonômicos, dos níveis de carga de trabalho, ruído e vibração.

O método de corte semimecanizado ainda é muito utilizado no Brasil. Usa a motosserra com capacidade para derrubar, desgalhar e traçar. Pode ainda contar com ajudante de operador de motosserra com ferramentas manuais no desgalhamento. As possibilidades de módulos de trabalho ou equipes podem ser: operador de motosserra sem ajudante, com um ou dois ajudantes; ou dois operadores de motosserra, revezando-se na função de operador e ajudante (SANT'ANNA, 2002).

O surgimento e a evolução das motosserras livraram o trabalhador de uma atividade rudimentar, como o corte manual, sendo o primeiro passo para a utilização gradual de máquinas na colheita de madeira. O uso de motosserras permite produtividade individual elevada, exige baixo investimento inicial, menos mão-de-obra, proporciona melhores salários aos trabalhadores, além de poderem ser utilizadas em locais de difícil acesso às máquinas especializadas. Entretanto, o corte com motosserra ainda é uma atividade perigosa e de elevada exigência física (SANT'ANNA, 2002).

O grau de mecanização da colheita florestal do Brasil só não é maior devido à dificuldade de se colher florestas em terrenos montanhosos, com mais de um fuste por cepa e baixo volume por árvore (MACHADO, 2002).

Lopes *et al.* (2000) afirmaram que, apesar da existência no mercado de diversas máquinas derrubadoras, colhedoras e processadoras, o método de corte semimecanizado, utilizando motosserras, ainda é muito difundido em virtude do seu baixo custo e fácil manuseio em qualquer condição topográfica.

Segundo Minetti (1996), as motosserras foram a maior influência no processo de mecanização, pois substituíram o machado nas operações de corte. Existem, no Brasil, cerca de 400 mil motosserras, sendo que 9% são utilizadas nas áreas de reflorestamentos.

O corte de árvores com motosserra é influenciado pelo planejamento da queda, limpeza do pé da árvore e deslocamentos, bem como pela declividade do terreno, peso do operador, temperatura ambiente e percentagem de aproveitamento da árvore (SALMERON, 1980).

Salmeron (1980), adaptando levantamentos publicados pela FAO em

1974, apresentou alguns valores-padrão de produção para o corte com motosserra em terreno plano e levemente ondulado, concluindo que o trabalho realizado com um operador bem treinado utilizando uma motosserra ideal mostrava resultados satisfatórios em nossas condições.

3.2.1 Motosserras

A motosserra (Figura 1) constitui-se essencialmente de duas partes: o conjunto motor e o conjunto de corte. O primeiro é formado por um motor de 2 tempos, alimentado por um carburador de membranas, que transmite sua força através de uma embreagem de pesos centrífugos. O conjunto de corte é o pinhão, o sabre e a corrente que corre sobre este. É lubrificada através de uma bomba de óleo automática. Já na metade dos anos 80 era possível encontrar motosserras de vários tipos e tamanhos, assim como implementos e acessórios que podiam ser acoplados ao seu motor (STREIT *et al.*, 1986).



Figura 1. Motosserra

Trabalhadores competentes provisionados por correspondente equipamento de segurança e um instrumental em boas condições podem realizar as operações de corte. Estas se efetuam praticamente em todo mundo com motosserras, ferramentas intrinsecamente perigosas, usadas incorretamente por quem não está familiarizado com seu manejo (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

3.2.2 Corte semimecanizado em relevo montanhoso

O corte com motosserra em locais de topografia acidentada costuma

envolver as operações de derrubada, desgalhamento, toragem e preparo da madeira para transporte. Em sistemas mais mecanizados, a derrubada é feita com motosserra. São diversos os fatores que influenciam na operação, tais como: tipo de equipamento e seu peso, potência e comprimento de sabre; declividade do terreno; diâmetro das árvores; capacidade e treinamento do operador; temperatura ambiente; densidade do povoamento e situação do sub-bosque (SALMERON, 1980).

Mesmo com utilização de outros mecanismos de corte, a motosserra não perderá seu espaço por ser um produto de baixo custo e fácil manuseio em qualquer condição topográfica (SOUZA *et al.*, 2006).

O funcionamento do corte semimecanizado em relevo montanhoso pelo sistema que usa cabo aéreo na extração é descrito no Manual de Penzsaur (2008) da seguinte maneira:

- definido o eito de aproximadamente 30 metros de largura, determinar as árvores destinadas à ancoragem intermediária e suas reservas, próximas do eixo central de deslocamento do carrinho transportador;
- proceder ao balizamento e corte das árvores na linha de deslocamento das toras a serem extraídas;
- essas árvores devem ser cortadas direcionando a copa delas para a parte mais baixa do terreno;
- em seguida, proceder ao corte das árvores de tal forma que sua queda ocorra com a copa em nível mais baixo que a base da árvore cortada, facilitando sua extração e, no conjunto, em formato “espinha de peixe” em relação ao eixo central de extração;
- dentro do eito de extração, o procedimento é, inicialmente, cortar do meio do eito até o início junto à torre e, posteriormente, cortar do fim do eito até o meio do mesmo.

3.3 Extração em locais de topografia acidentada

A FAO (s.d.) define a extração como um processo de transporte das árvores ou toras desde a área de corte até a esplanada ou pátio de carregamento da estrada,

onde serão transformadas em toretes ou empilhadas junto a outras árvores para seu transporte até a indústria ou a outro destino final. Existem vários sistemas de extração reconhecidos: extração por arraste, com veículos que transportam a carga erguida do solo, por cabos, extração aérea, com animais de tração, entre outros. O sistema de extração por arraste é o mais comum e o que causa maiores danos ambientais. Os demais sistemas, caso aplicados convenientemente, se diferem dos sistemas de arraste.

A extração ou transporte primário também é denominado de remoção, baldeio ou arraste, dependendo do equipamento com que é realizado, consistindo no transporte a curta distância, referindo-se à retirada da madeira da floresta e a sua colocação na estrada transitável por caminhões (SALMERON, 1980).

No transporte da carga com cabos aéreos é usado o termo arraste. (TANAKA,1986).

A idealização de novos sistemas de extração de madeira vai ao encontro da produção de baixo impacto ambiental (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

Ao se adotar o método de extração em floresta, notadamente a localizada em área de topografia acidentada, objetiva-se: viabilizar colheita de árvores inteiras; diminuir densidade da malha viária e custos com abertura e manutenção de estradas; reduzir esforço físico dos trabalhadores florestais; reduzir mão-de-obra; aumentar a área efetiva de plantio pela diminuição da malha viária e mitigar impactos ambientais de colheita nas áreas montanhosas, atendendo premissa das certificadoras florestais FSC e CERFLOR (PENZSAUR, 2009).

A operação de extração organizada e supervisionada deve atingir objetivos, tais como: alcançar a maior produtividade possível no processo de extração; garantir a segurança das pessoas que estão nas proximidades da operação e do equipamento utilizado; reduzir a níveis mínimos a compactação e a alteração do solo; causar o menor dano possível aos corpos de água; minorar os danos às árvores remanescentes e brotações de aproveitamento futuro; extrair toda a madeira cortada para os fins de colheita, independentemente de seu volume, sem causar deterioração de sua qualidade (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

Dykstra e Heinrich (1996) destacam os riscos ambientais descrevendo: “Independentemente do método de extração que se empregue, a atividade é difícil e de risco, podendo causar graves danos aos ecossistemas florestais. Os supervisores e os colaboradores

devem ter esmerado preparo para realizar as operações de extração de forma eficaz, segura e respeitosa ao meio ambiente”.

Diversos autores destacaram fatores que devem ser considerados na extração: impactos ambientais; condições topográficas; micro relevo; declividade; tipo de solo; estação do ano e condições meteorológicas; área própria ou de terceiros; recursos financeiros e mecânicos; disponibilidade de mão-de-obra especializada e equipamentos; distância de extração e transporte; espaçamento e densidade do povoamento; rendimento da floresta; espécie plantada; tipo de produto de extração; uso da madeira; distância entre pilhas; arranjo da madeira (empilhada ou amontoada); um ou mais cortes posteriores; corte seletivo ou raso; diâmetros avantajados; infraestrutura existente; localização dos mercados consumidores; restrições legais, entre outros que influenciam na definição do método ideal de extração (SALMERON,1980; TANAKA, 1986; MENDONÇA FILHO, 2001).

De acordo com Dykstra e Heinrich (1996), três tipos de danos ambientais podem ocorrer durante as operações de extração: alteração e compactação do solo, que podem produzir erosão, retardamento no crescimento, regeneração ou estabelecimento das árvores; danos aos corpos de água de maneira direta (falta de proteção das margens ou arraste de toras atravessando-os) ou indireta (introdução de sedimentos, combustíveis ou lubrificantes); danos às árvores remanescentes e demais vegetação, que podem atrasar a recuperação da floresta, reduzir o incremento volumétrico ou valor da madeira disponível para o aproveitamento futuro. O planejamento do aproveitamento, sistema de controle operativo do plano e suas adaptações às novas condições reduzem os problemas de colheita florestal.

As consequências de operações de extração inadequadas podem ser, entre outras: problemas com segurança de trabalho e altos dispêndios de seguro ou indenizações; baixa produtividade e custo elevado das operações; perda de toras no talhão; diminuição do volume ou do valor da madeira; excessivos danos ao solo e corpos de água; deterioração da qualidade da água e perda de *habitat* da vida aquática; danos excessivos às árvores remanescentes e brotações (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

3.3.1 Tipos de extração em relevo montanhoso

Um ponto crítico nas atividades florestais é a colheita em regiões

montanhosas e com declividades acentuadas, onde geralmente é realizada sob situações adversas. Tais condições exigem sistemas de colheita com máquinas especiais para realizar as atividades de forma ergonomicamente correta e com menor impacto ambiental possível, garantindo o atendimento às exigências das certificações ISO 14000 e FSC/CERFLOR (CELULOSEONLINE, 2009).

A extração manual pode ser realizada por rolamento (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1988; ZAGONEL, 2005) ou tombo de madeira, uso de argolões e conjunto de calhas (TANAKA, 1986).

O transporte de toras utilizando a força humana é cada vez menos frequente e só é recomendável quando os custos operacionais são baixos, a distância de remoção é reduzida e as toras ou outras peças de madeira de extração são suficientemente leves para que possam ser manejadas facilmente pelo homem (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

No Brasil, a extração com animais pode empregar muares ou bovinos. A utilização de animais de tração minimiza a alteração do solo e o impacto a ele, como também causa menor dano às árvores residuais do que outros modelos de extração. O impacto direto se limita aos caminhos de arraste ou baldeio, muito reduzidos na utilização de animais. A extração utilizando animais é mais apropriada na remoção de toras de pequenas dimensões (DYKSTRA & HEINRICH, 1996). O muar com cangalha é o método mais usado em área de topografia acidentada (TANAKA, 1986).

Em sua maioria, os processos de remoção ao redor do mundo são realizados adotando-se modelos que utilizam equipamentos motrizes de esteira (*bulldozer*), tratores com rodas (*skidder*, *forwarder*) e tratores agrícolas. A extração mecanizada ocorre com transporte de produtos florestais empregando máquinas que transitam via terrestre, fluvial e aérea. No método de extração em que se utilizam máquinas de trânsito aéreo, está inserido o uso de cabos aéreos. No trânsito via terrestre, o transporte direto, empregando o próprio caminho do transporte principal, é vantajoso em locais de topografia favorável na floresta, reduzindo-se o manuseio da madeira, eliminando-se baldeio e transbordo (SALMERON, 1980).

Dykstra e Heinrich (1996) recomendam o uso de tratores em locais com maior declividade e caminhões em menores declividades, adaptados com guinchos para

diminuir o tráfego e impacto sobre o solo nas vias de extração.

Arrastadores do tipo *skidder*, basicamente, são dotados de tambores com cabo ou pinças traseiras. São apropriados para terrenos acidentados com declividades de 30% a 40%, arrastando feixes de toras com a ponta dianteira erguida do solo (SALMERON, 1980). Segundo Tanaka (1986), o cabo de aço permite extração por arraste, de locais de difícil acesso, até o trator que traciona a madeira. Podem ser tratores com pneus ou sistema de esteiras rodantes.

O guincho, composto por conjunto de chassi, motor, embreagem, redutor, cabo-trator, cardenal, moitões e prendedores, pode extrair árvores inteiras, madeira em feixes, argolões ou conjunto de trenós (TANAKA, 1986), atingindo distâncias de remoção de até 1.500 metros. O “*yarder*” e guinchos permitem extração na forma de desbastes, valorizando o aproveitamento do recurso florestal e reduzindo drasticamente o tamanho da malha viária (MENDONÇA FILHO, 1986).

O trator agrícola com guincho de arraste acoplado no TDP do trator é usado em locais onde a construção de estradas é problemática em virtude da declividade ou da grande incidência de grotas, arrastando-se a madeira de baixo para cima (TANAKA, 1986).

O guincho permite trabalhos em locais de difícil acesso e, usualmente, dá cobertura de operação em aproximadamente 70 m. Atualmente, o guincho de arraste vai contra as exigências dos órgãos certificadores e do programa de qualidade de vida nas grandes empresas, pois causa danos ao solo, facilita a erosão em sulcos e exige grandes esforços físicos dos operários na locomoção dentro do talhão (CELULOSEONLINE, 2009).

Nos métodos de extração aérea, as toras permanecem totalmente suspensas durante todo o processo. Distinguem-se dos procedimentos de cabos aéreos, porque estes não levantam as toras no transporte lateral e em trechos da operação central, devido ao comprimento delas ou à altura da instalação do cabo guia (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

A extração aérea pode ser realizada utilizando-se balões e helicópteros que, como na extração por cabos aéreos e guinchos de tração, permite a remoção de madeira em terrenos de declividade até 100% (STUDIER & BINKLEY, 1974).

No Brasil, o uso de balão e helicóptero não é adotado na extração por apresentar custo extremamente elevado e exigir sofisticada especialização. A extração de

árvores menos danosa e também a mais cara é por helicóptero (PÁDUA, 2005).

3.3.1.1 Extração com cabos aéreos

A principal diferença dos sistemas de cabo aéreo dos demais sistemas de extração por intermédio de cabos é que a força motriz não se desloca pelo talhão. Essa importante característica traz a vantagem de permitir seu uso em terrenos abruptos onde os sistemas de arraste não são viáveis, do ponto de vista econômico, ou resultam em operações inaceitáveis pelo impacto ambiental que causam. Os métodos de extração com cabos diferem substancialmente de outros. Estes consistem em utilizar um ou mais cabos suspensos para transportar toras desde o local de corte até o pátio de processamento (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

O cabo aéreo é recomendado para áreas consideradas sensíveis ambientalmente, onde os processos tradicionais de colheita não são recomendados. O método de extração com cabo aéreo permite o aumento das áreas de plantio, com a possibilidade de eliminação de estradas, antes usadas para a remoção de madeira (CELULOSEONLINE, 2009).

Dykstra e Heinrich (1996) apontam as principais características dos cabos aéreos, independentemente das diferenças entre os diversos sistemas que existem: utiliza um cabo aéreo para suspender as toras; possui um carrinho transportador que se desloca pelo cabo mestre; conduz as toras até o pátio de processamento e devolve os estropos vazios até o local de abate das árvores; possui um mecanismo para liberar o cabo de tração lateralmente até as toras a serem extraídas e fazer com que cheguem até o cabo mestre; no deslocamento das toras, estas estão parcial ou totalmente erguidas, o que reduz ou elimina totalmente as alterações do solo no trajeto percorrido sob o cabo mestre.

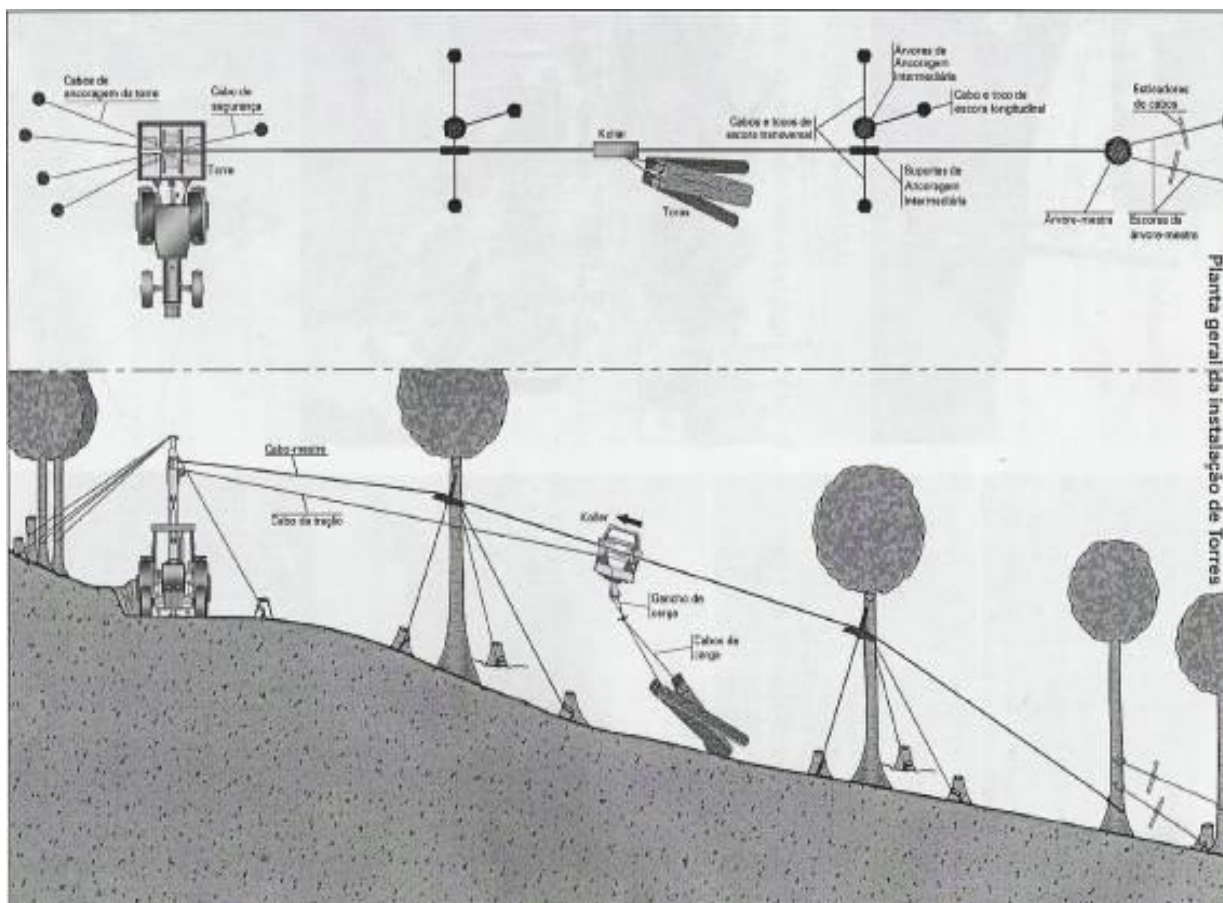
Os métodos de extração que utilizam cabos aéreos, também chamados de cabos-grua, guindastes hidráulicos ou teleféricos (Figura 2) consistem em um cabo aéreo para erguer os fustes do solo, que se apoia em um mastro base e num mastro ou ancoradouro terminal. A esse cabo se acopla o carrinho transportador, permitindo seu deslizamento, transportando madeira e, em seu retorno, devolvendo os estropos vazios. A carga se amarra ao carrinho transportador mediante um cabo denominado cabo de arraste ou tração e,

normalmente, um mecanismo permite que este se prolongue de maneira que alcance lateralmente as toras ou fustes que serão extraídos. Estes são arrastados até as proximidades do cabo principal ou guia, recolhendo-se o cabo de arraste (geralmente enrolado em um tambor por intermédio de um guincho de tambor) (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

Dykstra e Heinrich (1996) observam que, em ato contínuo, desloca-se o carrinho transportador com a carga até o pátio de descarga. Caso este se localize em um nível acima do local de corte, o carrinho transportador irá por um cabo de tração movido mecanicamente pelo guincho de tambor. Quando o pátio de descarga se localiza em um nível inferior ao local de corte, a carga deslizará até ele, desenrolando-se o cabo de tração, de maneira que as toras alcancem o ponto de descarga pela força da gravidade (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

São fundamentos da segurança laboral: ampla visibilidade do campo de atividades por parte do operador da torre; jamais permitir a permanência de pessoas sob a carga suspensa; treinamento contínuo de operadores de torre; amarração segura de toras e cabos; permanência do pessoal fora do campo de ação do cabo em operação; uso de equipamentos de segurança pessoal (PENZSAUR, 2008).

Dykstra e Heinrich (1996) advertem para práticas que melhoram o desempenho no uso de métodos de extração com cabos aéreos: qualificar pessoal para planejar e efetuar o traçado e sentido dos cabos; supervisão e operação de extração, maximizando o rendimento e minimizando os custos e danos ambientais; somente os cabos aéreos são adaptáveis a todos os locais de extração, possibilitando atingir coletas a mais de 1000 metros de distância e reduzir consideravelmente a densidade de estradas e caminhos de colheita florestal; os métodos de cabo aéreo de um ou mais cabos são os únicos recomendáveis para a extração em modelos de colheita por desbaste, somente superados em redução de danos ambientais pela extração com helicópteros ou balões; as máquinas motrizes devem ter potência compatível com o perfil do terreno e o peso das toras a serem extraídas; ao término das atividades de extração devem ser instaladas estruturas transversais de drenagem a intervalos determinados no percurso dos cabos, tanto laterais como do cabo mestre, quando necessário.



Fonte: PENZSAUR (2008)

Figura 2. Esquema de sistema de cabos e suporte de cabo mestre.

A extração com teleféricos pode ser recomendada onde existe a compatibilidade de diversos fatores, citados por Malinovski e Fenner (1988)*, tais como: extenso comprimento do eito de extração, declividades acentuadas, afloramento de rochas, presença de valas e grotas, sub-bosque denso e locais de difícil locomoção.

Diversas observações são anotadas por Malinovski e Fenner (1988), onde se destacam:

- o custo final por unidade de volume extraído, em contrapartida às consequências dos danos ambientais sobre o solo, pode ser vantajoso, quando comparado aos demais;

* MALINOVSKI, J. R.; FENNER, P. T. Relatório Técnico de circulação restrita. Avaliação Técnico-Econômica de Equipamentos na Operação de Extração em Áreas de Topografia Acidentada da CENIBRA FLORESTAL. Curitiba, PR FUPEF, 1988, 112 p.

- o tempo de extração pode ser diminuído quando se direciona a queda das árvores, utilizando-se sistema de “espinha de peixe” na sua derrubada e concentrando-se a madeira mais próxima do corredor de extração.

Bucci *et al.* (1982) observam que, ao se operar um sistema de monocabos com força motriz obtida de um conjunto de guinchos e bobinas em floresta de pináceas, com declividade média de 26% e um cabo com 580 metros, obteve-se condição de colher um hectare de floresta, alcançando o rendimento médio diário de 16 esteres de madeira. Conclui-se que se operou em um eito de, aproximadamente, 17,25 metros de largura.

Malinovski e Fenner (1988), ao estudarem extração de madeira curta, encontraram tempos médios por ciclo operacional de: 3,43 centimínutos para distância média de extração de 25 metros; 5,63 e 8,19 centimínutos para classes de extração entre 100 e 150 metros e de 150 a 200 metros, respectivamente, credenciando o aumento do tempo exclusivamente às atividades de “esticar o cabo” e “retorno”, influenciadas pela distância de extração.

A extração de madeira longa, segundo Malinovski e Fenner (1988), apresentava as seguintes vantagens:

- melhores condições de trabalho para o motosserrista, porque pode efetuar partes do processamento em local limpo e mais plano, sem grandes deslocamentos;
- aumento da capacidade de extração do cabo-grua, pois parte do peso do fuste permanece apoiado no solo durante o deslocamento;
- possibilidade de aproveitamento da parte fina dos fustes para fins energéticos.

A principal desvantagem decorre da necessidade de um meio de produção auxiliar para retirar os fustes do local de recepção, arrastando-os até o pátio de traçamento, podendo ser utilizado animal ou trator agrícola de pequeno porte, pois não é exigido grande esforço (MALINOVSKI & FENNER, 1988).

Ainda Malinovski e Fenner (1988), ao compararem três subsistemas de extração com cabos, em locais de declive acentuado, concluem que no guincho “Mini-Urus” a velocidade de rebobinamento é bastante rápida, tanto no tracionamento das cargas quanto no esticamento do cabo tração até o local de engate, ambas as atividades efetuadas automaticamente. Também as atividades de engate, desengate e empilhamento são menos demoradas, pois nesses casos as cargas extraídas a cada ciclo são relativamente pequenas.

Em estudo de tempos médios de instalação, mudança de conjunto e por ciclo realizado por Malinovski e Fenner (1988), utilizando cabo grua “Mini-Urus” para extração de madeira longa (fustes inteiros), com equipamento auxiliar para o arraste dos fustes para a estrada ou “arraste lateral” efetuado pelo próprio “Mini-Urus”, extraíndo madeira em eitos de 30 metros de largura (15 linhas de plantio) nas distâncias até 100 metros, em povoamento de *Eucalyptus spp.* com 10 anos de idade, tendo a densidade de 1.350 árvores por hectare à época do corte, com ocorrência de declividades variando entre 15% e 95%, contemplando atividades efetivas e gerais, bem como instalação e mudança do conjunto, obtiveram os resultados conforme Tabela 1.

Em trabalho de extração com teleférico cabo-grua “Mini-Urus”, Malinovski e Fenner (1988) encontraram os rendimentos descritos na Tabela 2, referentes ao rendimento de extração com cabo grua “Mini-Urus” com equipamento auxiliar na extração de fustes e isolado na extração de fustes, para eitos com 100 metros de comprimento e 30 metros de largura, sem avaliação do tempo de instalação e mudança do equipamento.

Os volumes apurados são próprios aos destinados para celulose, portanto com diâmetros acima de 8 cm, que equivaleu a 94,6% do volume total extraído. Os 5,4% restantes são relativos aos volumes de madeira com diâmetros entre 3 e 8 centímetros, destinados ao consumo em energia.

Tabela 1. Tempos médios de instalação e mudança de conjunto e por ciclo, na extração de madeira longa (fustes inteiros), utilizando cabo-grua “Mini-Urus.

Atividades	Tempo (em centiminutos 1/100) com equipamento auxiliar para arraste	% sobre a atividade total	Tempo (em centiminutos 1/100) com “arraste lateral” efetuado pelo “Mini-Urus”	% sobre a atividade total
- Instalação e mudança do conjunto	471,70	-	471,70	-
Atividades efetivas	6,7828	67,54	8,1912	14,45
- esticar cabo	1,4423	14,36	1,4423	1,88
- engate	1,7150	17,08	1,7150	4,12
- retorno	1,8531	18,45	1,8531	5,26
- desengate	0,9502	9,46	0,9502	0,82
- mudança de para-choque	0,2728	2,72	0,2728	0,25
- manutenção	0,5494	5,47	0,5494	0,52
-arraste lateral	-	-	1,4084	1,60
Atividades gerais	3,2591	32,46	3,9530	6,55
- tempo pessoal	0,6373	6,35	0,7730	0,37
- tempo casual	1,2148	12,10	1,4737	2,13
- espera	0,0856	0,85	0,1041	0,86
- tempo de trânsito	1,3214	13,16	1,6022	3,19
Atividade total	10,0419	100,00	12,1442	21,00

*Fonte: Malinovski e Fenner (1988), adaptado.

Tabela 2. Rendimento de extração com cabo-grua “Mini-Urus” com equipamento auxiliar na extração de fustes e isolado na extração de fustes, para eitos com 100 metros de comprimento e 30 metros de largura, sem avaliação do tempo de instalação e mudança do equipamento.

Classe de distância de extração (m)		0-50	50-100	0-100
“Mini-Urus” com equipamento auxiliar na extração de fustes	Rendimento efetivo (st/hora)	7,87	5,90	13,77
	Rendimento total (st/hora)	4,64	3,94	8,58
“Mini-Urus”: extração de fustes isolados	Rendimento efetivo (st/hora)	6,31	5,01	11,32
	Rendimento total (st/hora)	4,05	4,54	8,59

*Fonte: Malinovski e Fenner (1988), adaptado.

O rendimento de trabalho total (st/hora) para as distâncias de extração em dois subsistemas estudados por Malinovski e Fenner (1988) é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Rendimento de trabalho total (st/hora) para as distâncias de extração em dois subsistemas.

Distâncias médias de extração (m)	25	50	75	100	Média 0-100
Subsistemas					
“Mini-Urus”: extração de fustes com equipamento auxiliar (st/hora)	4,64	4,29	3,96	3,76	4,16
“Mini-Urus”: extração de fustes isolados (st/hora)	4,05	3,79	3,52	3,36	3,60

*Fonte: Malinovski e Fenner (1988), adaptado.

Ao calcular os volumes médios por ciclo para as classes de distância de extração no mesmo experimento, os autores encontraram os valores descritos na Tabela 4. Volumes médios por ciclo para classes de distância de extração em dois subsistemas usando “Mini-Urus”.

Tabela 4. Volumes médios por ciclo para classes de distância de extração em dois subsistemas usando “Mini-Urus”.

Classes de distância de extração (m)	0-50	50-100	Média 0-100
Subsistemas			
“Mini-Urus”: extração de fustes com equipamento auxiliar (st/ciclo)	0,35	0,36	0,355
“Mini-Urus”: extração de fustes isolados (st/ciclo)	0,38	0,38	0,380

Fonte: Malinoski e Fenner (1988), adaptado.

3.3.1.2 Cabo aéreo “Penzsaur-Koller” acoplado a uma máquina básica

A utilização de cabo aéreo se caracteriza pelo transporte da madeira realizado no sentido ascendente em relação ao terreno, locomovida pelo carrinho transportador que se desloca sobre um cabo mestre e tracionado por um cabo de tração (PENZSAUR, 2009) (Figura 3). As vantagens do equipamento cabo-grua, conforme Penzsaur (2009) são: a compactação de solo e a erosão são menores em relação a outros métodos de extração usuais; redução de mão-de-obra na preparação do solo para plantio; redução do desgaste físico dos trabalhadores; concentração de madeira em volumes maiores, facilitando o transporte da mesma; atendimento aos requisitos de proteção ambiental propostos nos eventos das certificações nacionais (CERFLOR) e internacionais (FSC); manutenção prolongada da matéria orgânica na superfície do solo como protetora ao impacto direto das gotas de chuva e atenuação da velocidade da água superficial; conservação da umidade relativa do solo na superfície; redução de operações com reflexo no custo operacional direto; melhoria da micro e mesofauna do solo; e crescimento da fertilidade e das propriedades físicas do solo em longo prazo.

Para que o método de extração com cabo aéreo tenha melhor rendimento, é recomendado: fazer marcação e derrubada da área com antecedência; criar equipe à parte para marcação e estaiamento da torre e cabo mestre, visando aperfeiçoar o uso do equipamento; fazer baldeio em área com distâncias entre 50 e 100 metros, otimizando a operação; fazer marcação lateral do eito com 30 metros, sendo cada lado com 15 metros;

retirar madeira derrubada quando da abertura da estrada, devido à dificuldade para derrubada e baldeio posterior; fazer derrubada limitando a altura das cepas a 5 cm no máximo e árvores dispostas em forma de “espinha de peixe”; treinar operadores também em mecânica básica; habilitar equipe para derrubada de árvore com motosserra; não derrubar árvores utilizadas para estaiamento, para que facilitem o microplanejamento do baldeio na próxima colheita, pois estarão mais resistentes (PENZSAUR, 2009).



Fonte: Penzsaure-Koller

Figura 3. Cabo aéreo “Penzsaure-Koller” acoplado a uma máquina básica

A velocidade de baldeio e a produtividade média de extração foram comparadas entre os métodos de extração com guincho e cabo aéreo, considerando-se árvores de 0,15 m³ a 0,75 m³ e média de 0,26 m³ (PENZSAUR, 2009).

3.3.1.3 Funcionamento da extração de toras via cabo aéreo

O funcionamento da extração de toras via cabo aéreo é descrito no Manual de Penzsaure (2008b) da seguinte maneira:

- definidos e preparados os eitos de derrubada e extração florestal, as praças de estabelecimento da torre e os pátios de processamento, é preciso identificar e preparar as árvores que serão utilizadas para ancoragem intermediária do cabo mestre e árvores auxiliares;
- em seguida, proceder à derrubada das árvores no eito de extração;
- posicionar a torre de extração voltada com seu lado esquerdo para a área de extração;
- balizar o alinhamento do cabo mestre;
- soltar os quatro cabos de ancoragem da torre de seus tambores;
- conectar a extremidade livre dos cabos de ancoragem em árvores ou tocos de árvore no lado direito da torre;
- soltar o cabo mestre com o freio, puxando-o ao longo das árvores de ancoragem intermediárias e balizas de alinhamento;
- fixar a extremidade livre do cabo mestre na árvore mestre no final do eito de extração;
- tensionar o cabo mestre, instalação dos suportes do cabo mestre nas árvores de ancoragem. Após, desengatar o carrinho transportador dos ganchos de transporte e encaixá-lo no cabo mestre sobre as roldanas de maneira que o cabo de tração fique voltado à torre, tensionar levemente os cabos de ancoragem da torre e o cabo mestre até obter o perfeito equilíbrio da torre;
- realizar a conferência da segurança operacional da sapata central e pés de apoio da torre, da extremidade final do cabo mestre e suportes nas árvores intermediárias e testar o funcionamento do carrinho transportador, inicialmente entre a torre e o primeiro suporte, com várias idas e vindas e, posteriormente, no trajeto inteiro do cabo mestre.

Em todo o processo são observadas diversas recomendações, ainda conforme o Manual de Penzsaur (2008b):

- evitar movimentos bruscos, excesso de carga ou carga acondicionada de forma errada;
- na atividade de transporte propriamente dita, iniciar a extração na parte alta, a partir da torre e gradativamente atingir a parte oposta do eito cortado, deslocando por gravidade o carrinho transportador para o ponto de coleta utilizando o freio;
- atingida a posição de engate de toras, frear lentamente e embrear o carrinho transportador, liberar a descida do pêndulo de carga;
- para atrelar as árvores, os operadores de engate devem puxar o pêndulo de carga até o

ponto de carregamento, retirar o conjunto de cabos de carga vazio e engatar as árvores pelos cabos de engate atrelados a elas;

- os operadores de engate devem se afastar dos cabos imediatamente após o engate, aguardando a retirada das árvores do local;
- o operador da torre, orientado por rádio transmissor, puxa o carrinho transportador, considerando o peso da carga, condições de operação e tipo de terreno, além de conhecer o momento de encaixe do pêndulo no carrinho transportador, acionando a embreagem.
- na chegada da carga no ponto desejado junto à torre, o motor deve sofrer redução de rotação e haver a soltura gradativa da embreagem até que a carga encoste integralmente sobre o solo, soltando-se completamente a embreagem e acionando-se o freio do carrinho transportador, permitindo o desengate seguro das toras;
- os cabos de carga vazios devem ser engatados no pêndulo e inicia-se novo ciclo de transporte de madeira.

3.4 Arraste de toras com trator agrícola

Na década de 60, iniciou-se a utilização de pequenos tratores agrícolas, para o arraste de toras, e rudimentares carregadores florestais. No período de 1970, houve um início no processo de melhoria dos equipamentos existentes, como tratores agrícolas equipados com guinchos e garras (“*Miniskidders*”). Na década de 80, os tratores de arraste tiveram grande impulso, diminuindo o tempo gasto para o carregamento e aumentando sua produtividade (MALINOVSKI & MALINOSKI, 2002).

Stöhr e Baggio (1981) citam teste com trator do tipo MF 265, implementado de arraste e barra com fendas para engatar correntes, que apresentou um volume médio de 0,8 m³ por ciclo numa distância média de 200 m, um rendimento de 6,85 m³/h, a um custo médio de US\$ 0.66 (Cr\$ 60,80)/m³. Em outro teste de arraste com trator agrícola de 60 HP com barras e correntes (2x4): 7,00 m. est./E.h (± 4,55 m³/E/h). Finalmente, mencionam um teste de arraste comparando trator agrícola com cavalo, em que a produtividade da máquina foi significativamente maior, obtendo, também, custos mais elevados por volume arrastado, até a distância de 70 m, passando, a partir daí, a ser menor. A máquina, no entanto, causou maiores danos ao sítio.

A lâmina dianteira, de acionamento hidráulico do trator agrícola no arraste de toras, serviu para limpar as áreas de estocagem de madeira (só apropriado para arbustos e ervas), e para manipular as toras ou fustes, especialmente na formação de pilhas altas de toras ou fustes no posto de estocagem ou num posto de acabamento temporário (STÖHR & BAGGIO, 1981).

A publicação Manejo Florestal (2010) descreve que o trator carrega a tora até o pátio de estocagem, enquanto o ajudante faz o enlace do estropo. No pátio de estocagem, o tratorista solta a tora. Em seguida, o ajudante faz o desengate do estropo. Imediatamente, o tratorista aciona o guincho para enrolar o cabo. Por último, as toras são empilhadas no pátio de forma a permitir a movimentação das máquinas e caminhões. As toras ficarão estocadas no pátio até serem embarcadas e transportadas para as serrarias.

3.5 Processamento de árvores

O processamento das árvores (desgalhamento, toragem e embandeiramento) é totalmente mecanizado com o uso de processadores (SANTOS *et al.*, 1995).

A ação consiste em atividades de preparo de toretes, tais como desgalhamento, destopo de ponteiros, descascamento, picagem ou desdobro em toretes e eventual rachamento. Esse conjunto de operações, que ocorre após o corte da árvore, pode ser realizado completa ou parcialmente antes ou após a extração (BANTEL, 2009b).

Na etapa de processamento das árvores, devem ser considerados os seguintes parâmetros: topografia, disposição dos feixes à beira do talhão, local de empilhamento, disposição da galhada, capacidade de suporte dos solos e distância de segurança em relação a outras máquinas (MACHADO & LOPES, 2002).

Bramucci e Seixas (2002) e Lopes *et al.* (2007) descrevem que, em trabalhos desenvolvidos pelo FERIC (*Forest Research Institute of Canada*) sobre o desempenho de processadores, concluiu-se que o fator mais significativo que afetou a produtividade da máquina foi o volume médio por árvore.

Na Aracruz Celulose (1997) foi encontrada a produtividade do processamento de 28 m³cc/h, contudo o objetivo era obter 33 m³cc/h, com uma eficiência

operacional de 75%.

Santos e Machado (1995) avaliaram um processador trabalhando em florestas de *Eucalyptus spp.* com diferentes diâmetros, as quais foram derrubadas com motosserra, com comprimento dos toretes de 6 m. Segundo os autores, a maior produtividade do processador ocorreu quando as árvores tinham um volume de 0,34 m³cc, processando 28,50 m³cc/h, com uma eficiência operacional de 56%. Para o volume médio de 0,38 m³cc/árv, a produtividade estimada pelos autores foi de 28,10 m³cc/h.

Winter (1998), por sua vez, estimou a produtividade do processador em 32,3 m³cc/h. O comprimento dos toretes de 6,0 m faz aumentar a produtividade em relação a toretes de comprimento menor, pois diminuem as paradas do cabeçote para o traçamento da madeira (TARNOWSKI et al., 1999).

Salmeron (1980) definiu a operação de desgalhamento como a retirada dos galhos e o ponteiro da árvore, determinando-se, assim, o fuste comercialmente aproveitável. O rendimento do desgalhamento depende de fatores como: diâmetro da árvore; diâmetro e densidade de ramos; comprimento do fuste; ferramenta utilizada; topografia e qualidade do desgalhamento requerida.

A espessura e o comprimento dos galhos determinam a escolha da técnica de trabalho durante o desgalhamento com motosserra. Produção elevada, pouco esforço e trabalho seguro e livre de acidentes são as principais vantagens do uso adequado da motosserra no desgalhamento (SANT'ANNA, 2002).

O desgalhamento feito com motosserra ocupa 49% do tempo total de uso da máquina nessa operação, substituindo paulatinamente as ferramentas manuais, como machado e facão. A operação de desgalhamento com motosserra, para ser produtiva, necessita de operadores bem treinados em movimentos sequenciais planejados que, às vezes, nosso homem do campo não consegue assimilar (SALMERON, 1980). O desgalhamento realizado com motosserra é considerado uma atividade perigosa, com alto índice de acidentes (SANT'ANNA, 2002). Por isso é necessário conhecer e adaptar técnica racional que diminua os acidentes e o consumo de forças (STREIT *et al.*, 1986).

A operação de desgalhamento exige motosserras adequadas quanto à estrutura, peso, comprimento do sabre e velocidade da corrente (SALMERON, 1980), bem como adoção de métodos que podem ser: em sentido de vértice (divisão pelo meio), de

alavanca e de oscilação (STREIT *et al.*, 1986).

Em *Eucalyptus spp.*, o desgalhamento com machado ainda é bastante utilizado, sendo o rendimento 30% inferior quando comparado ao da motosserra (SALMERON, 1980).

A operação de toragem consiste no desdobro do fuste da árvore em peças menores, nos comprimentos próprios para o uso final ou industrial. Essa operação pode ser realizada antes ou após a extração, em atividade manual, semimecanizada ou mecanizada (BANTEL, 2009b).

A produtividade é influenciada pelos seguintes fatores: diâmetros das árvores; comprimento desejado dos toretes; disposição das árvores na queda; topografia; tipo de ferramenta empregada e treinamento do operador (SALMERON, 1980).

O descascamento tem por objetivo separar a casca do tronco, em razão da necessidade do produto final, podendo ser realizado no campo ou na indústria. É uma atividade opcional, podendo ou não fazer parte do corte florestal. As principais vantagens do descascamento no campo são: acelerar a perda da umidade da madeira; reduzir o peso e volume de transporte; reduzir a retirada de nutrientes do solo e favorecer a secagem natural (SANT'ANNA, 2002).

A madeira a ser utilizada para a produção de celulose geralmente é descascada, pois a casca, além de possuir fibras utilizáveis em quantidades relativamente pequenas, consome maior quantidade de reagentes na polpação e no branqueamento, diminuindo o rendimento em celulose (STEIN, 2003).

Uma parte importante dos nutrientes das árvores se encontra na casca e na folhagem. Portanto, o descasque e a desrama no local do corte fará com que os nutrientes permaneçam no local e favoreçam o crescimento da nova massa florestal. Contudo, nem sempre é conveniente descascar as árvores “*in loco*”, dependendo do custo da mão-de-obra e se o descasque é efetuado facilmente (DYKSTRA & HEINRICH, 1996).

O trabalho manual de descascamento tende a desaparecer, pois a tarefa é pesada e de baixo rendimento. Além disso, o mercado oferece bons descascadores mecânicos (AMBIENTEBRASIL, 2008).

Os princípios de descascamento são: químico, biológico e mecânico. No descascamento mecânico, em ato de cortar, fresar, cepilhar, atritar, friccionar e bater, adotam-se os seguintes sistemas: faca descascadeira e machado, descascador anelar móvel ou fixo, fresa, rotor com facas rotativas móvel ou fixo, tambor rotativo (STREIT *et al.*, 1986) ou conjunto de faca desganhadora-descascadora e rolos paralelos de avanço acoplados em processador (HYPRO, 2008; A-TECH, 2008; (a)Tech, 2008).

O descascamento mecânico no campo exige que o descascador tenha mobilidade, podendo ser acoplado ao hidráulico de trator agrícola ou adaptado ao cabeçote do *harvester*. O rendimento do descascamento mecanizado é bem superior ao descascamento manual (SANT'ANNA, 2002).

Seixas *et al.* (2005) calcularam a produtividade do descascador móvel em $25,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ de madeira descascada de *Eucalyptus spp.*, bem como determinou a percentagem de casca em 14,4% em volume e 9,4% em peso. Em 1 hectare, o mesmo autor calculou o total de 11,8 t de casca, que equivaleu a 4.800 l de óleo diesel em energia.

Miranda (1991) concluiu que o descascamento com equipamento móvel, de rotor com facas rotativas é mais vantajoso economicamente que o descascamento com tambor fixo a partir de 100 km de distância de transporte da madeira.

3.6 Processadores e descascadores de campo

Na atualidade, estão disponíveis no mercado processadores hidráulicos pesando, aproximadamente, 1.500 kg, montados em tratores (> 90 cv), estando equipados com grua telescópica (5 a 7 metros) e garra giratória destinadas a colocar uma extremidade do fuste sobre o processador, 3 facas desganhadoras-descascadoras, 1 ou 2 pares de rolos paralelos de avanço, retrocesso do fuste e descascadores, unidade de corte (sabre e corrente) de toretes e unidade de medida dotada com fotocélula, podendo operar com fustes que variam de 3 a 45 centímetros de diâmetro. A operação é efetuada a partir da cabine do trator por intermédio de par de *joysticks* (HYPRO, 2008; A-TECH, 2008; (a)Tech, 2008).

A extração e o processamento são finalizados com a disposição da madeira nos pátios de processamento ou na beira das estradas, permitindo a carga manual ou por guias de maneira adequada e facilitada (TANAKA, 1986).

O empilhamento deve ser feito logo após o preparo, para evitar danos por umidade do solo ou pelo sol e facilitar o transporte. Os locais de empilhamento devem ser bem drenados e livres de cobertura vegetal (STREIT *et al.*, 1986).

3.7 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos foi definido por Mialhe (1974) *apud* Barnes (1977) como o estudo sistemático dos processos de trabalho com os seguintes objetivos: desenvolver o método adequado ou preferido, usualmente aquele de menor custo; padronizar esse sistema e método; determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal para executar uma tarefa ou operação específica e orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Machado (1984) estabelece o estudo de tempos e movimentos na exploração florestal como aquele que procura encontrar a melhor técnica de se executar uma operação, enquanto determina o seu tempo padrão dentro de um clima econômico, social e ecológico. Jróbstov (1977) define a norma de tempo como o intervalo necessário para cumprir, nas condições dadas, uma unidade de trabalho ou obter uma unidade de produto. O estudo de tempos é, de forma geral, o núcleo do estudo do trabalho (FENNER, 2002), objetivando sugerir meios de se promover o cumprimento das metas de organização, melhorando a eficiência humana (BARNES, 1977).

Através do estudo de tempos são obtidas as informações mais importantes para tomada de decisões em relação ao planejamento e execução do trabalho. De uma forma geral, os objetivos do estudo de tempos e movimentos do trabalho envolvem medição do tempo total e dos tempos parciais necessários para realizar determinada tarefa, registro do resultado do trabalho obtido durante esses tempos (rendimento) e compreensão dos fatores que exercem influência sobre a atividade desenvolvida (FENNER, 2002).

Estudos de tempos e movimentos auxiliam no trabalho operacional e sistemas administrativos, para que se atinjam os objetivos da organização, resultando em ascensão de rendimento operacional, maior satisfação ao pessoal de produção e equacionamento do processo geral de solução de problemas (BARNES, 1977).

Para a organização, o estudo de tempos e movimentos é empregado no planejamento, controle e racionalização das operações, podendo resultar em aumento de rentabilidade, o qual se manifesta através da elevação da produtividade ou da redução dos custos de produção (FENNER, 2002).

O estudo de tempos e movimentos tem influência fundamental na intenção de melhoria dos métodos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises do processo produtivo, de atividades, relação homem-máquina e operações em geral. O controle da produção e custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão-de-obra e da máquina (MACHADO, 1984).

O estudo de tempos e movimentos também pode ser usado para o planejamento e organização do trabalho. Nesse caso, o objetivo do estudo pode ser a configuração adequada do local de trabalho e dos meios de produção, a definição da técnica e/ou método para efetuar as operações, a organização da sequência de execução do trabalho e para controlar a produtividade e fixar a remuneração do trabalho. No planejamento econômico da empresa, o estudo de tempos pode ser usado para a otimização e racionalização das operações, bem como para o micro e macroplanejamento operacional (FENNER, 2002).

Ainda Fenner (2002) relata que, para atingir os mais variados objetivos na realização do estudo de tempos e movimentos, é preciso conhecer os tempos parciais e totais necessários à realização de cada atividade, os rendimentos obtidos (produção), bem como os fatores que influem direta ou indiretamente no resultado do trabalho desenvolvido. Os estudos são realizados para aumentar a capacidade em horas produtivas (com eficiência normal), reduzindo as horas improdutivas, pois, no geral, existem diferenças substanciais entre as horas disponíveis para o trabalho e as horas efetivas, ou seja, o tempo dedicado à transformação propriamente dita com eficiência razoável. Trata-se de levantar informações, tais como a incidência de perturbações, paradas, preparações, manutenção, falta de componentes ou programa, transportes, manuseios e partir para a busca de alternativas para minimizar esses entraves. Racionalizar é tornar o trabalho de fácil execução, é transformá-lo em ações de fácil manipulação, evitar os desperdícios, principalmente de tempo, e aproveitar ao máximo os recursos de produção. É adaptar dispositivos quando a exigência de habilidade ou capacidade ultrapassa as limitações naturais do ser humano.

Barnes (1977) concluiu que a relação entre o estudo de movimentos e de tempos permite avaliar melhorias operacionais, incentivos salariais, modernização de máquinas, equipamentos e ferramentas.

O uso de métodos de estudo de tempos e movimentos exige programas de treinamento continuado dos profissionais de planejamento, aplicação, análise de dados e decisão de adoção de resultados. Igualmente, o treinamento de operadores de ações e/ou máquinas e equipamentos também deve ser permanente, visto que o efeito da prática, correção de vícios e eliminação de fadiga operacional são fundamentais na obtenção da otimização dos tempos e movimentos (BARNES, 1977).

3.7.1 Metodologia do estudo do trabalho

Segundo escreveram Stöhr (1981) e Machado e Malinovski (1988), no estudo do trabalho três são os tipos de dados de maior ou menor relevância: as grandezas relativas, os fatores de influência e o tempo são os tipos de relevância no estudo do trabalho. As grandezas relativas são as dimensões em que se expressam os resultados do trabalho. Acompanham o tempo que foi necessário para produzir uma unidade e os dados para sua determinação na colheita, como, por exemplo, árvores derrubadas, toneladas etc. Os fatores de influência são aqueles que, de alguma forma, afetam o processo. O rendimento e a produtividade do trabalho, quando afetados, refletem os fatores de influência baseados na produção empregada e no objeto de trabalho. Os tempos são informações numéricas cronometradas para estabelecimento, podendo-se com eles determinar valores relativos do rendimento e produtividade.

3.7.1.1 Coleta de dados de campo

O treinamento do pessoal para a tomada de dados das atividades avaliadas e de seus tempos é fundamental para que se tenham informações confiáveis e seguras (FENNER, 2002).

Segundo o mesmo autor, para facilitar a anotação de dados, relacionam-se as atividades parciais das quais se pretende conhecer os tempos, além de se

anotar demais informações que complementam os dados de tempo e atividades. Na coleta de dados, divide-se o decurso do trabalho em atividades parciais, na qual estas são condições essenciais para se realizar o estudo, uma vez que somente através da determinação de tempo gasto e de rendimento por seções de trabalho é possível a análise.

Os pontos de medição são determinantes para a captação de informações das atividades parciais, além do estabelecimento do início e término de cada etapa, de uma forma precisa e clara. Normalmente, os pontos de medição ficam definidos pela troca de atividade parcial, isto é, caracterizando uma sequência de operação (STÖHR, 1981; MACHADO & MALINOVSKI, 1988).

3.7.2 Estudo de tempos

Ao se adotar o estudo de tempos, devem ser considerados os equipamentos e o desenvolvimento de processos apropriados para cada caso específico. Deve ser considerada a avaliação do ritmo, a determinação das tolerâncias e do tempo padrão para a execução das tarefas, bem como a diferença entre a operação manual e mecanizada. A avaliação preliminar da utilização de tempos, tais como tempos pré-determinados e tempos padrão a partir de tempos elementares, são fundamentais para que possam ser identificados os sistemas e determinadas as matrizes, ferramentas e fórmulas a serem utilizadas (BARNES, 1977).

Normalmente, são necessárias várias repetições de análise e síntese, utilizando as informações obtidas na pesquisa anterior até encontrar, sob condições normais de trabalho, o decurso ótimo (FENNER, 2002).

3.7.2.1 Métodos de medição e tipos de cronômetros

Barnes (1977) descreveu e Fenner (2002) adotou três métodos de coleta de tempos:

- Tempo Contínuo: os tempos de cada elemento do ciclo operacional são obtidos por subtração, já que durante a operação de cronometragem não se para o cronômetro. Este método é útil para pesquisas nas quais se deseja identificar as diferentes atividades parciais

e sua sequência.

- Tempo Individual: o tempo de cada elemento do ciclo é obtido diretamente, já que o cronômetro é zerado a cada leitura. Neste caso, é possível reconstituir a sequência cronológica dos ciclos.
- Multimomento: neste caso não se medem os tempos do ciclo, mas sim sua frequência em intervalos de tempos fixos. Entre as vantagens, está a possibilidade de se observarem vários operários e mensurar atividades parciais de duração pequena.

Segundo Fenner (2002), o cronômetro é o instrumento de medição mais adequado no estudo de tempo. Os dois tipos mais comuns de cronômetros são: cronômetros de centiminuto e de hora decimal.

O cronômetro de centiminuto tem seu mostrador dividido em 100 espaços iguais, e cada divisão representa 1/100 de minuto. Esse cronômetro apresenta a vantagem de ter seu ponteiro girando lentamente e permitindo leituras seguras. Além do cronômetro de centiminuto, ainda são usados largamente outros tipos: o cronômetro de adição, no qual os ponteiros não se zeram após sua detenção e, ao ser acionado, continua o registro de tempo a partir do local em que esteve detido; cronômetros que zeram ao serem detidos, isto é, os ponteiros voltam automaticamente ao zero, devendo ser acionados novamente para a próxima tomada de tempo; cronômetros que zeram ao serem detidos, mas reiniciam a contagem de tempo automaticamente; cronômetros múltiplos fixos e acionáveis por alavancas, permitindo o registro de tempo de diversas atividades simultaneamente; cronômetros digitais, os mais utilizados atualmente, pois permitem registros automáticos quando conjugados com aparelhos registradores.

3.7.3 Estudo de movimentos

Os estudos dos movimentos humanos preocupam-se com a ergonomia nos locais de trabalho, com os princípios de economia dos movimentos relacionados ao uso do corpo humano e com projetos de ferramentas e equipamentos, além de estudos de micromovimentos e movimentos de membros, principalmente das mãos. Para tanto, desenvolvem-se inúmeros equipamentos para estudo dos movimentos e micromovimentos

durante as operações - desde cronômetros até filmadoras, permitindo meticolosas análises posteriores, praticamente imperceptíveis durante o levantamento de dados (BARNES, 1977).

Os estudos de movimentos na mecanização permitem automação, racionalização e padronização destes por intermédio de adoção de métodos apropriados e específicos (BARNES, 1977).

O estudo e a ciência do trabalho são campos de caráter abrangente, necessitando-se ter conhecimentos de ergonomia, pedagogia de trabalho, economia, estatística, matemática, tecnologia, psicologia, jurisprudência e ciências sociais, permitindo-se, assim, desenvolver atividades no trabalho ou em sistemas de trabalho (STÖHR, 1981; MALINOVSKI, 1983).

De acordo com Tarnowski (1998), os objetivos da ciência do trabalho são: aperfeiçoamento da relação custo-receita na obtenção de um rendimento; humanização do trabalho; manutenção da capacidade de rendimento e satisfação laboral, remuneração e condições de trabalho.

Barnes (1977) apresentou os seguintes objetivos: desenvolver o sistema e o método preferido; padronizar esse sistema e método; determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica, e orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

3.7.4 Rendimentos

A divisão de uma grandeza relativa por unidade de tempo resulta em rendimentos (MAC DONAGH, 1994). O mesmo autor menciona que a base desses estudos é a estimativa da produção física em relação a um tempo.

Para Machado e Malinovski (1988), as atividades parciais podem ser divididas em atividades efetivas e atividades gerais. As atividades efetivas ocorrem quando o meio de produção está efetivamente trabalhando. As atividades gerais ocorrem quando o meio de produção não está trabalhando, podendo ser causais ou pessoais. A medição desses tempos resulta em ciclos que, ao final, demonstrarão os rendimentos de um colaborador, máquina e/ou

implemento.

Os rendimentos operacionais de uma atividade podem ser influenciados por inúmeros fatores, tratando-se, assim, de uma atividade complexa. É essencial ter conhecimento e controle sobre os fatores de influência em uma atividade, possibilitando a realização otimizada do trabalho e de suas estratégias (MACHADO & LOPES, 2002). Nas atividades florestais, os mesmos autores citam alguns fatores que influenciam nos rendimentos: floresta, terreno, finalidade da madeira, demanda de madeira, estradas, manutenção mecânica, custos operacionais, condições climáticas, capacidade de suporte do terreno e grau de mecanização.

4 MATERIAL E MÉTODOS

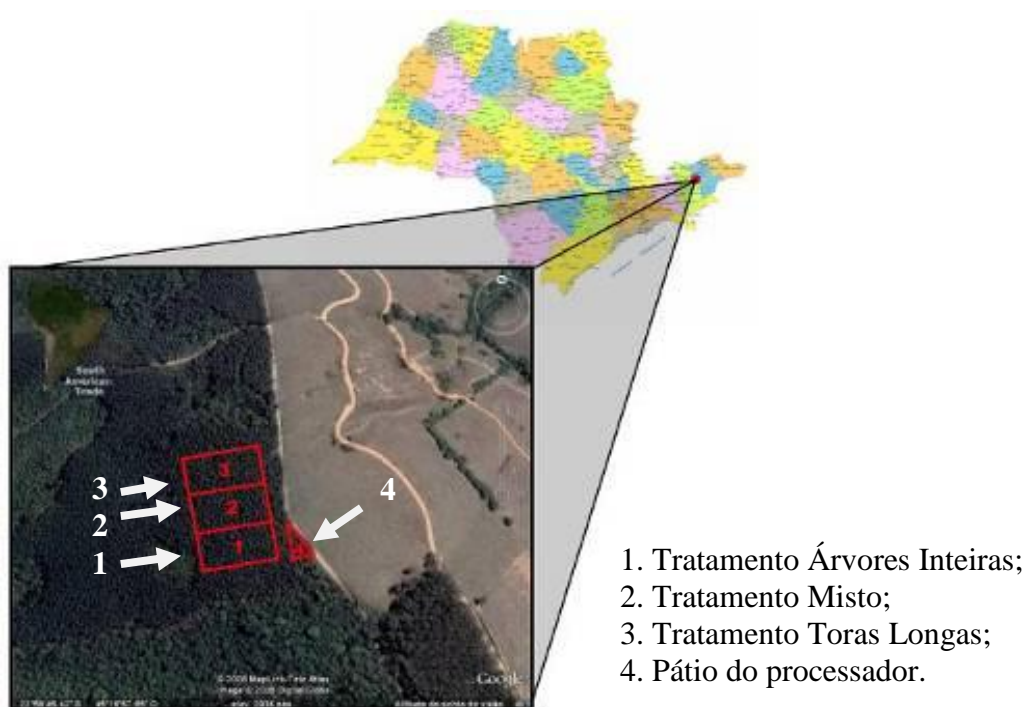
4.1 Material

4.1.1 Caracterização da área do estudo

A pesquisa foi desenvolvida em condições de campo entre os meses de julho e agosto do ano de 2008 em uma floresta de *Eucalyptus spp.* seminal, homogênea, de primeiro corte, tendo o espaçamento inicial de 3,0 x 2,0 metros, com aproximadamente 10 anos de idade, localizada no município de Roseira, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo.

O experimento foi instalado em local circunscrito entre as coordenadas geográficas UTM ZONA 23K E471000 (22° 58'46.72"S) e UTM ZONA 23K N7458750 (45°16'57.76"O), com altitude média de 887 m acima do nível do mar.

A Figura 4 ilustra a localização de Roseira no Estado de São Paulo e do experimento através de imagem de satélite, mostrando, em cor vermelha, a área experimental contendo três tratamentos de colheita florestal (1, 2 e 3) e o pátio do processador(4).



Fonte: Google Earth 2008. MapLink/TeleAtlas Image 2008. DigitalGlobe modificado.

Figura 4. Localização da área experimental dos tratamentos de colheita florestal na região de Roseira, SP.

4.1.2 Clima, solos, topologia, geologia e hidrografia

O reflorestamento pesquisado, segundo a classificação de Wilhelm Köppen, está localizado em área de clima Cwa, clima temperado quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 20,5° C, sendo 17,2° C no mês mais frio e 23,4° C no mês mais quente. O total de precipitação pluvial anual apresenta a média de 1.524,5 mm, com total médio, no mês mais seco, de 37,4 mm e 256,7 mm no mês mais chuvoso.

Os solos predominantes na região, pela nomenclatura da EMBRAPA adotada em 1999, são os Argilosos Vermelho – Amarelos (PVA 74).

O relevo foi caracterizado como fortemente ondulado a montanhoso, com declividade entre 26,5% e 68% no local do experimento (Figura 5).

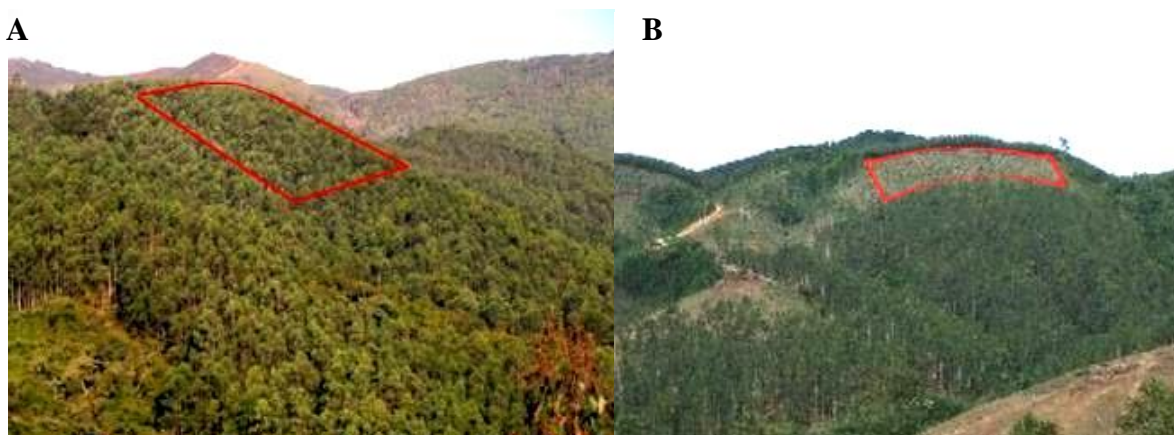


Figura 5. Local do experimento antes do corte da floresta (A) e após o corte (B).

A rede hidrográfica pertence, em ordem crescente, de montante a jusante às bacias do Rio Parapitingui e Rio Paraíba do Sul, na Bacia do Médio Vale Superior do Paraíba.

4.1.3 Espécie florestal e sub-bosque

Dentre as espécies florestais dos reflorestamentos da empresa, predominavam variedades e híbridos de *Eucalyptus spp.*

Os talhões eram compostos por floresta equiânea e homogênea de *Eucalyptus spp.* (Figura 6).



Figura 6. Floresta de *Eucalyptus spp.* e sub-bosque característico do local do experimento.

Nos três tratamentos de colheita adotados, as árvores caracterizavam-se por possuírem apenas um fuste por unidade. A vegetação do sub-bosque dentro do experimento era predominantemente composta por espécies arbustivas e monocotiledôneas rasteiras (sapé), características de solo degradado (SOS, 2004). A vegetação de sub-bosque era rala e no extrato intermediário encontravam-se raras copas de árvores nativas. Dentro das depressões do terreno havia vegetação mais densa, composta por samambaias, cipós de leguminosas e algumas palmeiras “jerivá” esparsas. A cobertura do solo apresentava farta camada de matéria orgânica seca e em decomposição, formada principalmente por folhas e galhos de *Eucalyptus spp.*.

A colheita na floresta nos três tratamentos avaliados foi conduzida para a produção de celulose, com corte raso (talhadia) no tratamento de “Árvores Inteiras” (Figura 7) e “tratamento Toras Longas” (Figura 8).



Figura 7. Tratamento Árvores Inteiras antes do desgalhe no pátio do processador (A) e após desgalhe no pátio do processador.



Figura 8. Tratamento Toras Longas.

4.1.4 Área experimental, delineamento e tratamentos

O estudo foi planejado para comparar três tratamentos de colheita de madeira. Cada tratamento foi estudado numa área com 13 linhas de plantio de largura e 100,00 metros de comprimento, com 3905,00 m², 3840,00 m² e 3820,00 m², totalizando 1,1565 ha. Esses tratamentos foram subdivididos em dez parcelas de 20,00 metros de comprimento e seis a sete linhas de plantio de largura cada (largura variando entre 18,55 m e 20,35 m) (Figura 9 e Tabela 5), identificadas com bandeirolas e demarcadas com cal virgem (Figura 10) para auxiliar na mensuração complementar dos movimentos operacionais, orientação dos apontadores de dados de tempo e movimentos e levantamento das declividades transversais e longitudinais do terreno. Para garantir a igualdade da área dos tratamentos e parcelas, foi realizada uma avaliação estatística.

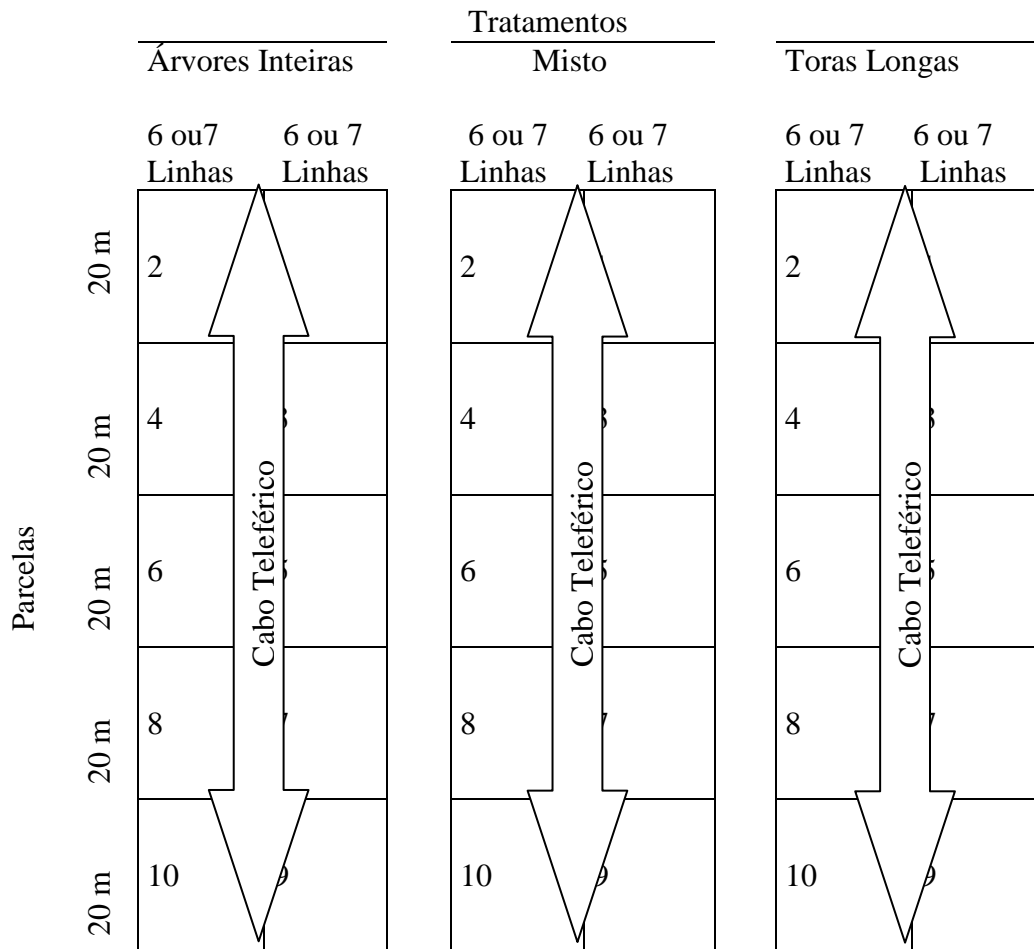


Figura 9. Croqui do delineamento das parcelas, tratamentos e experimento.

Tabela 5. Dimensionamento em largura (m), comprimento (m) e área (m²) por parcela, tratamento e total do experimento.

Tratamento	Parcelas	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
Árvores Inteiras	1,3,5,7 e 9	18,70	20,00	374,00
	2,4,6,8 e 10	20,35	20,00	407,00
	Total	39,05	100,00	3.905,00
Misto	1,3,5,7 e 9	19,85	20,00	397,00
	2,4,6,8 e 10	18,55	20,00	371,00
	Total	38,40	100,00	3.840,00
Toras Longas	1,3,5,7 e 9	19,00	20,00	380,00
	2,4,6,8 e 10	19,20	20,00	384,00
	Total	38,20	100,00	3.820,00
Experimento		115,65	100,00	11.565,00



Figura 10. Demarcação das parcelas com balizas e marcas de cal.

Os tratamentos apresentavam um ramal de extração de 100,00 metros de comprimento sobre a sétima linha de plantio. Nas bordas e no ramal de extração, foram instaladas balizas a cada 20,00 metros e marcas de cal, sendo cada parcela caracterizada, identificada e avaliada conforme o número original de árvores plantadas, isto é, seis a sete linhas de plantio e dez árvores em cada linha de plantio, onde o espaçamento de plantio obedeceu à distância entre as linhas de plantio em 3 metros e a distância intra linha de plantio em 2 metros.

A declividade do terreno foi medida com clinômetro SUUNTO a cada 20,00 metros ao longo dos tratamentos e parcelas no sentido longitudinal e transversal ao alinhamento do cabo mestre do teleférico, permitindo elaborar um mapa esquemático das curvas de nível de metro em metro (Figura 11).

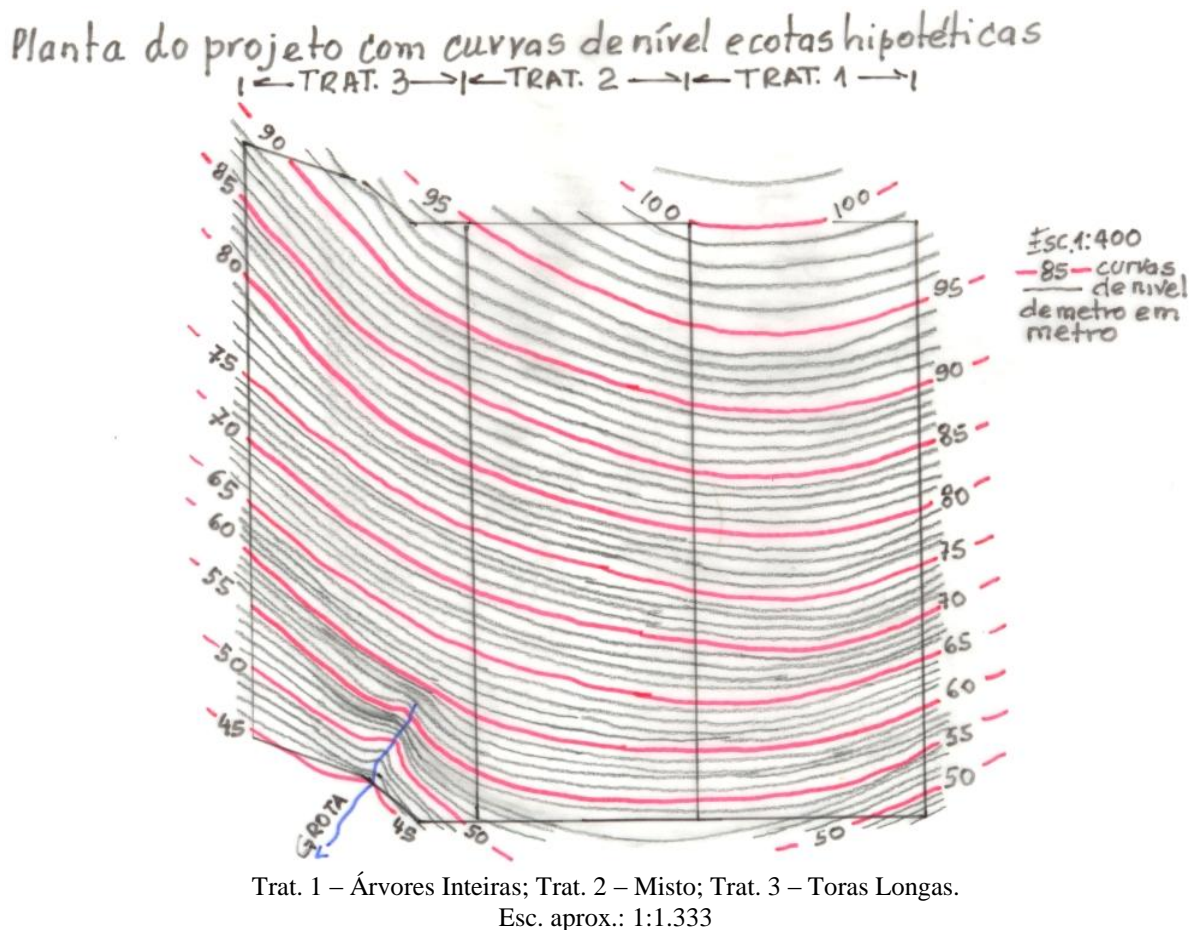


Figura 11. Croqui da área experimental contendo curvas de nível de metro em metro.

Em cada tratamento, que consistia de um eito de exploração, foi necessária a montagem e a desmontagem de torre para extração da madeira. O cabo mestre foi instalado na sétima linha de plantio, abrangendo seis linhas de cada lado.

Os tratamentos de colheita da madeira estudados foram:

- Árvores Inteiras (*full-tree*);
- Misto (variável de Árvores Inteiras);
- Toras Longas (*tree-length*);

4.1.5 Delineamento experimental

Para cada tratamento, as árvores foram numeradas e identificadas com tinta de cores diferentes. Foram usadas as cores amarela, azul e vermelha para identificar os tratamentos “Árvores Inteiras”, “Misto” e “Toras Longas”, respectivamente. A linha central (sétima linha) de instalação do cabo mestre foi identificada com tinta branca.

Na Figura 12, verifica-se a imagem do tratamento Árvores Inteiras, em que pode ser reconhecida a linha principal de instalação do cabo mestre, pintada de branco, e o eito de extração, pintada de amarelo.

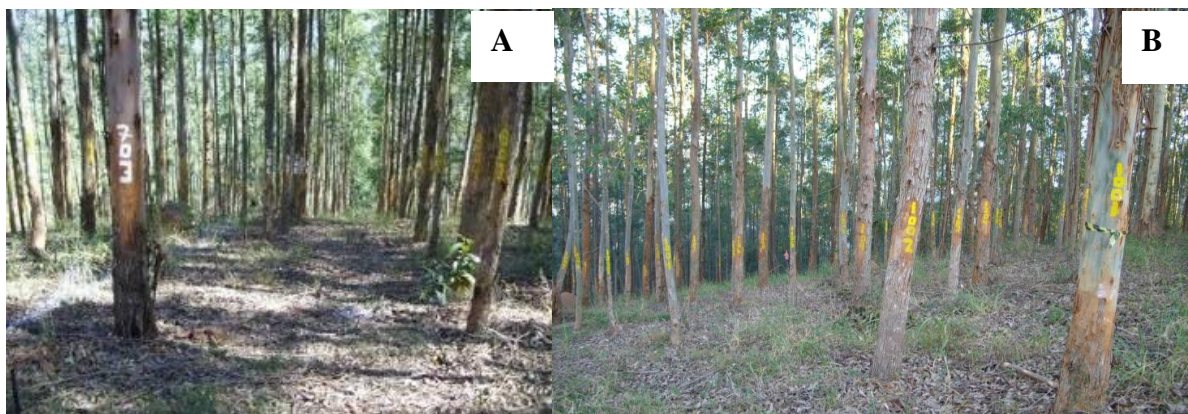


Figura 12. Linha central de instalação do cabo mestre (A) e eito de extração (B).

Para determinação do volume médio comercial com casca em m^3 das parcelas, foi efetuada a medição do CAP (circunferência à altura do peito), com o auxílio de uma fita métrica em todas as árvores das parcelas, sendo que a altura foi estimada através de estatística de regressão do Excel. Os volumes foram obtidos por equações volumétricas,

utilizando o modelo de Spurr. Para obtenção do ajuste das equações, foram abatidas 33 árvores para a realização da cubagem, utilizando o método descrito por Smalian (1837).

Para determinação da área basal do tratamento e volume comercial com casca foram utilizadas as fórmulas:

$$Sb = \sum \pi x C^2 \div (2\pi)^2 \quad (1)$$

onde:

Sb = Área basal da parcela ou tratamento (m²);

\sum = Somatório da área basal das árvores da parcela ou tratamento;

π = 3,1416;

C = perímetro da árvore (m).

$$V_{c/c} = (0,0116 \times C) - 0,4286 \quad (2)$$

onde:

$V_{c/c}$ = Volume comercial com casca (m³);

C = circunferência da árvore (m).

O rendimento funcional de todas as operações foi avaliado por parcela. O desgalhe foi realizado em locais distintos e o processamento das toras longas foi avaliado pelo desdobramento em unidades, sem casca, com 6 metros de comprimento. O rendimento operacional foi determinado pela divisão do tempo de atividades efetivas pelo volume comercial com casca.

No tratamento “Árvores Inteiras”, o desgalhe foi realizado no pátio do processador, isto é, antes de serem processadas. No tratamento “Misto”, o desgalhe das árvores foi feito no pátio do teleférico, isto é, antes das árvores serem retiradas pelo trator de arraste e conduzidas para o pátio do processador. No tratamento “Toras Longas”, o desgalhe foi executado no talhão, após a derrubada, antes da extração dessa madeira pelo teleférico.

Os diferentes locais de desgalhe representam os distintos tratamentos analisados pelo projeto (Figuras 13, 14 e 15).

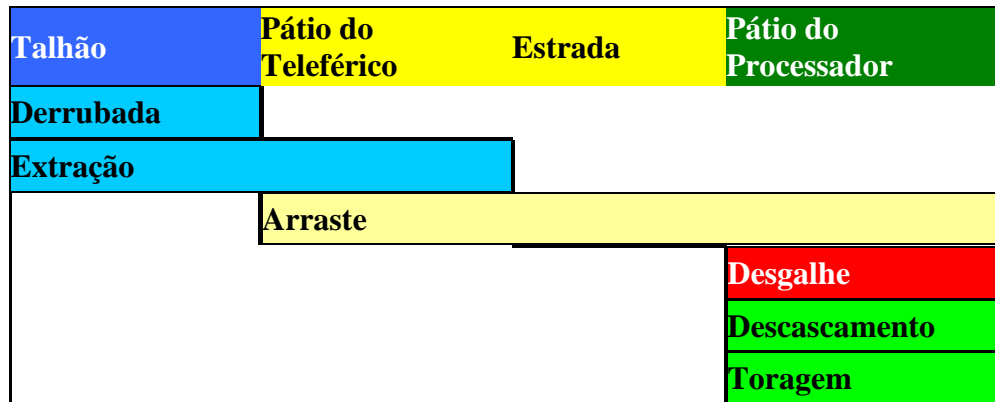


Figura 13. Tratamento: Árvores Inteiras

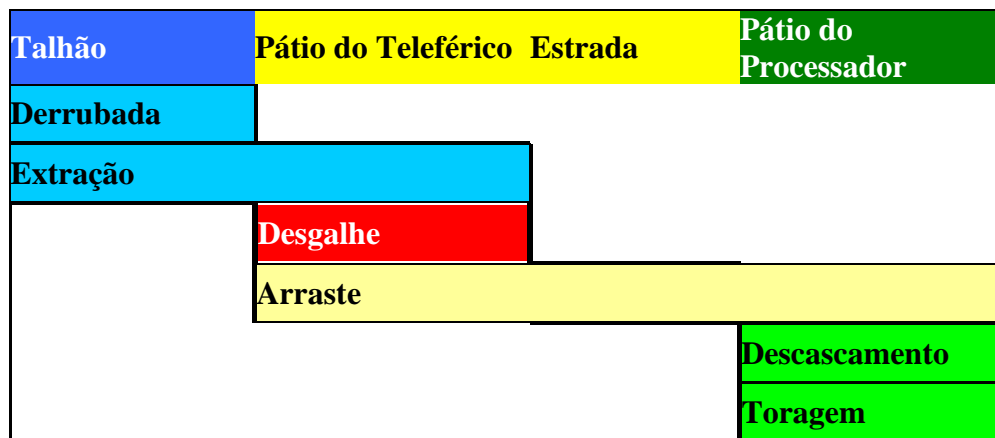


Figura 14. Tratamento: Misto

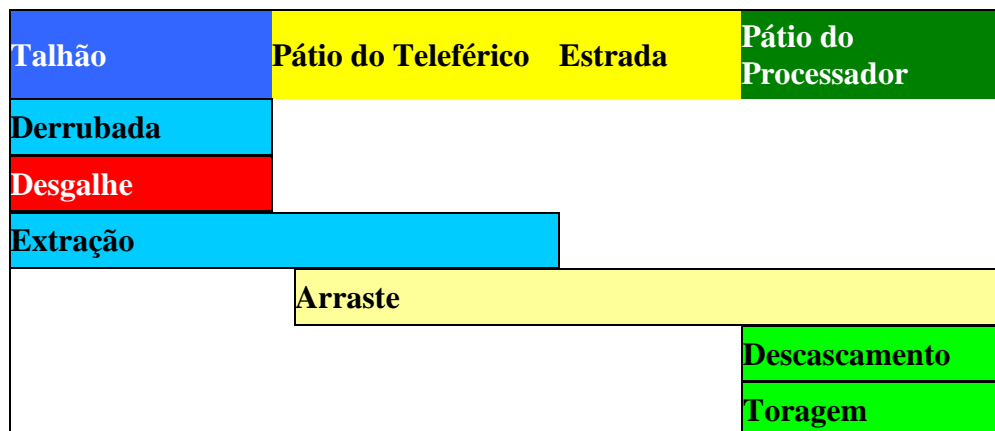


Figura 15. Tratamento: Toras Longas

As atividades na operação de derrubada não apresentaram diferenças operacionais, pois o corte foi de Árvores Inteiras.

As atividades na operação de desgalhe apresentaram diferenças em dois tratamentos, sendo: desgalhamento em locais distintos para transporte de Árvores Inteiras e Toras Longas.

As atividades na operação de engate apresentaram diferenças em dois tratamentos, sendo: engate de Árvores Inteiras e de Toras Longas. .

As atividades na operação de extração apresentaram diferenças em dois tratamentos, sendo: deslocamento com carga de Árvores Inteiras e de Toras Longas.

As atividades na operação de arraste de Árvores Inteiras e Toras Longas pelo trator apresentaram diferenças em dois tratamentos, a saber: deslocamento com carga de Árvores Inteiras e de Toras Longas.

As atividades da operação de processamento não apresentaram diferenças em tratamentos, pois o descascamento foi de Toras Longas elaboradas no talhão, pátio do teleférico e pátio do processador onde foram eliminadas copas de árvores e galhos mais grossos visíveis e facilmente alcançáveis pelo operador de motosserra.

4.1.6 Máquinas e equipamentos florestais empregados

4.1.6.1 Motosserra

Para as atividades de corte e desgalhamento foi utilizada uma motosserra marca STIHL MS 360, com 3,5 kW (4,7 DIN-OS) de potência, 5,7 kg de peso sem conjunto de corte, relação peso/potência de 1,628 kg/kW, capacidade de 0,625 litros de combustível, 0,32 litros de óleo, sabre Rollomatic de 32 cm de comprimento e serra com 22 conjuntos de dentes.

4.1.6.2 Teleférico

Para as atividades de extração com teleférico foi utilizado um conjunto composto por um trator agrícola de rodas equipado com uma plataforma de torre (Figura

16A), tratamento de tração de cabos e carrinho transportador (Figuras 16B).

4.1.6.2.1 Trator agrícola Massey Ferguson 297

O trator agrícola de rodas utilizado foi da marca Massey Ferguson 297 4x4, com 88,3 kW (120 cv) de potência no motor e 81kW (110 cv) na TDP, com 540 rpm de rotação nominal (Figura 16A).

4.1.6.2.2 Conjunto teleférico PENZSAUR / KOLLER

A plataforma de torre florestal do conjunto teleférico utilizado foi da marca PENZSAUR K301T (Figura 16A), composta de estrutura (mesa), torre tipo tubo com 8,8 m de altura, com tração média de 25,0 kN e carga máxima de 110 bar, sapatas, transmissão, cilindro de embreagem e freio, tratamento de operação hidráulica, kits de roldanas e engrenagens.

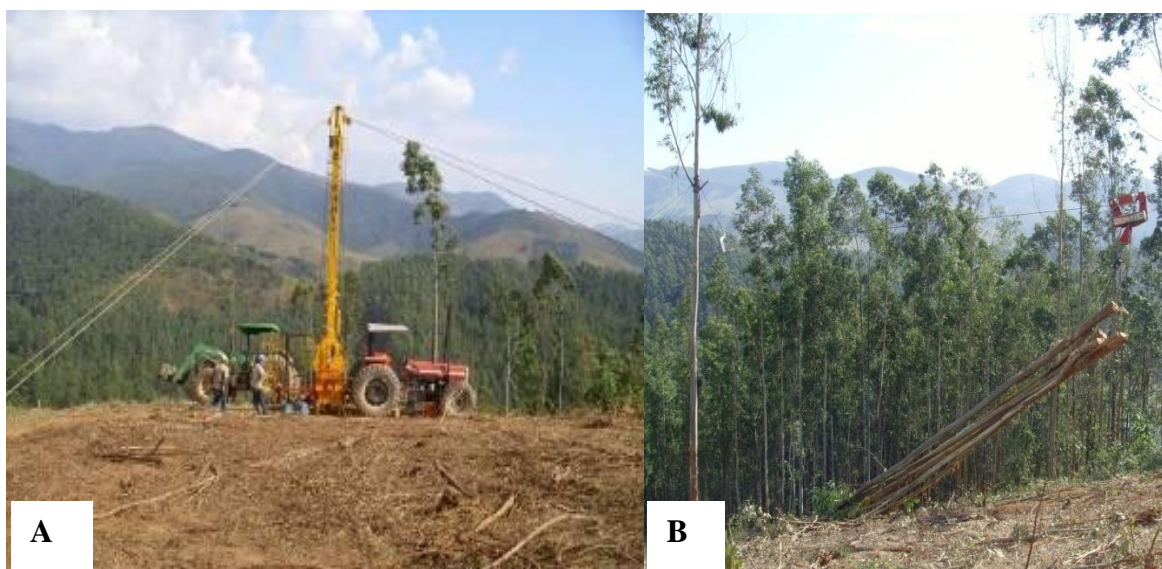
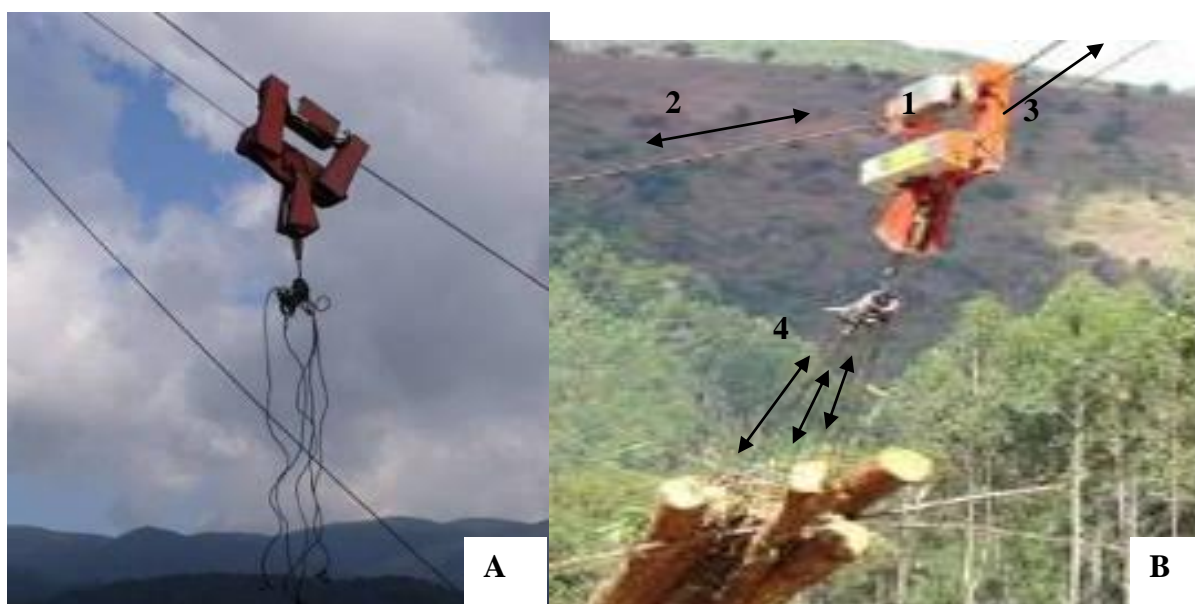


Figura 16. Trator Massey Ferguson 297 com conjunto teleférico Penzsaur/Koller K301T acoplado e trator John Deere utilizado para arraste (A) e extração com carrinho transportador (B).

4.1.6.2.3 Carrinho transportador KOLLER

O carrinho transportador do tratamento de teleférico utilizado foi da marca Koller (Figura 17 A) aplicado à torre, com capacidade de carga útil de 1.500 kg e peso de 150 kg, composto por uma caixa (quadra), roldanas do cabo mestre e freio, tratamento de freio, pêndulo de carga, tratamento de controle, duas instalações hidráulicas, conjunto do cabo de tração, conjunto de roldana inversa, tratamento de engate e gancho de carga.



Fonte: Pensaur (A)

Fonte: Celuloseonline (B)

Figura 17. Carrinho transportador Koller sem carga e cabos de engate (A); em (B) atividade de deslocamento com carga mostrando o carrinho (1), cabo mestre (2), cabo de tração (3), cabos de cargas suspendendo as toras.

4.1.6.2.4 Cabos e suporte do cabo mestre

Os cabos utilizados na torre do teleférico têm funções diversificadas, sendo um de sustentação, denominado cabo mestre (cabo-grua ou principal), outro de cabo de tração e os demais de ancoragem da torre e dos suportes do cabo mestre (Figura 17 B).

O cabo mestre é trançado ou torcido do tipo “Seal”, com resistência do material igual a 1.570 / 1.760 N/mm², diâmetro de 18,0 mm e 400 metros de comprimento.

O cabo de tração é composto por cordão trançado e regular com

resistência do material igual a 1.570 / 1.760 N/mm², com diâmetro de 16,0 mm, 500 metros de comprimento, capacidade máxima de pressão (carga) de 1.500 kgf e, na extremidade, um tratamento livre de engate e gancho de carga (barra).

O conjunto de cabos de ancoragem da torre do teleférico é composto de quatro cabos de 20 a 50 m x 15 mm e um cabo de segurança de 20 m x 15 mm.

O conjunto de cabos dos suportes de ancoragem do cabo mestre é composto de quatro cabos de fixação por ancoragem intermediária (por árvore de apoio), sendo um cabo de fixação do suporte na árvore, um cabo de ancoragem do suporte, um cabo de ancoragem transversal da árvore e um cabo de ancoragem longitudinal da árvore. Na ancoragem da árvore-mestre são utilizados três cabos de fixação do cabo mestre.

Um jogo de diversos cabos de carga, tendo nas extremidades argola e estropo (engate) (Figura 17A e 17B).

Suportes de cabo mestre (um por ancoragem em árvore) acessório denominado de peça “G” (Figura 18).

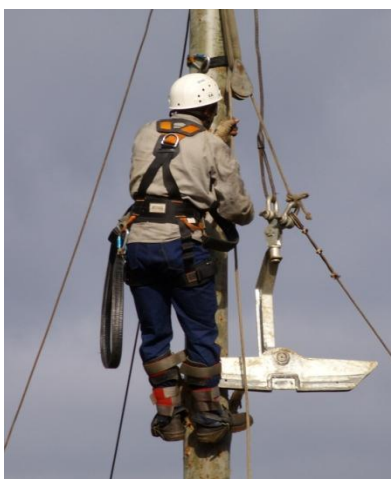


Figura 18. Instalação do suporte do cabo mestre (peça “G”).

4.1.6.3 Trator de arraste marca John Deere 5705 e 6405

Para as atividades de arraste de toras, foram usados dois tratores agrícolas marca John Deere 5705 e 6405 (Figura 16 A). O trator JD 5705, ano 2003, tinha acoplado lâmina frontal hidráulica marca Tatu Marchesan PCA 600. O trator JD 6405, ano

2004, tinha acoplado lâmina frontal hidráulica marca Tatu Marchesan PD.

Ambos estavam dotados de rabicho – 3º ponto, cabos de arraste, motor marca John Deere 4045T série 350 turbo aspirado, com quatro cilindros e potência de 63 kW (85 cv). A TDP dos tratores possui potência de 53 kW (72 cv) e rotação nominal de 540 rpm.

4.1.6.4 Conjunto de processador

As atividades foram desenvolvidas com um conjunto processador hidráulico composto por trator agrícola de rodas Massey Ferguson 297 (item 4.1.6.2.1) com cabine modificada e adaptada, mesa receptora, grua telescópica, roletes e lâminas desganhadoras e descascadoras e traçador de corrente (Figura 19), que processou as Toras Longas com casca, transformando-as em toras curtas e descascadas.

4.1.6.4.1 Processador

O processador, montado sobre um chassi acoplado no terceiro ponto do trator agrícola, é composto por uma mesa receptora com 45 cm de abertura, duas facas desganhadoras e uma faca estática, apresentando 30 a 65 bar de pressão, quatro rolos de alimentação e movimentação com 200 a 250 bar de pressão, motores independentes e avanço de 3,5 m/s, unidade de corte (serra de corrente e sabre) e unidades de medida programável de diâmetro e comprimento, utilizando-se de uma fotocélula. O chassi possui uma caixa de engrenagens acoplada à TDP do trator, patolas de suporte com regulagem mecânica de altura, barras estabilizadoras, tanque hidráulico para 140 litros, unidade de giro, giro interno e externo.

O processador hidráulico transportável utilizado foi o modelo HYPRO AB 650-4WD (Figura 19), que estava acoplado a trator agrícola, com peso de 1.500 kg, exigindo potência mínima de 90 cv. A rotação operacional da TDP exigida pelo processador é de 450 a 500 rpm, consumindo 5 a 7 l/h de óleo diesel. A capacidade nominal de desgalhe e descasque de árvores é de 3 a 45 cm de diâmetro, com ângulo de giro do processador de 90° a 280° e o comando efetuado por dois *joysticks* (comando da grua e do processador).

4.1.6.4.2 Grua

A grua é composta por suporte de grua, guincho hidráulico de acionamento da grua telescópica, grua telescópica de 5 a 7 metros de alcance, garra dotada com unidade de giro, bomba hidráulica de 27 a 30 bar, unidade de rádio com frequência de 433,92 MHz para acionar o guincho de grua (Figura 19).

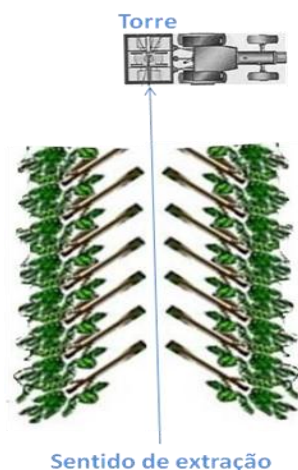


Figura 19. Trator MF 297 com cabine modificada e processador HYPRO AB 650-4WD.

4.1.7 Disposição das árvores, toras longas e toras curtas

4.1.7.1 No talhão

As árvores cortadas da sétima linha de plantio foram dispostas na linha de extração, alinhadas sempre com a base do tronco voltada para o local da torre do teleférico. As árvores das demais 12 linhas de plantio, da primeira à sexta linha e da oitava à décima terceira linha foram alinhadas na forma de “espinha de peixe” (Figura 20), tendo a base da tora voltada para o eixo da sétima linha e a copa em direção da borda do tratamento experimental.



Fonte: Relatório Técnico, 2009.

Figura 20. Derrubada em “espinha de peixe”

4.1.7.2 No pátio do teleférico

As árvores ou toras longas extraídas pelo teleférico foram dispostas no pátio do teleférico situado na borda do talhão, sob o cabo guia do teleférico, juntadas em feixes próximos à base da torre, suas bases direcionadas para a torre e a copa ou a parte mais fina da tora direcionada para o interior do talhão. Os feixes de toras foram dispostos para facilitar o seu engate no trator, permitindo seu arraste para o pátio do processador.

4.1.7.3 Pátio do processador e estoque do produto acabado

As árvores e toras removidas pelo trator de arraste foram depositadas no pátio do processador. A parte mais grossa ficou voltada para o processador, de tal maneira que a grua pôde alcançá-las e conduzi-las diretamente para seu interior.

As toras curtas resultantes da toragem no processador foram alinhadas perpendicularmente à lateral do trator, sempre de maneira que facilitasse a carga nos caminhões transportadores de toras. Coube ao operador do processador orientar o tratorista de arraste como o mesmo deveria dispor as árvores e toras no pátio, de tal maneira que não perdesse tempo na sua busca para serem processadas. O operador norteou também como as toras curtas descascadas resultantes deveriam ser dispostas em pilhas, a fim de que facilitasse o carregamento das mesmas nos caminhões.

4.2 Métodos

A escolha do local para a instalação do experimento obedeceu a parâmetros abióticos e bióticos semelhantes que atendessem aos objetivos da pesquisa, tais como espaço físico contínuo, declividade e organização da floresta. Os dados de número de indivíduos, altura, área basal e volume comercial com casca foram submetidos à análise estatística para determinar a homogeneidade da área experimental.

As operações de derrubada, desgalhe e engate foram estudadas em relação à variação da declividade do terreno. A operação de extração foi examinada em relação à declividade do terreno e distância. A operação de arraste foi avaliada em relação à declividade do terreno e distância. No estudo da operação de processamento, compararam-se os tratamentos de Toras Longas, Misto e Árvores Inteiras.

Os três tratamentos foram comparados em função do rendimento operacional.

4.2.1 Operações na cadeia de colheita florestal

Na cadeia de colheita florestal no talhão experimental, foram realizadas e estudadas as operações de derrubada, desgalhe, engate, extração, arraste e processamento. Adotou-se o método de extração com corte semimecanizado das árvores, desgalhamento e corte de copa usando motosserra. No engate e extração das árvores inteiras ou toras longas, foi utilizado conjunto teleférico adaptado a trator agrícola. No arraste dessas árvores ou toras, utilizou-se trator agrícola e o processamento foi efetuado com equipamento acoplado em trator agrícola adaptado para tal, produzindo toras curtas, de 6,0 metros, descascadas, apropriadas para a indústria de celulose.

A cadeia de colheita exigiu uma sequência integrada de operações organizadas e equipamentos (motosserra + teleférico + trator agrícola + processador) em conformidade com as condições de declividade do terreno, desenvolvimento da floresta e destino do produto.

A área foi identificada a partir de mapa de classe de declividade e de

volumes de madeira por hectare, determinando-se, assim, qual o método de colheita apropriado para o talhão com previsão de área de abrangência, localização, acessibilidade e volume de madeira esperado.

Após o corte e extração da madeira, toda a área é repassada com colheita de resíduos florestais (casca, galhos e ponteiras), efetuada por “terceiros”, havendo a máxima remoção de material possível e destinado para o mercado energético. Assim, a área fica disponível para nova implantação florestal ou condução da brota.

4.2.2 Ciclos de atividades nas operações

Todos os tratamentos tiveram atividades preliminares, complementares e ciclos em comum que não foram avaliados no experimento, tais como:

- abertura e manutenção de estradas de acesso definidas de acordo com as condições topográficas, distribuição espacial da floresta, localização ideal das torres de teleférico e dos pátios de processamento e temporários de estoque de madeira;
- escolha e instalação de esplanada de instalação de torre de teleférico definidas de acordo com o alinhamento de plantio, declividade, extensão do trajeto de arraste e disponibilidade de estocagem de madeira colhida; corte de árvores, escolha e preparo de pátio temporário. No local de instalação do teleférico, diversas árvores são selecionadas pela sua resistência, porte e localização para serem cortadas até 0,50 m acima do solo, funcionando como ancoradouros dos cabos de estabilização da torre do teleférico;
- terraplanagem e remoção de obstáculos para instalação de equipamentos, trânsito, depósito de árvores e troncos, depósito de madeira processada e resíduos. O corte de árvores e terraplanagem no local para instalação da torre do teleférico e pátio do processador e estoque temporário da madeira foi proporcional à quantidade de madeira a ser colhida no local escolhido;
- instalação e desinstalação da torre do teleférico e tratamento de cabos: composta por operações de mudança da torre e cabos de lugar, tais como enrolar cabo mestre, soltar amarras, enrolar amarras, desprender e baixar parte superior da torre, subir parte inferior da torre, retirar escoras, baixar parte inferior da torre, subir parte superior da torre, desenrolar amarras e cabo mestre, instalar cabo mestre, peça “G” e cabos auxiliares,

tensionar amarras, prender e soltar carrinho, tensionar cabo mestre, engatar carrinho e estropos, prender e desprender pneus do cabo mestre.

4.2.2.1 Atividades parciais nos ciclos produtivos

As operações foram compostas por atividades em ciclos produtivos repetitivos. Em cada operação foram estudadas as atividades efetivas, gerais e totais por ciclo.

As atividades foram divididas em:

- Atividade Efetiva (AE): quando a atividade parcial realizada consiste em produção ou serviço que gerará produção; e
- Atividades Gerais (AG): atividades parciais inerentes ao processo produtivo, porém que fazem parte da rotina de trabalho.
- Atividades Totais (AT): soma das atividades efetivas e gerais.

4.2.2.1.1 Operação de derrubada

Na operação de derrubada das árvores, foram anotados todos os tempos e movimentos do operador de motosserra, depois de definida a faixa com 13 linhas de plantio.

A derrubada da sétima linha foi iniciada no extremo oposto do local da instalação da torre do teleférico, direcionando a queda das árvores no sentido do declive, de tal maneira que a base da tora ficou direcionada para o aclave.

Nessa sétima linha, foram escolhidas diversas árvores, mantendo a distância entre elas de 20 a 50 metros, que foram deixadas em pé para ancoramento e suporte do cabo teleférico. Essas árvores ancoras somente foram derrubadas e extraídas ao final da extração.

Na operação de derrubada, foram anotadas e calculadas as seguintes atividades parciais:

- Atividades Efetivas (AE): corte; limpeza.
- Atividades Gerais (AG): parada; manutenção; outras atividades.
- Atividades Totais (AT): AE + AG.

Atividades efetivas:

- Corte: tempo despendido para o corte de derrubada das árvores.
- Limpeza: deslocamento do operador de motosserra, pelo talhão, para realizar o corte de galhos ou troncos que dificultavam o deslocamento e a operação de derrubada.

Atividades gerais:

- Parada: tempo despendido na abertura de pátio da torre e interrupções em virtude de alguma atividade concomitante.
- Manutenção: abastecimento da motosserra com gasolina ou óleo, afiação da corrente, quebras, escape da corrente.
- Outras atividades: operador de motosserra auxilia nas atividades gerais das demais operações.

4.2.2.1.2 Operação de desgalhe

A operação de desgalhe semimecanizado foi efetuada para cortar galhos mais grossos e ponteiros das árvores. Essa operação foi realizada em três locais e com características diferentes, conforme o tratamento adotado.

No tratamento Árvores Inteiras, o desgalhe foi realizado no pátio do processador.

No tratamento Misto, o desgalhe foi efetuado no pátio do teleférico.

No tratamento Toras Longas, o desgalhe foi feito no talhão, ou seja, no local de queda da árvore.

Nos tratamentos Árvores Inteiras e Misto, o desgalhe foi levado a efeito com as árvores dispostas em feixes; no tratamento Toras Longas, as árvores estavam dispostas individualmente no interior do talhão (Figura 21).

Na operação de desgalhe, foram anotadas e calculadas as seguintes atividades parciais:

- atividades efetivas (AE): deslocamento do operador e desgalhamento de árvores;
- atividades gerais (AG): espera, ajuda em outra atividade, manutenção, abastecimento,

limpeza, corte de árvore, rebaixamento de toco e necessidades fisiológicas;

- atividades totais (AT): AE + AG.



Figura 21. Operador de motosserra e ajudante em atividade de desganhamento no tratamento Toras Longas.

4.2.2.1.3 Operação de engate

Na operação de engate de árvores e fustes, a equipe era composta de três a quatro pessoas (Figura 22) que auxiliaram na ancoragem da torre do teleférico, esticaram e ancoraram o cabo do teleférico ao longo da 7ª linha até 100 m, instalaram os suportes do cabo (Figura 18), o cabo de ancoragem da árvore alojadora do suporte, buscaram cabo de tração e cabos de estropos (9 unidades), engataram os cabos de argola e estropo nas árvores e toras, conduziram o cabo de tração até o lote de árvores ou toras transportadas, engataram os cabos de argola e estropo no cabo de tração, liberaram a extração do feixe de árvores inteiras ou toras longas e executaram atividades gerais complementares e de apoio à extração.

Na operação de engate foram anotadas e calculadas as seguintes atividades parciais:

- atividades efetivas (AE): deslocamento, que englobou deslocamento para puxar o cabo de

tração e engatá-lo aos cabos de estropos, deslocar para amarrar árvores, deslocar para desenrolar estropo e deslocar no talhão; espera e amarrar árvores;

- atividades gerais (AG): arrumar árvores, outras atividades alheias ao engate de árvores e necessidades fisiológicas;
- atividades totais (AT): AE + AG.



Figura 22. Equipe de engate de árvores.

4.2.2.1.4 Operação de extração

Na operação de extração, as atividades eram efetuadas por um operador de teleférico (Figura 23), responsável pelas funções referentes ao teleférico. Essas atividades compreendiam a instalação e desinstalação da torre do teleférico e tratamento de cabos de extração no início e no fim das atividades de uma faixa de exploração e a operação de extração.

As atividades da extração foram subdivididas em esticar cabo do teleférico, movimentar o carrinho do teleférico com carga ou sem carga, travar carrinho do teleférico, liberar cabo de tração sem carga e recolher cabo de tração com carga, além de atividades gerais. No tratamento Misto, o acúmulo de galhos e ponteiros de árvores no pátio da torre dificultava, eventualmente, as atividades de descarregamento de feixes de toras.



Figura 23. Operador de teleférico em atividade de extração.

Na operação de extração, foram anotadas e calculadas as seguintes atividades parciais:

- atividades efetivas (AE): deslocamento do carrinho transportador sem carga, que consiste na descida do carrinho ao interior do talhão; carregamento, que engloba as atividades enquanto o carrinho transportador permanece parado (soltura e deslocamento do cabo de tração, engate de árvores e arraste das árvores até o acionamento do carrinho transportador); deslocamento com carga, que consiste na subida do carrinho transportador em direção à torre; descarregamento, que envolve a soltura do cabo de tração e feixe de toras, soltura dos cabos estropos das árvores;
- atividades gerais (AG): manutenção, necessidades fisiológicas e operações de montagem e desmontagem da torre, carrinho transportador e tratamento de cabos (enrolar e desenrolar cabo mestre); soltar, tensionar e enrolar cabos de fixação da torre e de segurança; erguer, fixar, desprender e baixar a parte superior da torre; nivelar e liberar a parte inferior da torre; colocar e retirar escoras das sapatas de apoio; prender, engatar e soltar o carrinho transportador; engatar cabos estropos no carrinho transportador; prender e desprender pneus de proteção no cabo mestre;

- atividades totais (AT): AE + AG.

4.2.2.1.5 Operação de arraste

Na operação de arraste, os operadores de trator (Figura 24) executaram as atividades de enfeixar árvores, engatar cabo no trator, liberar as árvores dos cabos de estropo, deslocamento com carga, soltar feixe de árvores, alinhar árvores no pátio temporário, limpar pátio intermediário e pátio temporário, deslocamento sem carga e atividades gerais, tais como preparar o local de instalação da torre, do processador e pátios de madeira.



Figura 24. Operador de trator de arraste em atividade de recolhimento do cabo de arraste.

Na operação de arraste, foram anotadas e calculadas as seguintes atividades parciais:

- atividades efetivas (AE): carregamento, que consiste em estacionar o trator sem carga no pátio da torre, amarrar o feixe de toras com o cabo de aço, preparar para iniciar o deslocamento; deslocamento com carga; descarregamento, que consiste em estacionar o trator com carga no pátio do processador, soltar o feixe de toras, soltar o cabo de aço do feixe de toras, arrumar e enrolar o cabo de aço no trator, arrumar toras no pátio do processador, preparar para o deslocamento sem carga, que consiste em posicionar o operador e o trator antes do deslocamento efetivo; deslocamento sem carga;

- atividades gerais (AG): parada, manutenção, limpeza pátio do processador e da torre do teleférico e necessidades fisiológicas;
- atividades totais (AT): AE + AG.

4.2.2.1.6 Operação de processamento

Na operação de processamento, o operador do processador executou atividades de posicionamento do equipamento, busca de tora com a grua e garra para acomodação na plataforma (Figura 25), desgalhamento e descascamento com movimentos de ida e volta dos troncos por intermédio dos roletes tracionadores e lâminas, toragem, impulsão da última tora com o rolete, limpeza e retirada de cascas, galhos e ponteiros, deslocamento de processador e eventuais atividades gerais.



Figura 25. Operador acionando a grua e garra conduzindo tora para plataforma de processamento

Na operação de processamento, foram anotadas e calculadas as seguintes atividades parciais:

- atividades efetivas: movimentos da grua, movimento da garra no deslocamento de tora para a mesa do processador, descascamento e desgalhamento e toragem;
- atividades gerais (AG): deslocamento de máquina, espera de tora, pausa, manutenção, limpeza de mesa, abastecimento, necessidades fisiológicas;
- atividades totais (AT): AE + AG.

4.2.3 Estudo de tempos e movimentos

Na cadeia de colheita florestal, foi empregado o estudo de tempos e movimentos para determinar o tempo gasto em cada atividade parcial.

A coleta dos dados foi realizada empregando-se o método de cronometragem de tempo contínuo e de multimomento.

O método do tempo contínuo foi adotado nos conjuntos de operações em que as atividades permitiam a tomada dos tempos com precisão. Nas atividades com tempos muito exíguos, foi adotado o método de tempo multimomento, pois este permite maior precisão na coleta de dados.

Para a coleta dos dados de campo, foram elaboradas fichas para os rendimentos operacionais das operações de corte, derrubada, engate, extração e arraste (Apêndice 1) e processamento (Apêndice 2). Para cada ciclo operacional de trabalho observado, foram anotadas as quantidades das árvores derrubadas, extraídas ou processadas em cada tratamento.

Os tempos cronometrados foram assinalados em colunas e, nas fichas de campo, foram incluídos todos os dados que serviram para a sua identificação. Também foram anotadas informações adicionais, como número do eito de derrubada, data, operação e nome do cronometrista.

4.2.3.1 Método de tempo contínuo

Este método se caracteriza pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, ou seja, de forma contínua.

Foram anotadas a hora inicial e a final de cada atividade parcial.

Este método de cronometragem apresenta a vantagem de que as atividades parciais são anotadas na sequência em que elas acontecem, ou seja, em forma cronológica, o que facilita a descoberta de erros, a identificação e cronometragem de atividades não previstas. (FENNER, 2002).

4.2.3.2 Método de multimomento

O método multimomento foi utilizado na medição dos tempos das atividades desenvolvidas no processador, pois o mesmo apresentou curto intervalo de tempo em que foram realizadas as atividades relacionadas à operação de processamento das toras.

No método de multimomento, trabalha-se com cronômetros que giram continuamente, e não são medidos os tempos das atividades parciais. Para isso, são estabelecidos intervalos e observada qual atividade está sendo desenvolvida no presente intervalo. Foi adotado o intervalo de 15 segundos para anotação da frequência da atividade em execução.

A vantagem deste método se expressa, principalmente, nos casos em que o cronometrista precisa observar vários operários e/ou máquinas, simultaneamente, e quando existem, no decorrer de trabalho, muitas sessões curtas dentro da atividade a ser observada.

4.2.3.3 Equipe e materiais utilizados no estudo

Para a cronometragem em tomadas de tempos das atividades simultâneas, foram utilizados sete cronômetros digitais para a tomada de tempo contínuo de cada atividade relacionada à colheita, sendo um cronometrista para o operador de motosserra nas atividades de corte e de desgalhe, um cronometrista para cada ajudante (três ajudantes) de engate de árvores, um para o operador da torre do teleférico e dois para os tratores de arraste da madeira. Para a cronometragem do processador, foi utilizado um cronômetro analógico e um cronometrista para a tomada de tempo em multimomento.

4.2.4 Análises

4.2.4.1 Análise Estatística

Na análise estatística, os dados que relacionam duas variáveis quantitativas foram examinados através da análise de regressão linear, como foi o caso da

relação entre o tempo de corte e a área basal, relação entre o tempo de deslocamento e a declividade, relação entre tempos de carregamento e descarregamento, relação entre velocidade média de deslocamento com carga e sem carga, relação entre distância média de extração e rendimentos operacionais do deslocamento com carga e sem carga, relação entre a distância de arraste e os rendimentos operacionais do transporte com carga e sem carga, relação entre declividade e tempo médio de deslocamento, relação entre número de toras e tempo de desgalhamento, relação entre declividade e tempo de deslocamento.

Em cada análise foi elaborado um gráfico de dispersão entre as variáveis estudadas e os valores estimados foram colocados para ilustrar o ajuste. A qualidade do ajuste foi medida através do R^2 ajustado e o coeficiente de variação experimental.

Para a relação entre variáveis quantitativas e qualitativas, utilizou-se a análise de variância nos dados, a fim de se definir qual é o melhor tratamento. Quando pertinente, efetuaram-se as comparações múltiplas através do teste de Tukey a 5% de significância. Utilizou-se essa análise no caso da relação entre os tratamentos e as variáveis: produtividade do tratamento, o volume comercial com casca, carregamento, descarregamento, velocidade de deslocamento sem carga, tempo médio de deslocamento, tempo médio de espera, tempo médio de engate, rendimentos das operações, altura das árvores, área basal, número de árvores por parcela e declividade das parcelas. A qualidade da análise também foi avaliada através do coeficiente de variação experimental.

Quando necessário, utilizaram-se transformações na variável resposta (transformações logarítmica, inversa e raiz quadrada, indicados pelo algoritmo de Box & Cox (1964)) a fim de se obter normalidade dos dados, requisito necessário para a correta análise dos dados por esses procedimentos.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado em todos os procedimentos para assegurar a normalidade dos dados. Em caso de não obtenção de normalidade, optou-se por utilizar a análise não paramétrica de Kruskal-Wallis, como ocorreu com a relação entre a média das áreas das parcelas e os tratamentos. Todas as análises foram realizadas em um nível de significância de 5%.

A barra de erros nas figuras demonstrativas apresentadas indica os valores dos desvios-padrão, para mais e para menos da média

No caso dos rendimentos do processador, não foi possível realizar a

análise estatística por falta de repetições da atividade, pois o mesmo processa todo o material de uma só vez. Esses resultados foram analisados percentualmente.

4.2.4.2 Análises Percentuais

Todas as operações foram avaliadas percentualmente para detectar diferenças no caso em que os métodos estatísticos determinavam resultados iguais.

Foram utilizadas as fórmulas abaixo para determinar a percentagem operacional de cada tratamento em relação ao tratamento padrão adotado pela empresa (tratamento 1 - Árvores Inteiras).

$$(\%) \text{ em relação ao controle - tratamento 1} = \frac{(\textit{sis\textit{t}ema1} - \textit{sis\textit{t}ema1}) \times 100}{\textit{sis\textit{t}ema1}} \quad (3)$$

$$(\%) \text{ em relação ao controle - tratamento 1} = \frac{(\textit{sis\textit{t}ema1} - \textit{sis\textit{t}ema2}) \times 100}{\textit{sis\textit{t}ema1}} \quad (4)$$

$$(\%) \text{ em relação ao controle - tratamento 1} = \frac{(\textit{sis\textit{t}ema1} - \textit{sis\textit{t}ema3}) \times 100}{\textit{sis\textit{t}ema1}} \quad (5)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha do local para a instalação do experimento obedeceu a parâmetros abióticos e bióticos semelhantes que atendessem aos objetivos da pesquisa, tais como espaço físico contínuo, declividade e organização da floresta. Os fatores de influência, operações, rendimentos das operações e análise dos rendimentos tiveram seus resultados avaliados e discutidos.

5.1 Fatores de influência

5.1.1 Tamanho da área experimental

As áreas das parcelas não eram do mesmo tamanho, pois no experimento se considerou o número de linhas e estas nem sempre tinham o mesmo espaçamento entre si. Dessa forma, foi estudado se a heterogeneidade do tamanho das parcelas implicaria em diferença significativa.

Verificou-se que as áreas não tinham distribuição normal, o que se deve ao fato de que havia diversas áreas com o mesmo tamanho.

Estudando a influência da heterogeneidade do tamanho das parcelas, observou-se que as áreas não tinham distribuição normal, o que se deve ao fato de que havia diversas áreas com o mesmo tamanho. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) foi empregado para avaliar se as áreas dos tratamentos diferem entre si, comparando as medianas dos dados ao invés das médias. Constatou-se que os tamanhos das áreas não diferem entre si a 5% de significância (Figura 26).

Sendo assim, as áreas foram consideradas homogêneas, em relação ao seu tamanho, para as análises deste trabalho.

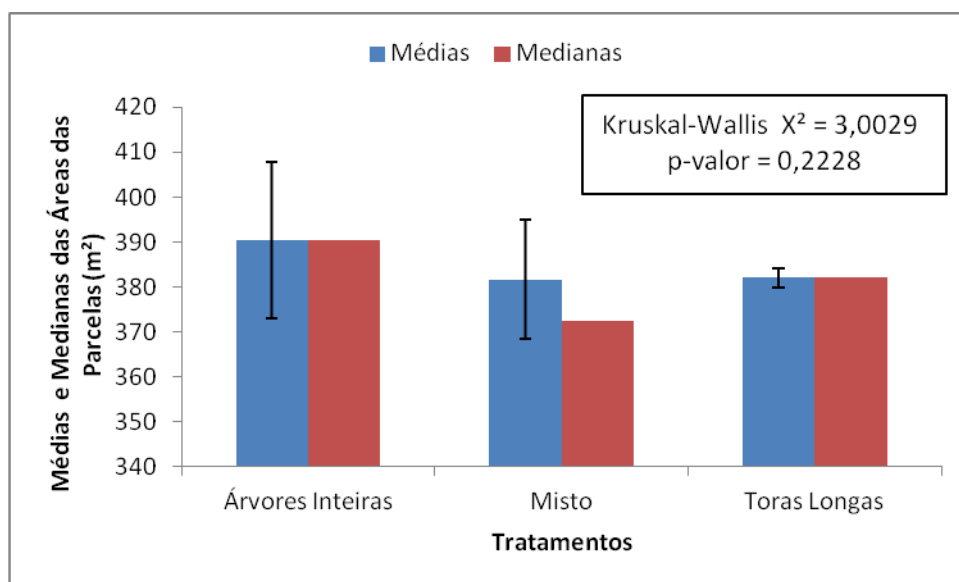


Figura 26. Médias e Medianas do tamanho das áreas das parcelas nos tratamentos

5.1.2 Declividade

O experimento foi instalado numa região montanhosa, cujas curvas de nível são apresentadas na Figura 11. As médias das declividades das parcelas (Tabela 6), obtidas junto ao cabo mestre do teleférico, resultaram em declividades médias variando de 26,5% até 68,0%.

Tabela 6. Declividade média (%).

Parcelas	Árvores Inteiras	Tratamentos e Declividade média (%)	
		Misto	Toras Longas
1 e 2	28,0	27,7	26,5
3 e 4	42,0	42,0	42,0
5 e 6	48,0	50,0	52,5
7 e 8	60,0	50,0	45,5
9 e 10	63,0	58,0	68,0

Para a variável “declividade por parcela”, foi realizada a análise de variância para testar a hipótese de homogeneidade. Conforme exposto na Figura 27, não há evidência estatística de que os tratamentos diferem quanto à declividade das parcelas, pois a análise dessa variável gerou p-valor superior ao nível de significância de 5% (0,05). Desta forma, podemos considerar que os tratamentos são homogêneos para a variável declividade.

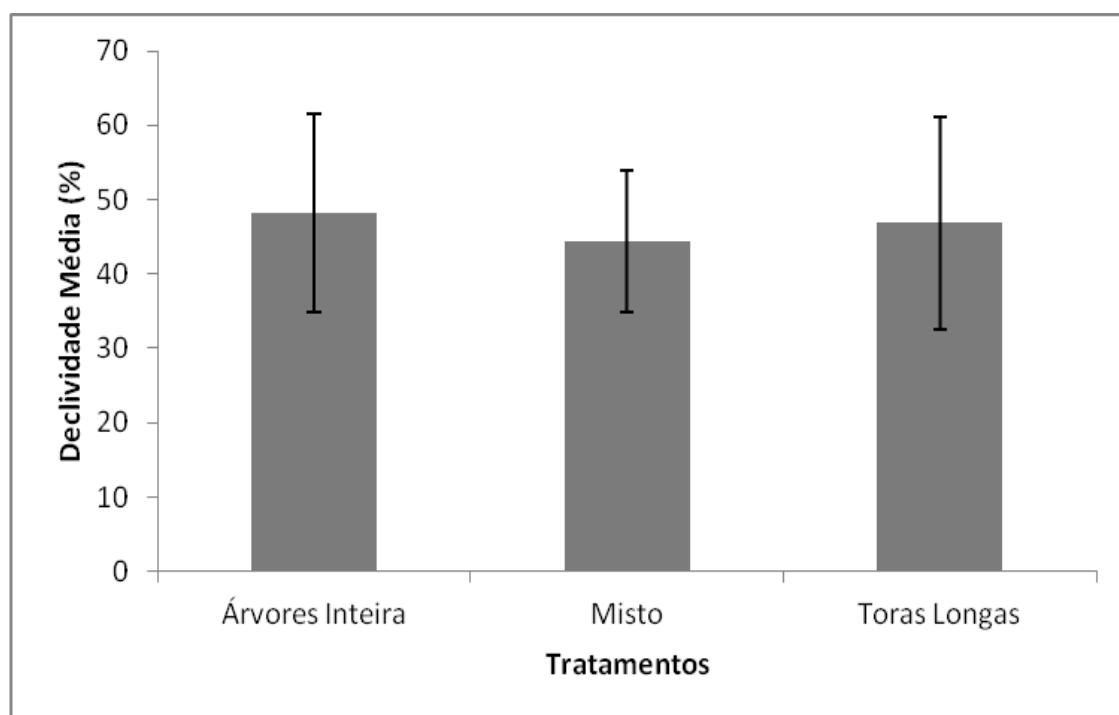


Figura 27. Relação entre as declividades médias e os tratamentos.

5.1.3 Floresta

Através do censo florestal (Tabela 7), foram obtidos os dados do número de fustes e do volume comercial com casca (m³) por tratamento.

Tabela 7. Área, Árvores por tratamento e Volume comercial com casca.

Tratamentos	Área (m ² /tratamento)	Árvores por tratamento	Volume comercial com casca* (m ³ /tratamento)	Volume comercial com casca* (m ³ /árvore)
Árvores Inteiras	3905	430	85,7661	0,1995
Misto	3840	450	85,7632	0,1906
Toras Longas	3820	409	86,8281	0,2123
Total	11565	1289	258,3573	
Média	-	430	86,1191	0,2003

* Considerando árvores com CAP \geq 25 cm.

Realizou-se a análise de variância para testar a hipótese de homogeneidade da área basal (Figura 28), da altura das árvores (Figura 29) e do número de árvores (Figura 30). Estatisticamente, os tratamentos não diferem quanto à área basal, altura das árvores e número de árvores por parcela. Assim, pode-se considerar que os tratamentos são homogêneos para essas variáveis.

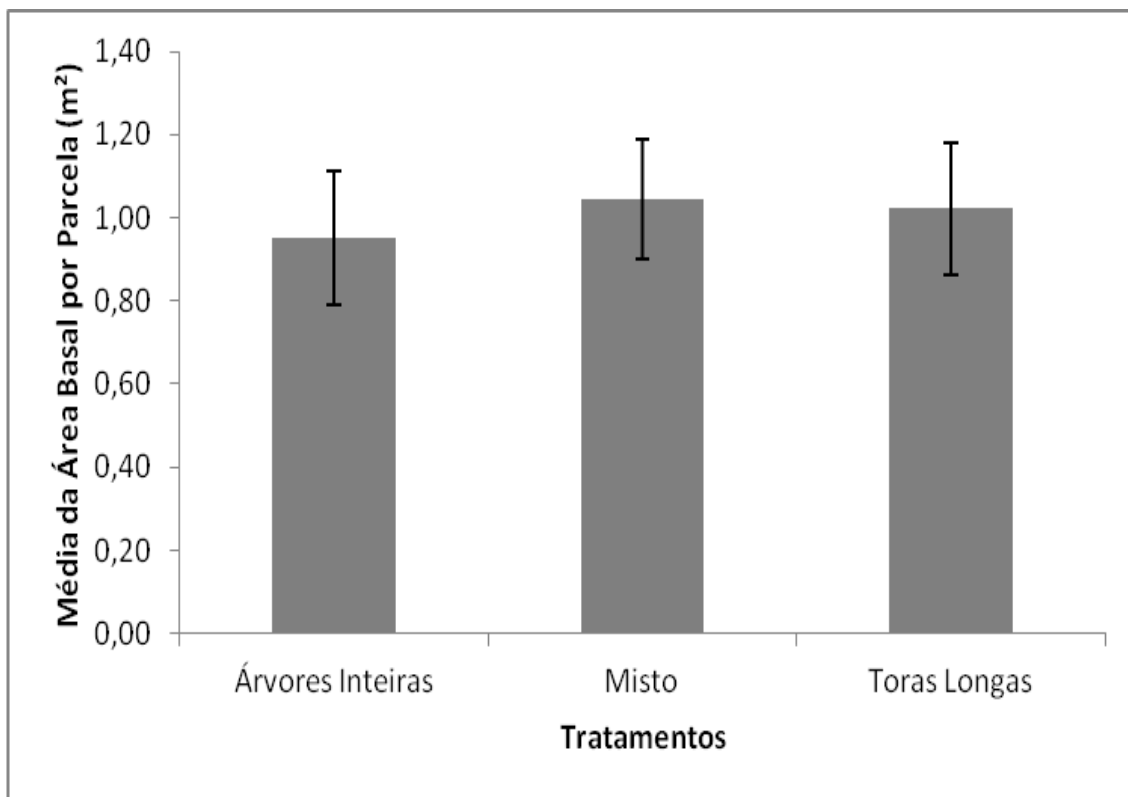


Figura 28. Relação entre a média da variável área basal por parcela e tratamentos

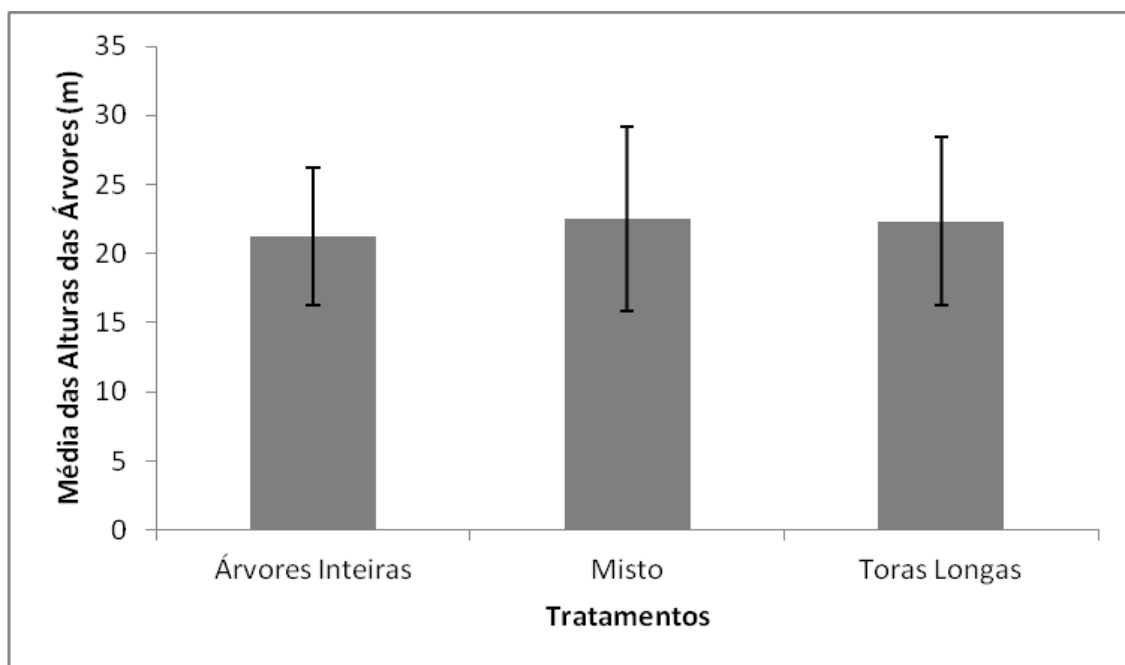


Figura 29. Relação entre a média da variável altura por parcela e tratamentos

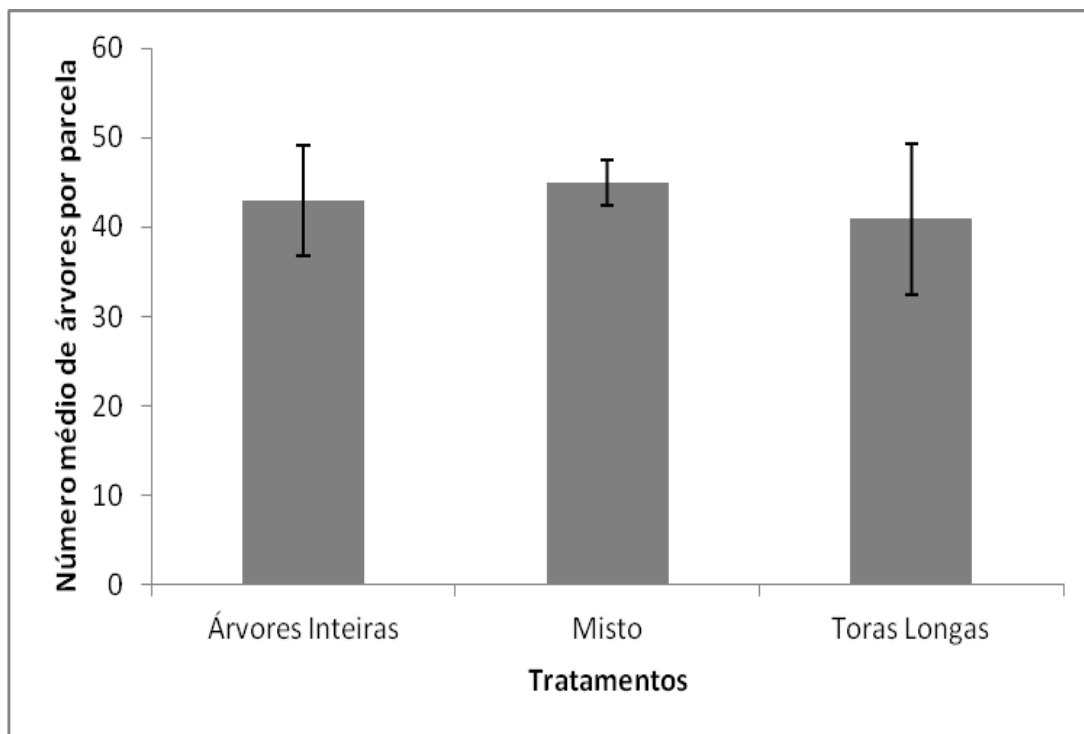


Figura 30. Relação entre a média da variável número de árvores por parcela e tratamentos

5.1.3.1 Volume de madeira comercial

A homogeneidade do volume de madeira comercial com casca no experimento foi testada através de uma análise de variância, considerando as parcelas como repetições de cada tratamento. Os tratamentos são homogêneos em relação ao volume comercial com casca, conforme Figura 31, que apresenta os valores médios para cada tratamento, bem como os desvios-padrão representados nas barras de erros.

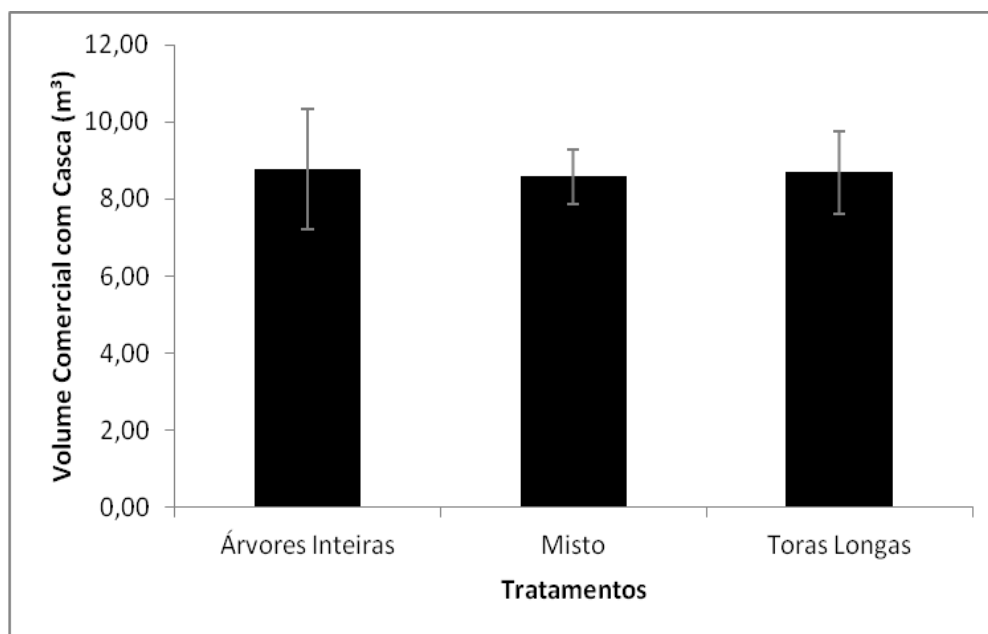


Figura 31. Médias e erros padrões do volume comercial com casca de acordo com o tratamento.

5.2 Operações

5.2.1 Derrubada

Na Tabela 8, são apresentadas as atividades efetivas e gerais da operação de derrubada.

Nos três tratamentos, as atividades gerais despenderam mais tempo do que as atividades efetivas.

A melhor efetividade foi obtida no tratamento Toras Longas, com 35,18 %, seguido pelo tratamento Misto, com 30,13%, e pelo tratamento de Árvores Inteiras, com 27,81%.

Cunha e Silva (1998), trabalhando em floresta tropical úmida, relataram 73,56 % de tempo produtivo e Plaster (2010) detectou 54,76 % de eficiência operacional no desbaste de *Pinus* em área montanhosa com motosserra, ambos significativamente superiores aos registrados, permitindo afirmar que os resultados indicam que a operação de derrubada não está adequadamente dimensionada.

Embora tenha a melhor efetividade, o tratamento Toras Longas apresentou o menor rendimento efetivo ($23,5188 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$), isto é, demorou mais tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Por outro lado, o tratamento Árvores Inteiras, que apresentou a menor efetividade, teve o maior rendimento efetivo ($31,3651 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$), isto é, consumiu menos tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Já o tratamento Misto apresentou resultados intermediários quanto à efetividade e rendimento efetivo ($27,5152 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$).

Os tratamentos apresentaram resultados próximos na atividade total, contudo o maior rendimento efetivo ($8,7227 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Árvores Inteiras, enquanto o menor rendimento efetivo ($8,2748 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Toras Longas e o rendimento efetivo intermediário ($8,2903 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Misto.

Tabela 8. Rendimentos das atividades efetivas da operação derrubada.

Tratamentos	Atividades	Tempo		Rendimento
		(s/m ³)	(%)	(m ³ .h ⁻¹)
Árvores Inteiras	Efetiva (AE)	114,8	27,81	31,3651
	Geral (AG)	297,9	72,19	-
	Total (AT)	412,7	100,00	8,7227
Misto	Efetiva (AE)	130,8	30,13	27,5152
	Geral (AG)	303,4	69,87	-
	Total (AT)	434,2	100,00	8,2903
Toras Longas	Efetiva (AE)	153,1	35,18	23,5188
	Geral (AG)	282,0	64,82	-
	Total (AT)	435,1	100,00	8,2748

Na Tabela 9, verifica-se que a atividade efetiva de limpeza consumiu maior percentagem de tempo no tratamento Toras Longas, com 46,66 %.

O tratamento Árvores Inteiras consumiu menor tempo percentual na atividade efetiva de limpeza, com 40,74 %.

A atividade de corte do tratamento Toras Longas consumiu o menor tempo percentual, com 53,34 %, enquanto o maior consumo de tempo percentual foi do tratamento Árvores Inteiras, com 59,26 %, mostrando ser mais eficiente dos três tratamentos na ocupação do tempo com a atividade fim da operação.

Nos três tratamentos, o tempo de corte foi maior do que o de limpeza.

Tabela 9. Percentuais das atividades parciais efetivas da operação derrubada.

Tratamentos	Atividades efetivas (AE)	Tempo	
		Efetivo (s/m ³)	AE (%)
Árvores Inteiras	Limpeza	46,8	40,74
	Corte	68,0	59,26
	Total	114,8	100,00
Misto	Limpeza	56,5	43,19
	Corte	74,3	56,81
	Total	130,8	100,00
Toras Longas	Limpeza	71,4	46,66
	Corte	81,7	53,34
	Total	153,1	100,00

5.2.1.1 Relações entre o tempo de corte e a área basal

Para a avaliação das relações entre tempo de corte e a área basal, foi adotada a análise de regressão linear. Os dados foram distribuídos em grupos de indivíduos por classes de área basal, conforme Figura 32.

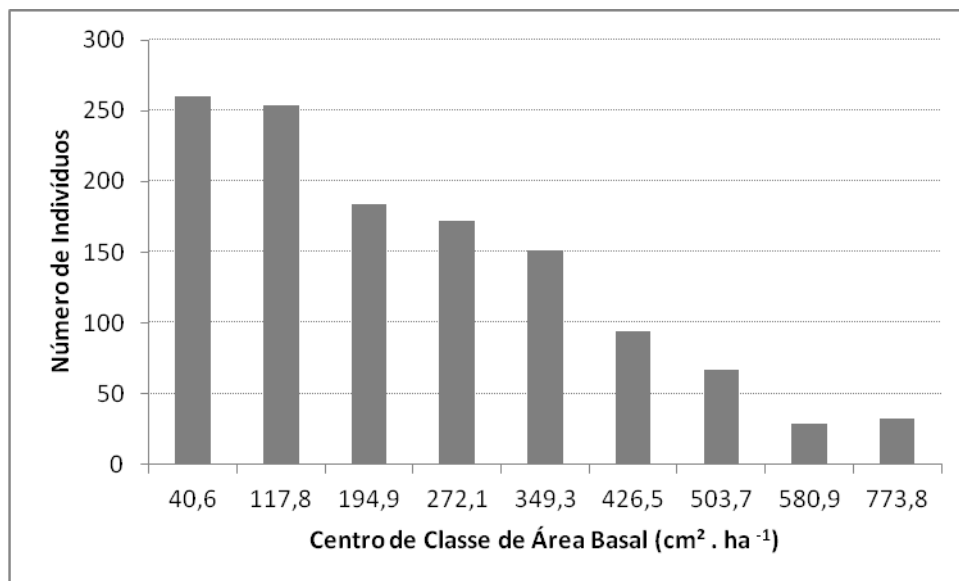


Figura 32. Distribuição em grupos de indivíduos por centro de classe de área basal.

A análise de regressão linear foi calculada através da equação:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (7)$$

onde:

- y é a variável dependente, neste caso, o tempo de corte (em segundos);
- β_0 e β_1 são os parâmetros a serem estimados do modelo;
- x é a variável independente, neste caso, o valor do centro de classe de área basal, fixo;
- ϵ é o erro associado ao modelo, também conhecido como resíduo.

Dessa forma, tendo os valores de x como o centro de cada classe de área basal e o y como a média dos tempos de corte em cada classe, temos a relação entre a área basal e o tempo de corte (Figura 33).

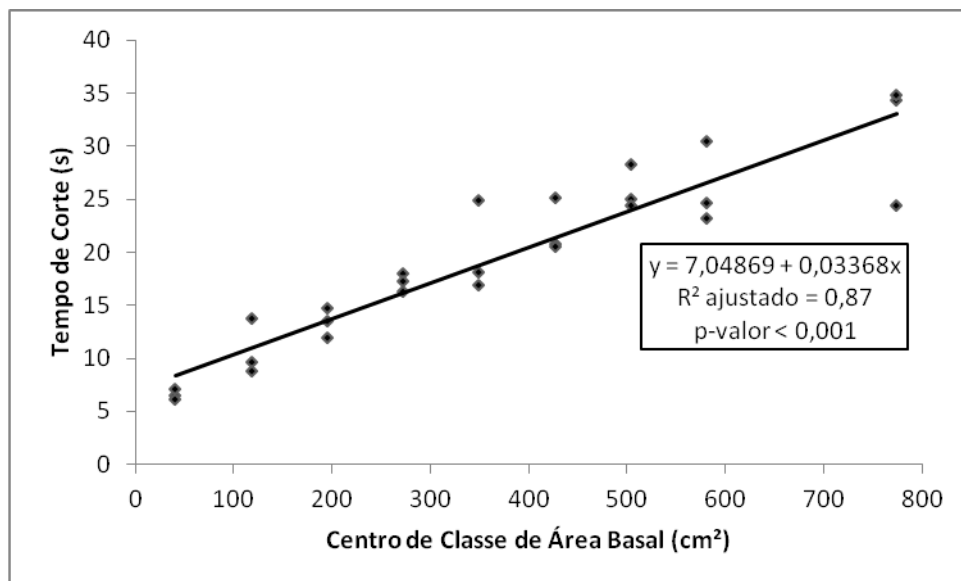


Figura 33. Relação entre centro de classe de área basal e o tempo de corte.

A variável “área basal” explica o comportamento do tempo de corte, de tal maneira que a relação entre “área basal” e “tempo de corte” existe estatisticamente.

Os resultados indicam que o tempo de corte é proporcional à área basal da árvore.

5.2.1.2 Relações entre o tempo de limpeza e a declividade

Para a avaliação das relações entre o tempo de limpeza e a declividade do terreno, foram consideradas as declividades médias do solo e as médias do tempo de deslocamento de cada parcela (Figura 34).

A observação do gráfico permite dizer que esses dados ferem as premissas do modelo linear (variância constante). Os resultados da análise corroboram essa afirmação, não havendo normalidade dos resíduos e erros padrões elevados para as estimativas dos parâmetros. Isso ocorreu devido ao aumento da variabilidade dos dados concomitante com o aumento da declividade.

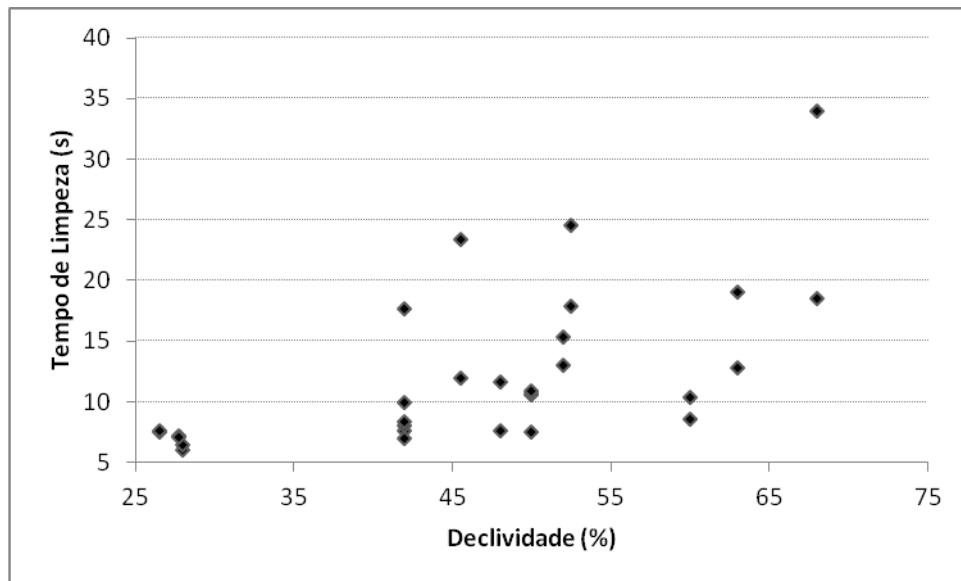


Figura 34. Relação entre o tempo de limpeza e a declividade do terreno.

Utilizando a metodologia de Box e Cox (1964), foi escolhida a transformação $\frac{1}{y}$, tendo o modelo a seguinte fórmula:

$$\frac{1}{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (8)$$

onde:

- y é a variável dependente, neste caso, o tempo de deslocamento (em segundos);
- x é a variável independente, neste caso, a declividade (em %).

Tendo os valores de x fixados pelo valor da declividade por parcela e y sendo a média do tempo de limpeza em cada parcela, temos os resultados da análise e a regressão linear inversa transformada (Figura 35).

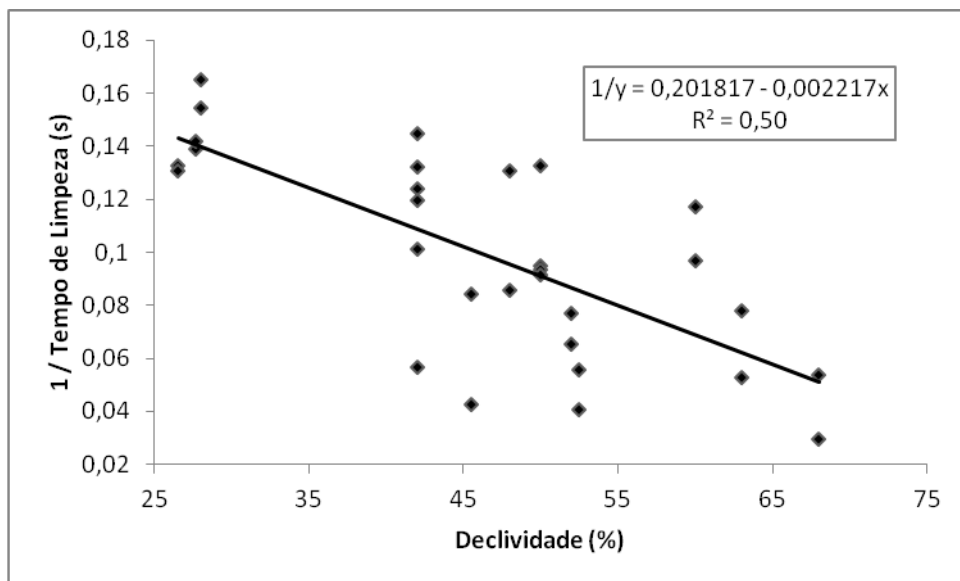


Figura 35. Relação entre o tempo transformado de limpeza e a declividade do terreno.

A Figura 36 mostra a relação entre os dados reais e estimados pela equação ajustada da relação entre tempo de limpeza e declividade.

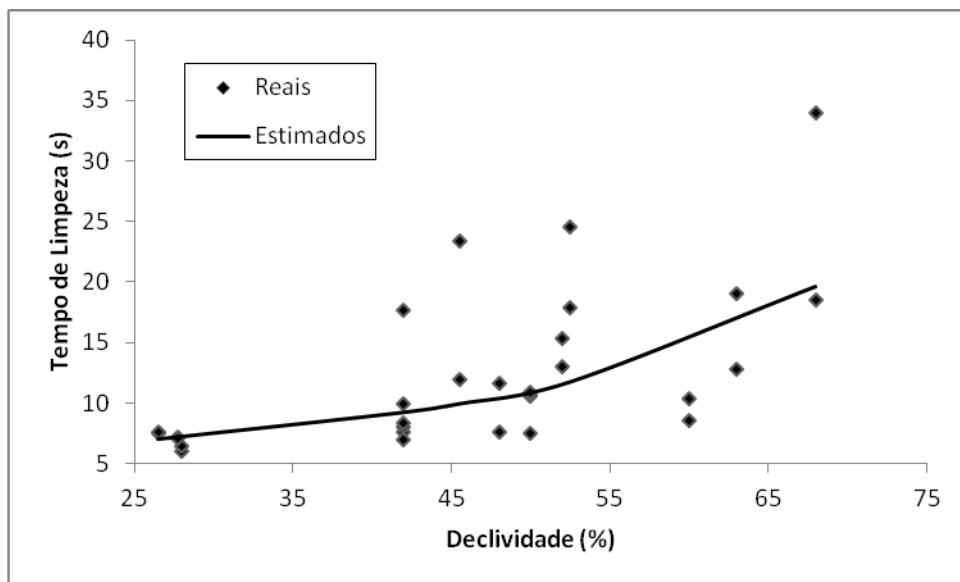


Figura 36. Relação entre dados reais e estimados do tempo de limpeza pela equação ajustada.

Após a estimação dos parâmetros do modelo linear, obtiveram-se as estimativas dos valores, podendo compará-los aos valores observados.

Na Figura 36, a variável ‘declividade’ explica o comportamento do inverso do tempo de limpeza. Dessa forma, pode-se dizer que a relação existe estatisticamente.

A variação dos valores de limpeza é explicada, em parte, pela declividade, indicando que outros fatores não controlados neste estudo também o influenciaram, tais como densidade de vegetação do sub-bosque e ausência de critério de deslocamento na área.

Observou-se que nas declividades menores do que 50% o tempo de limpeza foi menor do que o tempo de limpeza para as áreas com declividade acima de 50%. Igualmente observou-se que nas declividades acima de 50% o tempo de limpeza aumentava mais quanto maior a declividade em relação ao tempo de limpeza nas declividades menores que 50%.

Os resultados indicam que as técnicas e critérios de limpeza e deslocamento do operador de motosserra devem ser mais bem desenvolvidas em florestas localizadas em áreas montanhosas.

5.2.2 Desgalhe

Na Tabela 10, são apresentadas as atividades efetivas e gerais da operação de desgalhe.

Nos três tratamentos, as atividades gerais foram mais dispendiosas do que as atividades efetivas.

A melhor efetividade, entre os três tratamentos, foi obtida no tratamento Toras Longas, com 46,37 %, seguido pelo tratamento Árvores Inteiras, com 28,67 %, e pelo tratamento Misto, com 26,15 %.

Embora tenha a melhor efetividade, o tratamento Toras Longas apresentou o menor rendimento efetivo ($21,0937 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), isto é, demorou mais tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Por outro lado, o tratamento Misto, que apresentou a menor efetividade, teve o maior rendimento efetivo ($37,8460 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), isto é, consumiu menos tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Já o tratamento Árvores Inteiras apresentou resultados intermediários

quanto à efetividade e rendimento efetivo ($24,5260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Igualmente à operação de derrubada, Cunha e Silva (1998) e Plaster (2010) obtiveram resultados de tempo produtivo e eficiência operacional, respectivamente, significativamente superiores aos registrados, para operação de motosserra com desgalhe, permitindo afirmar que os mesmos indicam que a operação de desgalhe não está adequadamente dimensionada.

Na atividade total, o maior rendimento efetivo ($9,8983 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Misto, enquanto o menor rendimento efetivo ($7,0321 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Árvores Inteiras e o rendimento efetivo intermediário ($9,7812 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Toras Longas.

Tabela 10. Rendimentos das atividades efetivas da operação desgalhe.

Tratamentos	Atividades	Tempo		Rendimento
		(s/m ³)	(%)	(m ³ ·h ⁻¹)
Árvores Inteiras	Efetiva (AE)	146,8	28,67	24,5260
	Geral (AG)	365,2	71,33	-
	Total (AT)	512,0	100,00	7,0321
Misto	Efetiva (AE)	95,1	26,15	37,8460
	Geral (AG)	268,6	73,85	-
	Total (AT)	363,7	100,00	9,8983
Toras Longas	Efetiva (AE)	170,7	46,37	21,0937
	Geral (AG)	197,4	53,63	-
	Total (AT)	368,1	100,00	9,7812

Na Tabela 11, verifica-se que a atividade efetiva de desgalhamento consumiu maior percentagem de tempo no tratamento Toras Longas, com 85,78 %.

O tratamento Misto consumiu maior tempo percentual na atividade efetiva de deslocamento, com 40,48 %, mostrando ser menos eficiente entre os três tratamentos na ocupação do tempo no desempenho da atividade.

A atividade de desgalhamento do tratamento Misto consumiu o menor

tempo percentual, com 59,52 %, enquanto o menor consumo de tempo percentual na atividade de deslocamento foi do tratamento Toras Longas, com 14,22 %, mostrando ser mais eficiente entre os três tratamentos na ocupação do tempo no desempenho da atividade.

Nos três tratamentos, o tempo de desgalhamento foi maior do que o de deslocamento.

Tabela 11. Percentuais das atividades parciais efetivas da operação desgalhe.

Tratamentos	Atividades efetivas (AE)	Tempo	
		Efetivo (s/m ³)	AE (%)
Árvores Inteiras	Deslocamento	25,7	17,51
	Desgalhamento	121,1	82,49
	Total	146,8	100,00
Misto	Deslocamento	38,5	40,48
	Desgalhamento	56,6	59,52
	Total	95,1	100,00
Toras Longas	Deslocamento	24,3	14,22
	Desgalhamento	146,4	85,78
	Total	170,7	100,00

5.2.2.1 Tempo e local de desgalhamento

Para a avaliação da relação entre o tempo e o local de desgalhamento, utilizou-se a análise de regressão. Na Figura 37, verifica-se que o local de desgalhamento influencia no valor da variável tempo de desgalhamento. O valor de R² ajustado é apenas moderado, indicando que existem outros fatores que influenciaram na alternância da variável estudada. No sistema Árvores Inteiras, observou-se que os feixes de fustes ficavam entrelaçados devido à atividade do trator em empurrar os mesmos lateralmente com a lâmina a fim de potencializar espaço no pátio de processamento, dificultando a ação do motosserrista para alcançar os galhos a serem cortados, fazendo com que a atividade fosse executada com imperfeição e limitações operacionais. No tratamento Misto, observou-se que os feixes de

fustes chegavam no pátio do teleférico dispostos paralelamente, principalmente na região da copa, permitindo maior facilidade operacional ao motosserrista, bem como melhor qualidade operacional; contudo, tendo maior dificuldade de locomoção entre os fustes em relação ao sistema Árvores Inteiras por trabalhar em local com declividade e entre restos de galhadas acumulados. No sistema de Toras Longas, os galhos a serem cortados eram mais fáceis de serem alcançados pela motosserra em relação aos demais sistemas, permitindo um desgalhamento mais adequado em relação aos demais sistemas; entretanto, havia maior dificuldade de locomoção durante a atividade de desgalhamento junto aos fustes pelo fato de eles estarem dispostos dentro do talhão e em áreas de declividade acentuada.

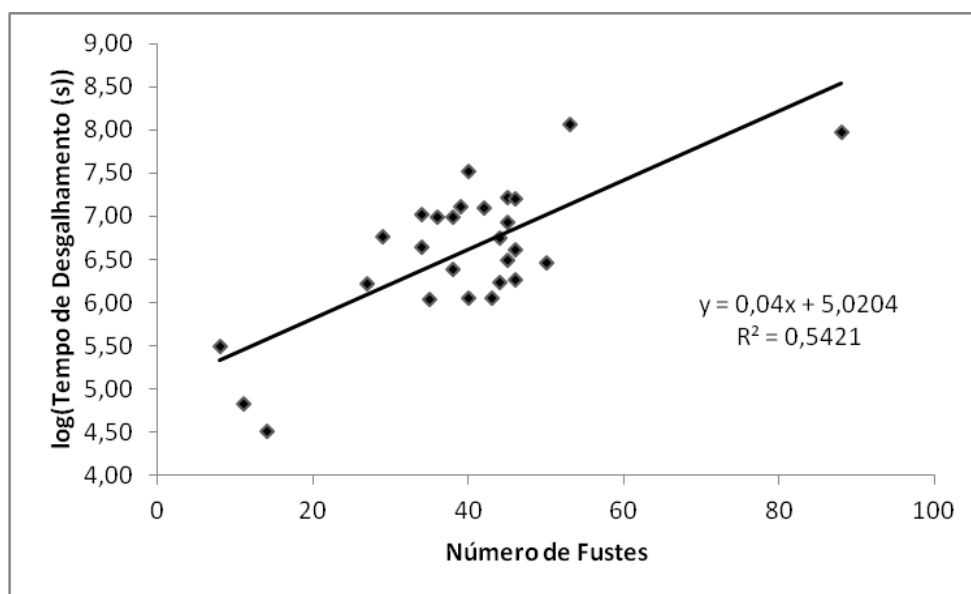


Figura 37. Relação entre o tempo e local de desgalhamento.

5.2.2.2 Avaliação das relações da atividade de deslocamento no desgalhamento e a declividade

Foi feita a avaliação da relação entre o deslocamento e a declividade na atividade de desgalhamento, mostrada na Figura 38, na qual se utilizou a transformação raiz quadrada para atender às premissas do modelo linear.

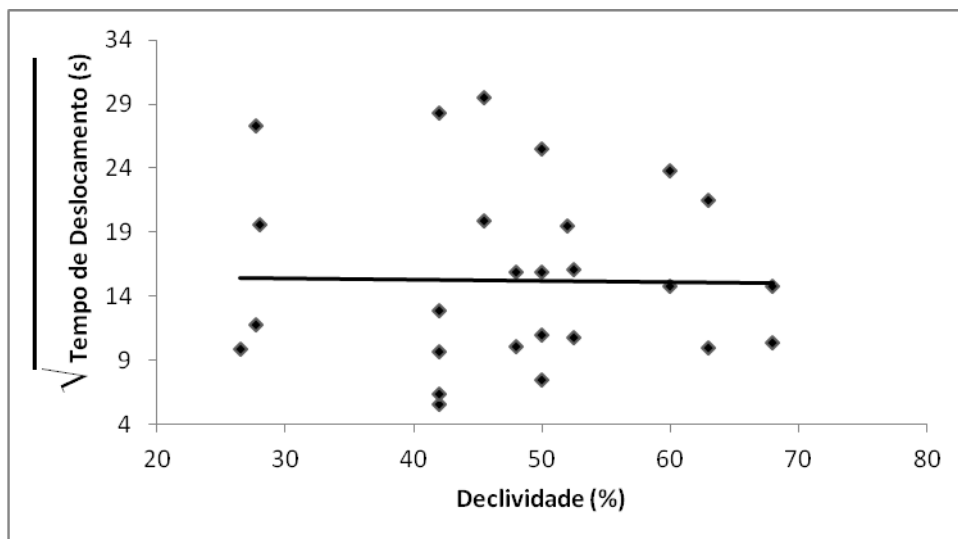


Figura 38. Relação entre a declividade e o tempo de deslocamento na fase do desganhamento.

Para avaliar os tratamentos, foi utilizado o quantitativo do desganhamento, calculado através da relação entre o tempo de desganhamento, em que se utilizou a transformação logarítmica (log) para atender às premissas do modelo linear, e o número de fustes (segundos/fuste) (p-valor < 0,05).

A análise de variância mostrou que houve efeito significativo dos tratamentos. Portanto, foi procedido o teste de Tukey para verificar quais tratamentos diferiram entre si. Os resultados podem ser vistos na Figura 39, em que as médias seguidas de letras iguais não diferem entre si.

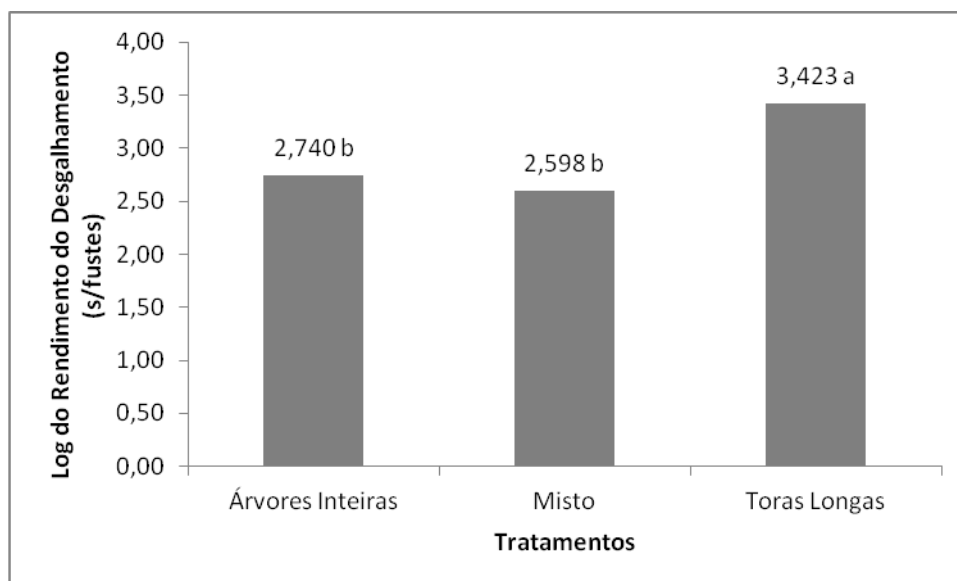


Figura 39. Comparação das médias dos rendimentos do desgalhamento dos tratamentos pelo teste de Tukey.

Na Figura 39, observa-se que o tratamento Toras Longas difere dos demais para maior quanto ao rendimento do desgalhamento. Verificou-se que o desgalhamento dos feixes no sistema Árvores Inteiras e variável Misto apresentava maior dificuldade em relação ao sistema Toras Longas, em função da disposição das copas.

No sistema Toras Longas, as árvores ficavam dispostas individualmente em formato de espinha de peixe, espalhadas no interior do talhão. Já nos demais sistemas, as árvores estavam dispostas na forma de feixes, fato que pode explicar o menor rendimento do desgalhamento.

O tratamento Misto apresentou menor tempo de desgalhamento, em relação aos demais tratamentos, visto que as galhadas dos fustes estavam próximas umas das outras diminuindo a distância de deslocamento entre uma copa e outra. Contudo, foi aumentado o grau de dificuldade de deslocamento pelo acúmulo de galhadas cortadas no local da atividade e a declividade.

5.2.3 Engate

Na Tabela 12, são apresentadas as atividades efetivas e gerais da

operação de engate.

Nos três tratamentos, as atividades efetivas foram mais dispendiosas do que as atividades gerais.

A melhor efetividade, entre os três tratamentos, foi obtida no tratamento Misto, com 67,15 %, seguido pelo tratamento Toras Longas, com 63,90 %, e pelo tratamento de Árvores Inteiras, com 51,29 %.

Embora tenha a melhor efetividade, o tratamento Misto apresentou o menor rendimento efetivo ($3,5726 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), isto é, consumiu mais tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Por outro lado, o tratamento Árvores Inteiras, que apresentou a menor efetividade, teve o maior rendimento efetivo ($4,4724 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), isto é, consumiu menos tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Já o tratamento Toras Longas, apresentou resultados intermediários quanto à efetividade e rendimento efetivo ($4,0353 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Na atividade total, o maior rendimento efetivo ($2,5786 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Toras Longas, enquanto o menor rendimento efetivo ($2,2938 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Árvores Inteiras e o rendimento efetivo intermediário ($2,3989 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Misto.

Tabela 12. Rendimentos das atividades efetivas da operação engate.

Tratamentos	Atividades	Tempo		Rendimento
		(s/m ³)	(%)	(m ³ .h ⁻¹)
Árvores Inteiras	Efetiva (AE)	804,9	51,29	4,4724
	Geral (AG)	764,5	48,71	-
	Total (AT)	1569,4	100,00	2,2938
Misto	Efetiva (AE)	1007,6	67,15	3,5726
	Geral (AG)	493,0	32,85	-
	Total (AT)	1500,6	100,00	2,3989
Toras Longas	Efetiva (AE)	892,1	63,90	4,0353
	Geral (AG)	504,0	36,10	-
	Total (AT)	1396,1	100,00	2,5786

Na Tabela 13, verifica-se que a atividade efetiva de espera consumiu maior percentagem de tempo nos três tratamentos, com 62,64% para o tratamento Árvores Inteiras, 59,09% para o tratamento Toras Longas e 58,72% para o tratamento Misto, mostrando que a equipe passava mais da metade do tempo ociosa, aguardando a execução das atividades de deslocamentos e descarregamento na operação de extração.

A atividade efetiva de engate consumiu menor percentagem de tempo nos três tratamentos, mesmo sendo atividade fim da operação, mostrando ser a mais eficiente entre as demais, com 15,43% para o tratamento Toras Longas, 14,76% para o tratamento Misto e 11,18% para o tratamento Árvores Inteiras.

A atividade efetiva de deslocamento apresentou proximidade de percentagem de tempos entre si, consumindo tempos intermediários nos três tratamentos, com 26,52% para o tratamento Misto, 26,18% para o tratamento Árvores Inteiras e 25,48% para o tratamento Toras Longas.

Nos três tratamentos, o tempo percentual de espera foi maior do que a soma dos tempos percentuais de deslocamento e engate, bem como os menores tempos percentuais foram de engate, sendo que os tempos percentuais de deslocamento foram intermediários.

No tratamento Misto, o tempo percentual de engate foi o maior e o tempo de espera foi o menor nos três tratamentos, mostrando maior eficiência no aproveitamento do tempo.

Tabela 13. Percentuais das atividades parciais efetivas da operação engate.

Tratamentos	Atividades efetivas (AE)	Tempo	
		Efetivo (s/m ³)	AE (%)
Árvores Inteiras	Deslocamento	210,7	26,18
	Espera	504,2	62,64
	Engate	90,0	11,18
	Total	804,9	100,00
Misto	Deslocamento	267,2	26,52
	Espera	591,7	58,72
	Engate	148,7	14,76
	Total	1007,6	100,00
Toras Longas	Deslocamento	227,3	25,48
	Espera	527,1	59,09
	Engate	137,7	15,43
	Total	892,1	100,00

5.2.3.1 Relações entre a atividade de deslocamento no engate de árvores e a declividade do terreno

Na avaliação da relação entre o tempo de deslocamento no engate de árvores e a declividade, ajustou-se uma reta para os dados, conforme Figura 40.

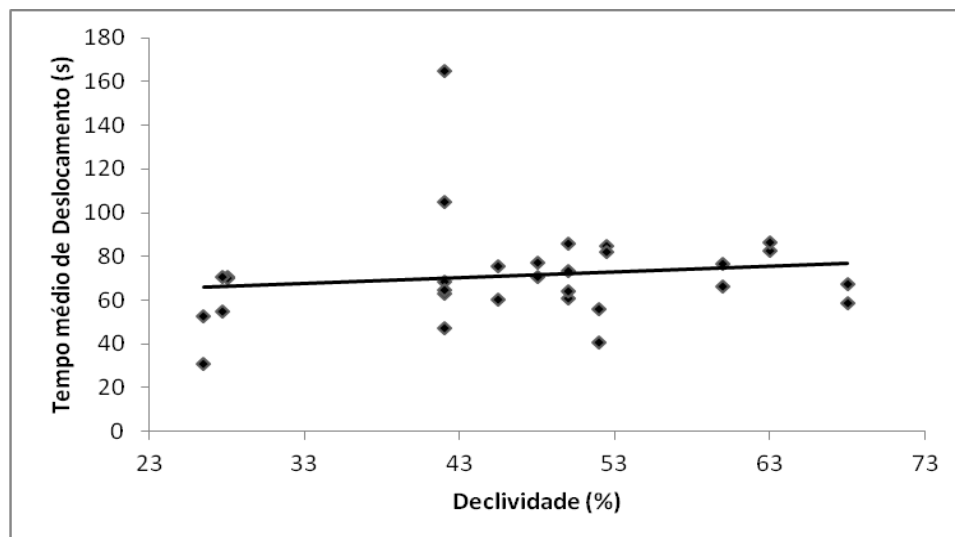


Figura 40. Relação entre tempo médio de deslocamento no engate de árvores e a declividade.

Para atender às premissas do modelo linear, foi necessário transformar a variável através de logaritmo (log). Foi aplicada análise de regressão para verificar se havia efeito significativo da declividade no tempo médio de deslocamento. Constatou-se que não houve efeito significativo da declividade, portanto, não há evidência de que a declividade influencia o tempo médio de deslocamento no engate.

Como a operação de engate de árvores não é adequadamente dimensionada, a ação de deslocamento não necessitou ser rápida, sendo essa a principal razão para a declividade não influenciar na atividade de deslocamento.

5.2.3.2 Avaliação das relações das atividades de deslocamento, espera e engate de árvores nos tratamentos

Foi avaliado o tempo de deslocamento, tempo de espera e tempo de engate de fustes nos tratamentos por intermédio da análise de variância do modelo de médias.

Há diferença significativa entre os tratamentos apenas na variável “deslocamento” (p-valor < 0,05). Para essa variável, fez-se o teste de comparações múltiplas de Tukey para avaliar quais tratamentos diferem entre si.

O resultado do teste está exposto na Figura 41. Para as variáveis “espera” e “engate”, não há evidências de efeito dos tratamentos nos dados avaliados.

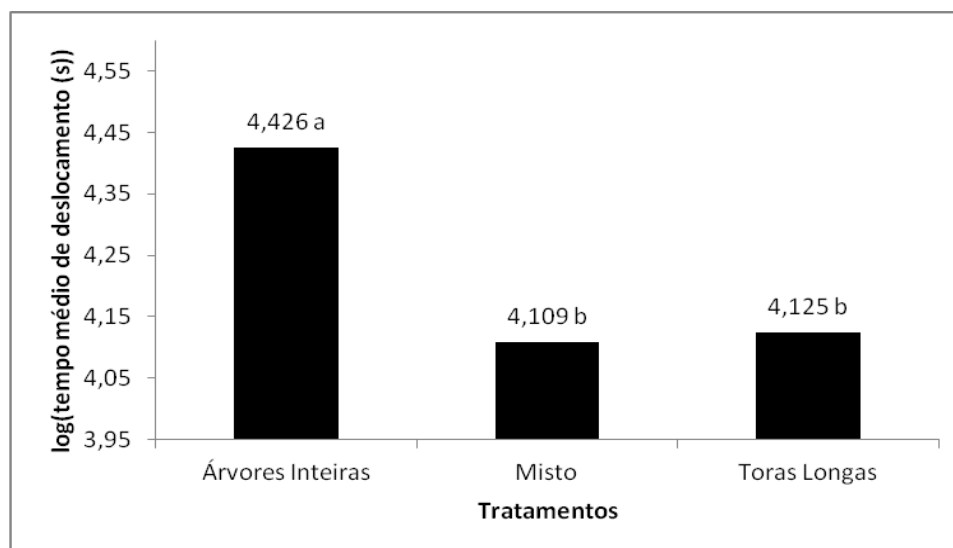


Figura 41. Comparação do tempo médio de deslocamento de acordo com os tratamentos.

Nos tratamentos Árvores Inteiras e Misto, os fustes permaneciam com galhada; no tratamento Toras Longas, a galhada já estava separada dos fustes durante a operação de engate.

Os tempos da atividade de deslocamento não foram afetados pela atividade de desgalhamento, uma vez que nos tratamentos Árvores Inteiras e Misto o desgalhamento foi efetuado após a operação de engate e apresentaram tempos de deslocamento estatisticamente diferentes.

Os tratamentos Misto e Toras Longas apresentaram tempos de deslocamento na operação de engate estatisticamente iguais, porém tinham aspectos de desgalhamento diferentes, uma vez que no tratamento Misto foi realizado após a atividade de deslocamento e no tratamento Toras Longas o desgalhamento foi realizado antes do deslocamento, na operação de engate.

Pode-se afirmar que houve uma variável distinta do desgalhamento que influenciou no tempo de deslocamento na operação de engate.

Na Figura 42, está o gráfico contendo as médias e os desvios- padrão para a variável que não foi significativa no teste F para a atividade “espera”.

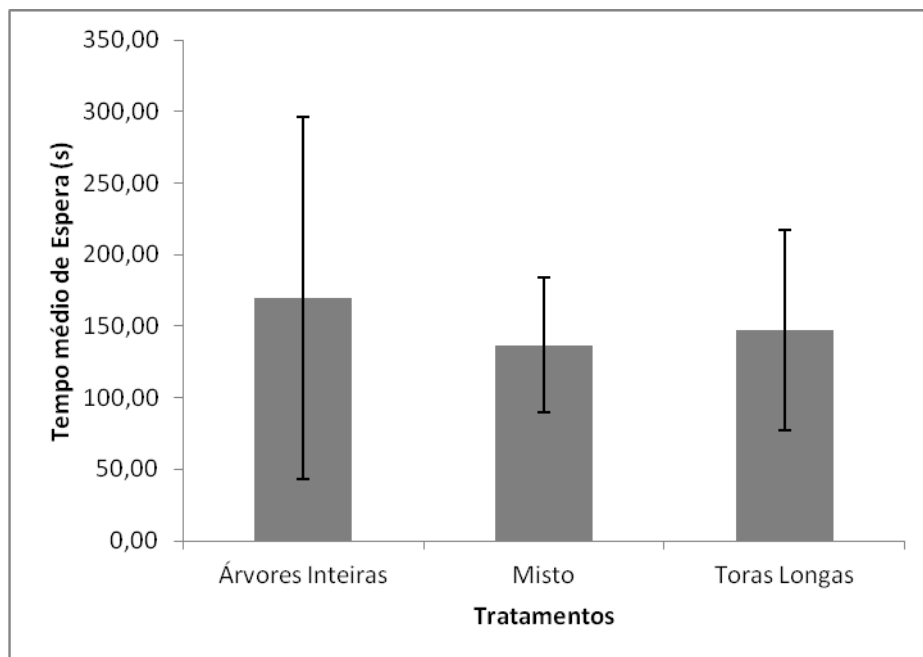


Figura 42. Médias e desvios padrões (na barra de erros) para as variáveis não significativas estudadas na atividade de espera.

Na Figura 43, está o gráfico contendo as médias e os desvios- padrão para a variável que não foi significativa no teste F para a atividade “engate”.

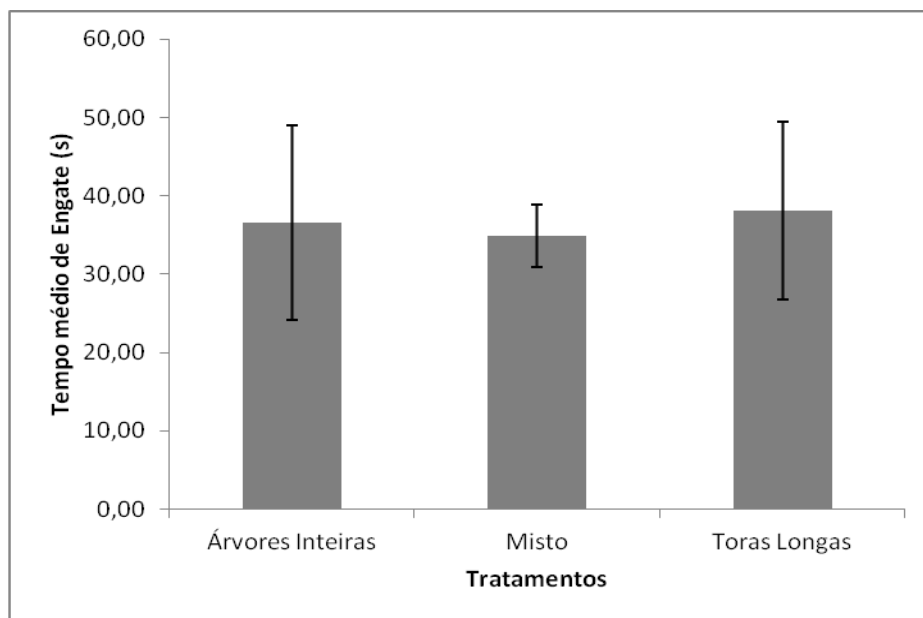


Figura 43. Médias e desvios padrões (na barra de erros) para as variáveis não significativas estudadas na atividade de engate.

5.2.4 Extração

Na Tabela 14, são apresentadas as atividades efetivas e gerais da operação de extração.

Nos três tratamentos, as atividades efetivas despenderam mais tempo do que as atividades gerais.

A melhor efetividade foi obtida no tratamento Misto, com 56,68 %, seguido pelo tratamento Toras Longas, com 56,55%, e pelo tratamento de Árvores Inteiras, com 55,52%. Observou-se que as atividades efetivas nos três tratamentos foram percentualmente próximas.

Embora tenha a melhor efetividade, o tratamento Misto apresentou rendimento efetivo intermediário ($14,6715 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$).

Por outro lado, o tratamento Árvores Inteiras, que apresentou a menor efetividade, teve o maior rendimento efetivo ($14,9621 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$), isto é, consumiu menos tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Já o tratamento Toras Longas apresentou resultado intermediário quanto à efetividade e o menor rendimento efetivo ($14,3271 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) isto é, consumiu mais tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Os tratamentos apresentaram resultados próximos na atividade total, contudo o maior rendimento efetivo ($8,3167 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi constatado no tratamento Misto, enquanto o menor rendimento efetivo ($8,1017 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi observado no tratamento Toras Longas e o rendimento efetivo intermediário ($8,3075 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Árvores Inteiras.

Tabela 14. Rendimentos das atividades efetivas da operação extração.

Tratamentos	Atividades	Tempo		Rendimento
		(s/m ³)	(%)	(m ³ .h ⁻¹)
Árvores Inteiras	Efetiva (AE)	240,5	55,52	14,9621
	Geral (AG)	192,7	44,48	-
	Total (AT)	433,2	100,00	8,3075
Misto	Efetiva (AE)	245,3	56,68	14,6715
	Geral (AG)	187,5	43,32	-
	Total (AT)	432,8	100,00	8,3167
Toras Longas	Efetiva (AE)	251,3	56,55	14,3271
	Geral (AG)	193,1	43,45	-
	Total (AT)	444,4	100,00	8,1017

Na Tabela 15, verifica-se que a atividade efetiva de carregamento consumiu maior percentagem de tempo nos três tratamentos, com 56,63% para o tratamento Árvores Inteiras, 52,05% para o tratamento Toras Longas e 50,79% para o tratamento Misto.

A atividade efetiva de deslocamento sem carga consumiu menor percentagem de tempo nos três tratamentos, com 10,20% para o tratamento Misto, 6,58% para o tratamento Toras Longas e 5,34% para o tratamento Árvores Inteiras.

A atividade efetiva de deslocamento com carga apresentou nos três tratamentos proximidade em termos percentuais: 20,26% para o tratamento Misto, 20,46% para o tratamento Árvores Inteiras e 21,87% para o tratamento Toras Longas.

A atividade efetiva de descarregamento consumiu percentualmente os tempos de 19,50% para o tratamento Toras Longas, 18,75% para o tratamento Misto e 17,57% para o tratamento Árvores Inteiras.

Nos três tratamentos, o tempo percentual de carregamento foi maior do que a soma dos tempos percentuais das demais atividades. Na ordem crescente nos três tratamentos, os tempos percentuais foram de deslocamento sem carga, descarregamento, deslocamento com carga e carregamento.

Tabela 15. Percentuais das atividades parciais efetivas da operação extração.

Tratamentos	Atividades efetivas (AE)	Tempo	
		Efetivo (s/m ³)	AE (%)
Árvores Inteiras	Deslocamento sem carga	12,9	5,34
	Carregamento	136,2	56,63
	Deslocamento com carga	49,2	20,46
	Descarregamento	42,2	17,57
	Total	240,5	100,00
Misto	Deslocamento sem carga	25,0	10,20
	Carregamento	124,6	50,79
	Deslocamento com carga	49,7	20,26
	Descarregamento	46,0	18,75
	Total	245,3	100,00
Toras Longas	Deslocamento sem carga	16,5	6,58
	Carregamento	130,8	52,05
	Deslocamento com carga	55,0	21,87
	Descarregamento	49,0	19,50
	Total	251,3	100,00

5.2.4.1 Avaliação dos tratamentos na extração

Como procedimento de avaliação estatística, foi adotada a análise de variância para cada tratamento no modelo de médias, das variáveis “velocidade de deslocamento sem carga (m/s)”, “carregamento (fustes/s)”, “velocidade de deslocamento com carga (m/s)”, “descarregamento (fustes/s)”.

A Figura 44 contém as médias e desvios-padrão da variável “carregamento” para cada tratamento.

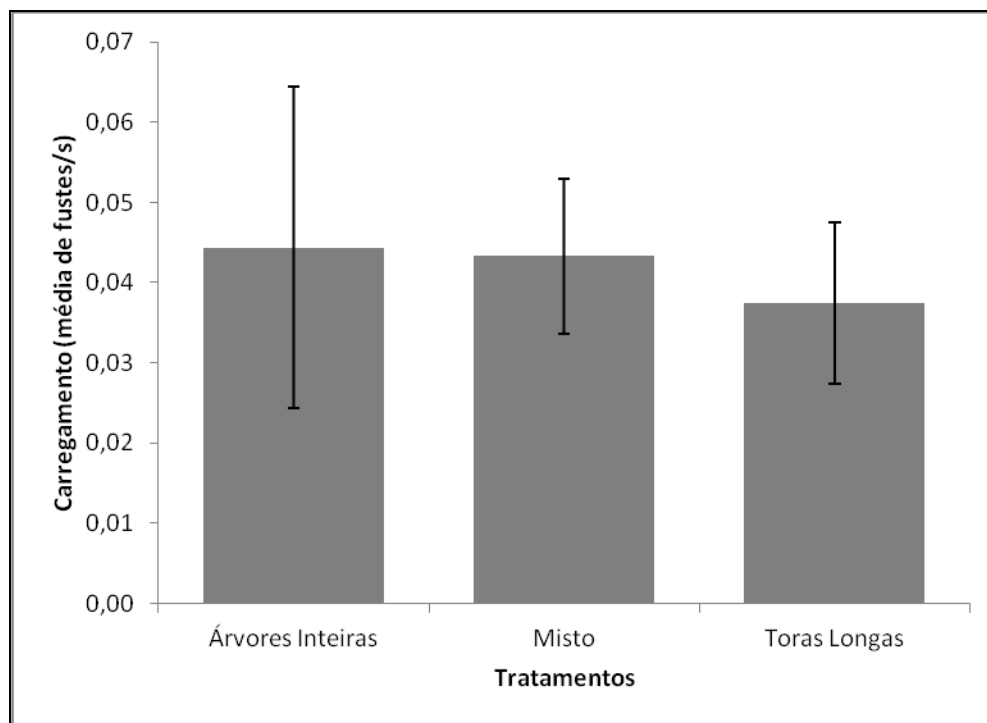


Figura 44. Médias e desvios-padrão da variável “carregamento” nos tratamentos.

A Figura 44 mostra que não houve efeito significativo da atividade estudada “carregamento”.

A Figura 45 contém as médias e desvios-padrão da variável “descarregamento” para cada tratamento.

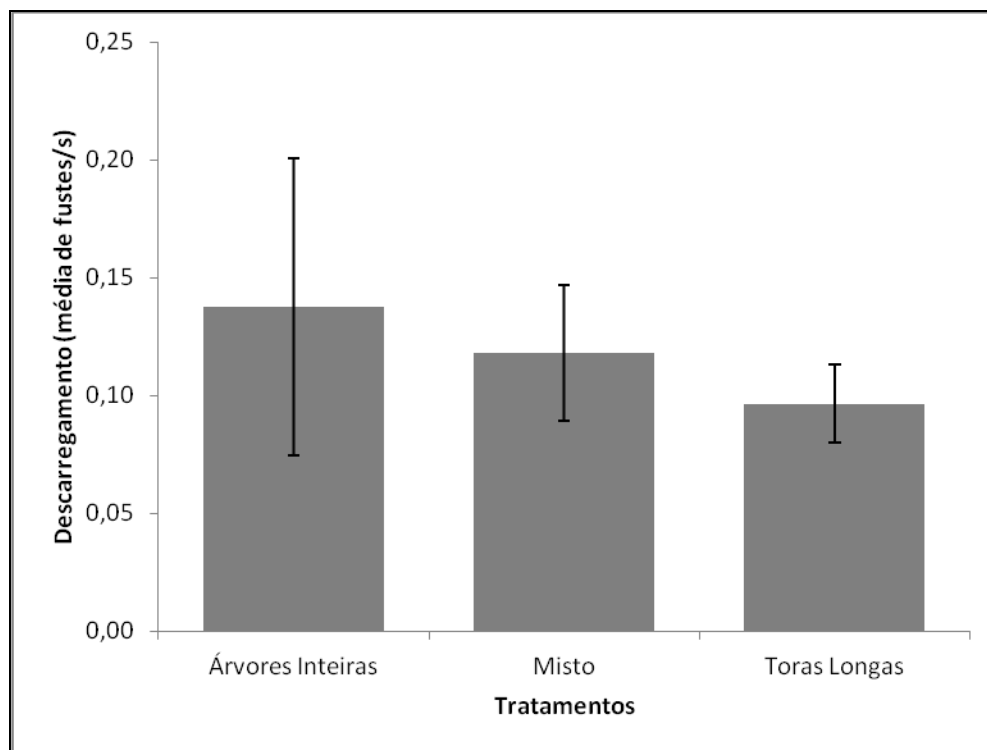


Figura 45. Médias e desvios-padrão da variável “descarregamento” nos tratamentos.

A Figura 45 revela que não houve efeito significativo da atividade estudada “descarregamento”.

A Figura 46 encerra as médias e desvios-padrão da variável “velocidade de deslocamento sem carga” para cada tratamento.

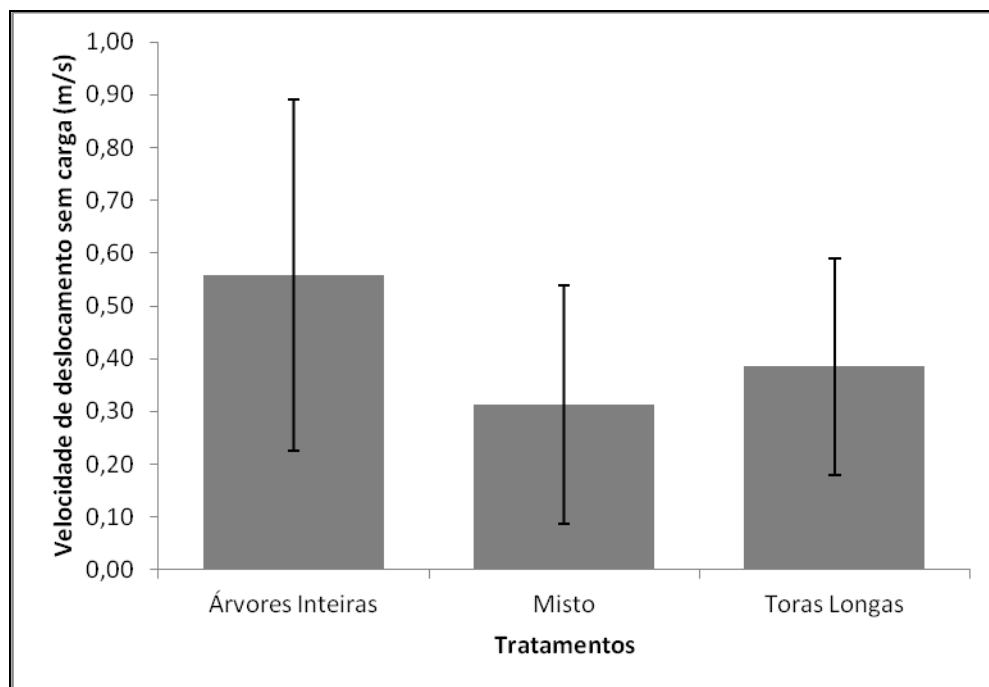


Figura 46. Médias e desvios-padrão da variável velocidade de deslocamento sem carga nos tratamentos.

A Figura 46 mostra que não houve efeito significativo da atividade estudada na variável “velocidade de deslocamento sem carga”.

A Figura 47 contém as médias e desvios-padrão da variável “velocidade de deslocamento com carga” para cada tratamento.

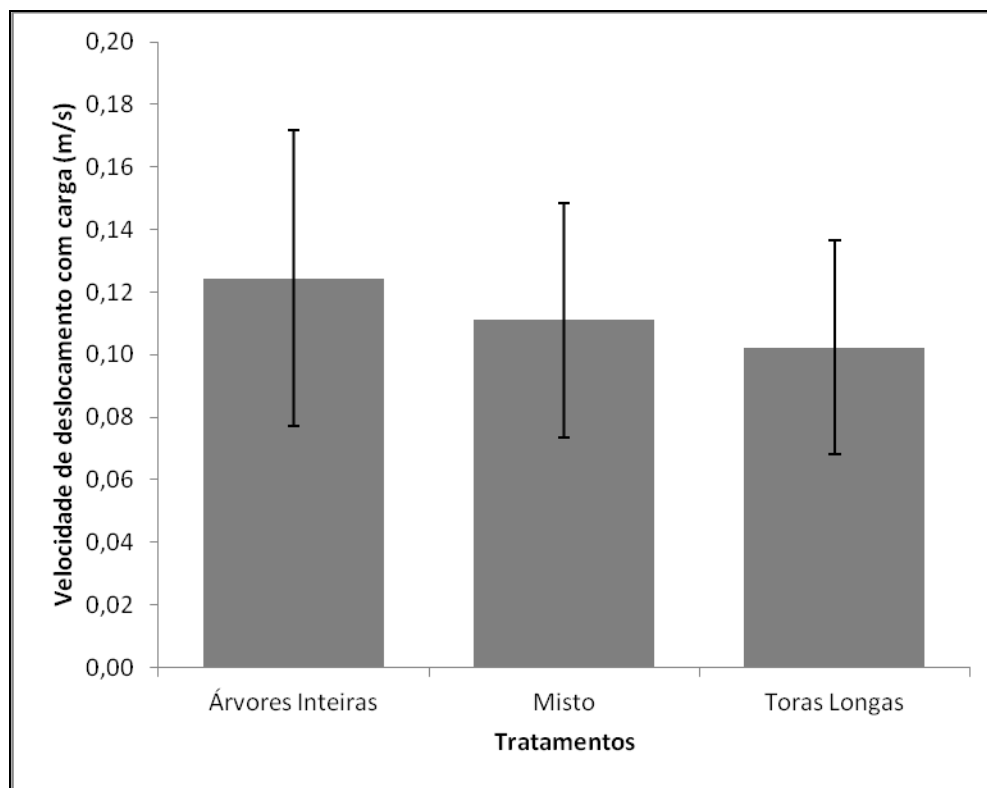


Figura 47. Médias e desvios-padrão da variável velocidade de descolamento com carga nos tratamentos.

A Figura 47 mostra que não houve efeito significativo da atividade estudada na variável “velocidade de descolamento com carga”.

5.2.4.2 Avaliação da relação entre as atividades de carregamento e descarregamento no teleférico

Foi verificada a relação entre o carregamento e o descarregamento e também entre deslocamento com carga e deslocamento sem carga. A relação entre carregamento e descarregamento é mostrada na Figura 48, gerando uma regressão linear significativa (p -valor $<0,001$), mesmo apresentando uma grande dispersão de dados.

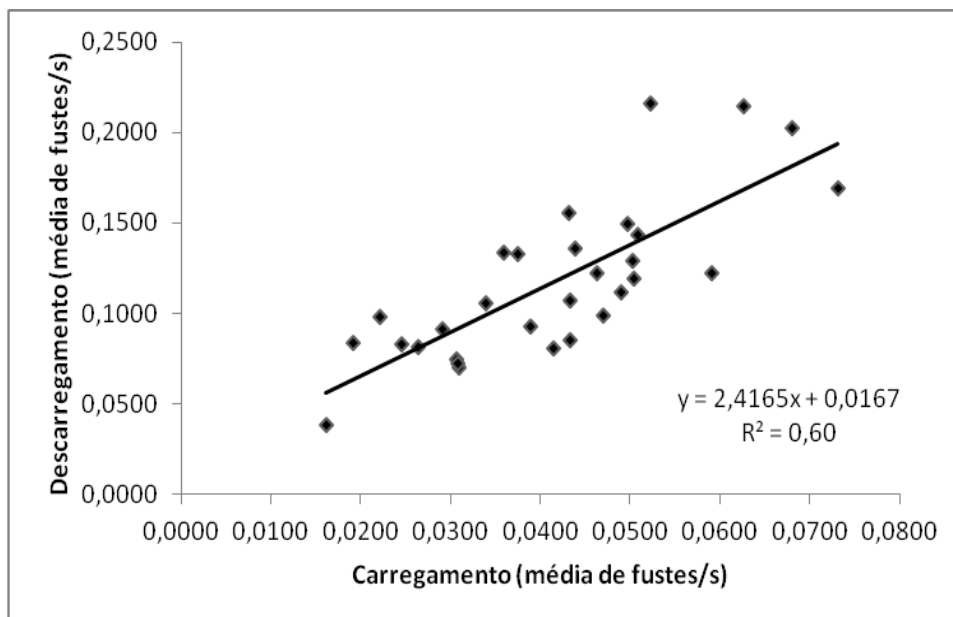


Figura 48. Relação entre o tempo de carregamento e descarregamento na operação de extração com teleférico.

Observou-se durante as atividades de carregamento e descarregamento uma falta de metodologia e sistematização operacional, razão pela qual se encontrou grande variação de tempos nessas atividades.

Conclui-se que a atividade de descarregamento é mais rápida que a atividade de carregamento para uma mesma quantidade de fustes.

Na Figura 49, a relação moderada ($R^2 = 0,54$) entre deslocamento com carga e deslocamento sem carga é significativa, porém a alta variabilidade dos dados desfavorece a relação carregamento e descarregamento.

A atividade de deslocamento sem carga é significativamente mais rápida que a atividade de deslocamento com carga. O deslocamento sem carga ocorre por gravidade, tendo somente o peso do carrinho e necessidade de uso de freio no momento adequado. A atividade de deslocamento com carga, além do peso do carrinho, desloca o peso dos fustes e é tracionado em sentido ascendente, tendo a necessidade de cuidados para evitar acidentes e quebras de equipamentos.

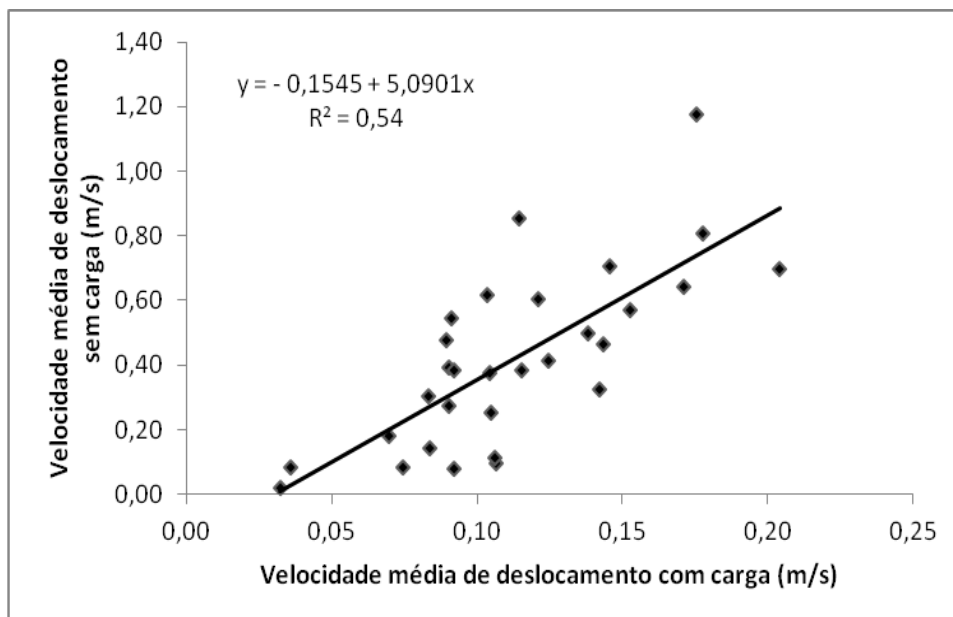


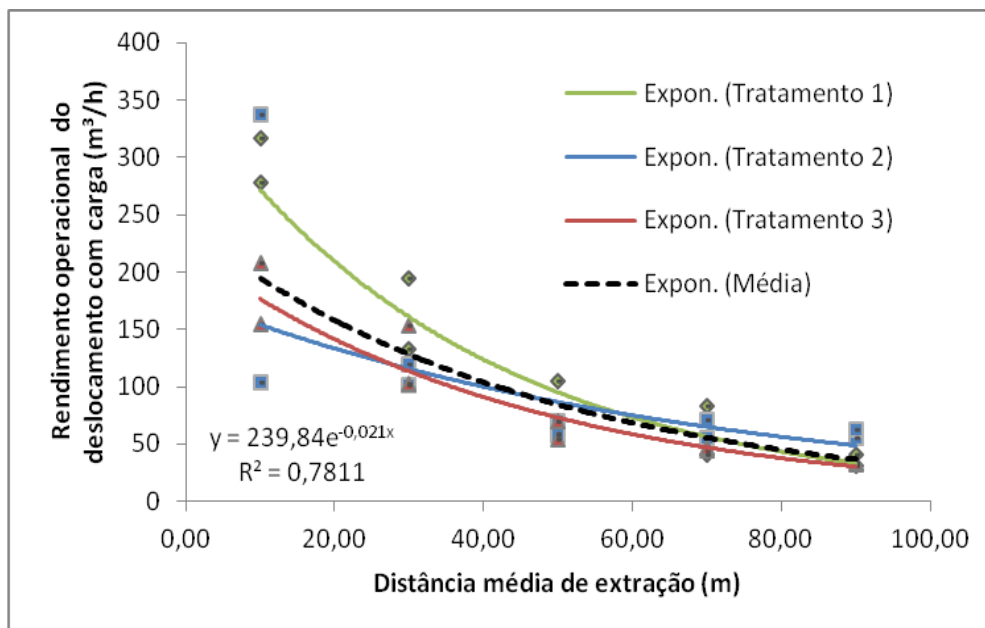
Figura 49. Relação entre a velocidade média de deslocamentos com carga e deslocamento sem carga na operação de extração com teleférico.

5.2.4.3 Avaliação das relações das atividades de extração com o teleférico e distância

Foi relacionado o rendimento operacional do deslocamento com carga ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) com a distância de extração. O cálculo desse rendimento foi realizado através da razão entre o volume de fustes, em m^3 , pelo tempo de deslocamento com carga, em horas. O volume de fustes foi estimado através da quantidade multiplicada pelo volume médio por fuste ($0,209432 \text{ m}^3$).

Realizou-se análise de covariância linear para verificar se existe efeito do tratamento nesta relação, mostrada na Figura 50. Neste caso, os parâmetros não foram significativos; dessa forma, considera-se apenas a curva média (tracejada) que explica essa relação.

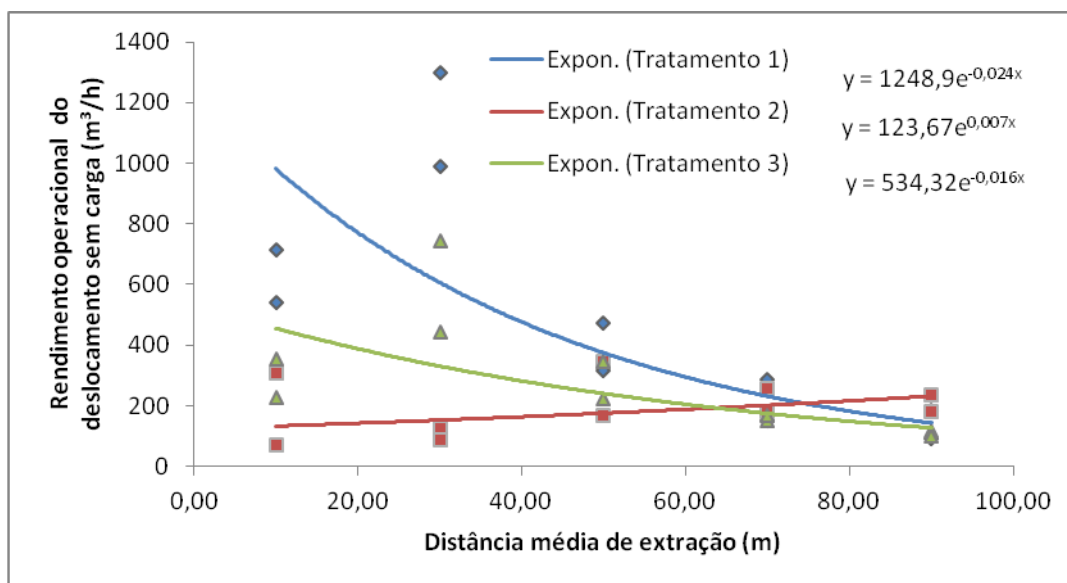
Observa-se alta variação na menor distância de extração (10 m), indicando que existem outros fatores que podem influenciar o rendimento a curtas distâncias, tais como proximidade dos fustes com o pátio do teleférico, fustes tombados diretamente sobre o pátio dispensando locomoção com o teleférico.



Tratamentos: 1 – Árvores Inteiras; 2 – Misto; 3 – Toras Longas

Figura 50. Rendimento operacional do deslocamento com carga em função da distância de extração.

Da mesma forma, foi realizado o estudo da relação entre o rendimento operacional do deslocamento sem carga com a distância média de extração. A Figura 51 mostra que, mesmo com a alta variabilidade dos dados, há diferentes curvas para cada tratamento. Portanto, foram ajustadas diferentes regressões para cada tratamento, originando a Tabela 16, que contém as equações e o valor de R^2 para cada tratamento.



Tratamentos: 1 – Árvores Inteiras; 2 – Misto; 3- Toras Longas

Figura 51. Rendimento operacional do deslocamento sem carga em função da distância de extração.

Tabela 16. Equações e estatística R^2 para cada tratamento na relação entre o rendimento operacional do deslocamento sem carga e a distância média de extração.

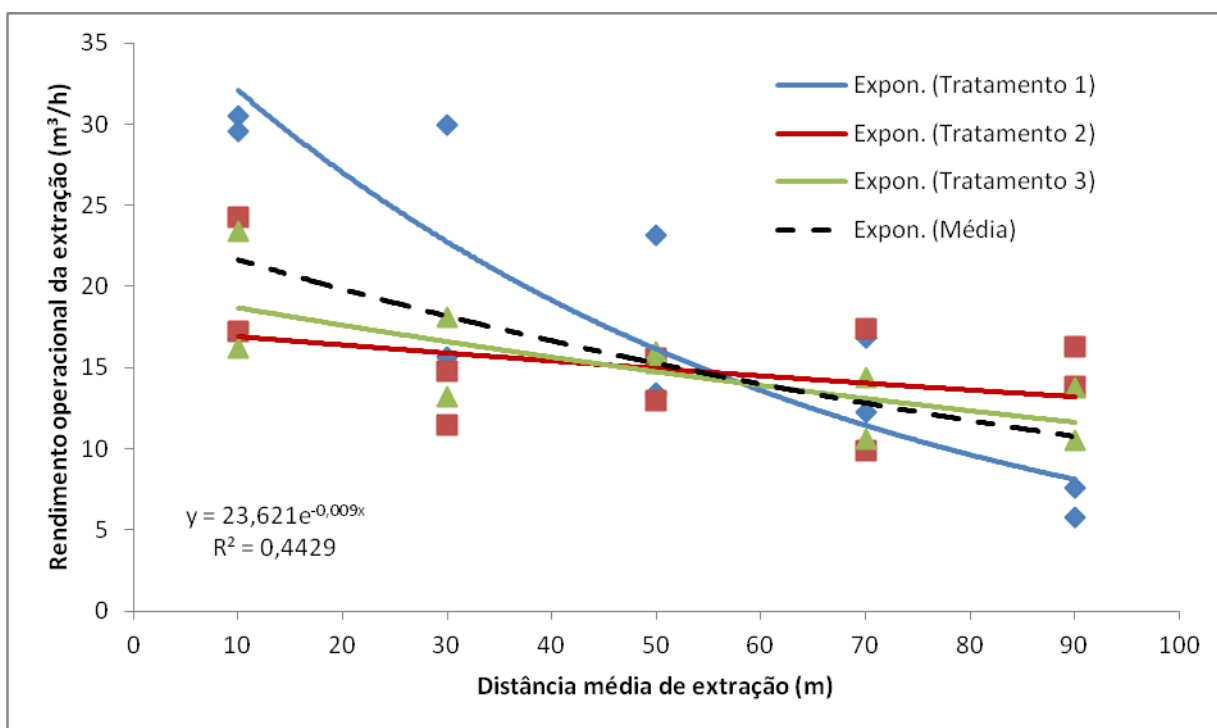
Tratamento	Equação	R^2
Árvores Inteiras	$y = 1248,9e^{-0,024x}$	0,71
Misto	$y = 123,67e^{0,007x}$	0,16
Toras Longas	$y = 534,32e^{-0,016x}$	0,58

Foi relacionado o rendimento operacional da extração ($m^3.h^{-1}$) com a distância. O cálculo desse rendimento foi realizado através da razão entre o volume de fustes, em m^3 , pelo tempo da extração, em horas. O volume de fustes foi estimado através da quantidade multiplicada pelo volume médio por fuste ($0,209432 m^3$).

Realizou-se a análise de covariância linear para verificar se existe efeito do tratamento nesta relação, mostrada na Figura 52. Neste caso, os parâmetros não foram significativos; dessa forma, considera-se apenas a curva média (tracejada) que explica essa relação.

Observa-se alta variação na menor distância de extração (10 m), indicando que existem outros fatores que podem influenciar o rendimento a curtas distâncias, tais como proximidade dos fustes com o pátio do teleférico, fustes tombados diretamente sobre o pátio dispensando locomoção com o teleférico.

Nas distancias médias iniciais, o tratamento Árvores Inteiras apresenta maior produtividade em relação aos demais tratamentos e à média e nas distâncias médias finais o mesmo apresenta menor produtividade em relação aos demais tratamentos e à média, havendo uma inversão de rendimentos entre as distâncias de 50 e 60 metros, onde todos os rendimentos dos tratamentos estudados coincidem.



Tratamentos: 1 – Árvores Inteiras; 2 – Misto; 3 – Toras Longas

Figura 52. Rendimento operacional da extração em função da distância média

5.2.5 Arraste

Na Tabela 17, são apresentadas as atividades efetivas e gerais da operação de arraste.

Nos três tratamentos, as atividades efetivas despenderam mais tempo do que as atividades gerais.

A melhor efetividade foi obtida no tratamento Toras Longas, com 82,21%, seguido pelo tratamento Misto, com 62,23%, e pelo tratamento de Árvores Inteiras, com 59,97%.

A atividade geral apresentou o menor consumo de tempo por volume produzido no tratamento Toras Longas, com 106,9 s/m³, significativamente abaixo dos demais tratamentos avaliados, demonstrando menor tempo investido em atividades não produtivas e permitindo avaliar que é perfeitamente possível reduzir o tempo de atividades gerais na operação de arraste.

Embora tenha a melhor efetividade, o tratamento Toras Longas apresentou rendimento efetivo intermediário (7,2876 m³.h⁻¹).

Por outro lado, o tratamento Árvores Inteiras, que apresentou a menor efetividade, teve igualmente o menor rendimento efetivo (6,4747 m³.h⁻¹), isto é, consumiu mais tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Já o tratamento Misto, apresentou resultado intermediário quanto à efetividade e o maior rendimento efetivo (8,4215 m³.h⁻¹), isto é, consumiu menos tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Na atividade total, o maior rendimento efetivo (5,9908 m³.h⁻¹) foi apresentado pelo tratamento Toras Longas, seguramente influenciado pelo tempo gasto nas atividades gerais. O menor rendimento efetivo (3,8821 m³.h⁻¹) foi apresentado pelo tratamento Árvores Inteiras, no qual foi constatado o maior tempo de atividades gerais entre os três tratamentos estudados. O rendimento efetivo intermediário (5,2410 m³.h⁻¹) foi apresentado pelo tratamento Misto.

Tabela 17. Rendimentos das atividades efetivas da operação arraste.

Tratamentos	Atividades	Tempo		Rendimento
		(s/m ³)	(%)	(m ³ .h ⁻¹)
Árvores Inteiras	Efetiva (AE)	556,3	59,97	6,4747
	Geral (AG)	371,3	40,03	-
	Total (AT)	927,6	100,00	3,8821
Misto	Efetiva (AE)	427,5	62,23	8,4215
	Geral (AG)	259,4	37,77	-
	Total (AT)	686,9	100,00	5,2410
Toras Longas	Efetiva (AE)	494,0	82,21	7,2876
	Geral (AG)	106,9	17,79	-
	Total (AT)	600,9	100,00	5,9908

Na Tabela 18, verifica-se que a atividade efetiva de carregamento consumiu maior percentagem de tempo nos três tratamentos, com 51,27% para o tratamento Árvores Inteiras, 43,72% para o tratamento Misto e 40,73% para o tratamento Toras Longas.

A atividade efetiva de deslocamento com carga consumiu menor percentagem de tempo nos três tratamentos, mesmo sendo atividade fim da operação, mostrando ser a mais eficiente entre as demais, com 12,59% para o tratamento Misto, 12,05% para o tratamento Toras Longas e 5,85% para o tratamento Árvores Inteiras.

A atividade efetiva de deslocamento sem carga variou de 31,23% do tempo percentual no tratamento Toras Longas a 20,30% no tratamento Misto, apresentando resultado intermediário de 30,85% no tratamento Árvores Inteiras.

A atividade efetiva de descarregamento variou de 23,39% do tempo percentual no tratamento Misto a 12,03% no tratamento Árvores Inteiras, apresentando resultado intermediário de 15,99% no tratamento Toras Longas.

Tabela 18. Percentuais das atividades parciais efetivas da operação arraste.

Tratamentos	Atividades efetivas (AE)	Tempo	
		Efetivo (s/m ³)	AE (%)
Árvores Inteiras	Carregamento	285,2	51,27
	Deslocamento com carga	32,6	5,85
	Descarregamento	66,9	12,03
	Deslocamento sem carga	171,6	30,85
	Total	556,3	100,00
Misto	Carregamento	186,9	43,72
	Deslocamento com carga	53,8	12,59
	Descarregamento	100,0	23,39
	Deslocamento sem carga	86,8	20,30
	Total	427,5	100,00
Toras Longas	Carregamento	201,2	40,73
	Deslocamento com carga	59,5	12,05
	Descarregamento	79,0	15,99
	Deslocamento sem carga	154,3	31,23
	Total	494,0	100,00

5.2.5.1 Avaliação dos tratamentos no arraste de fustes

No arraste de fustes, foi avaliada a transferência de fustes do pátio do teleférico até o pátio do processador. As variáveis são: “carregamento (fustes/min)”, “velocidade de deslocamento com carga (m/s)”, “descarregamento (fustes/min)” e “velocidade de deslocamento sem carga (m/s)”.

Na Figura 53, o gráfico mostra as médias e os desvios-padrão nas barras de erro, e que não houve efeito significativo da atividade “carregamento”.

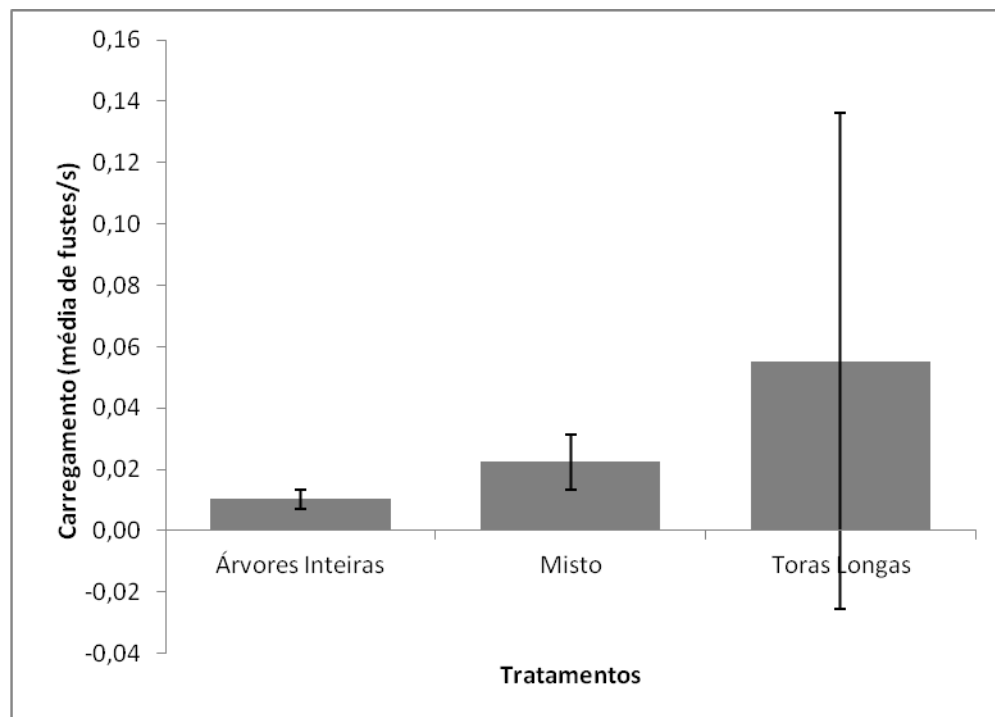


Figura 53. Médias e desvios-padrão da variável “carregamento” nos tratamentos.

Na Figura 54, o gráfico mostra as médias e os desvios-padrão nas barras de erro, e que não houve efeito significativo da atividade “descarregamento”.

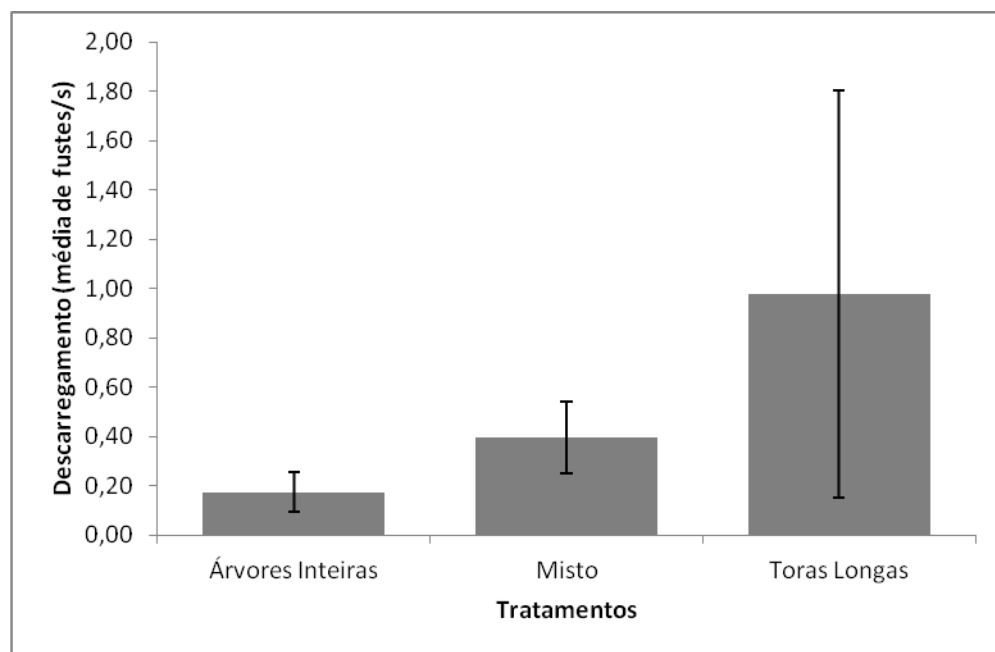


Figura 54. Médias e desvios-padrão da variável “descarregamento” nos tratamentos.

Na Figura 55, o gráfico mostra as médias e os desvios-padrão nas barras de erro, e que não houve efeito significativo da atividade “velocidade de deslocamento com carga”.

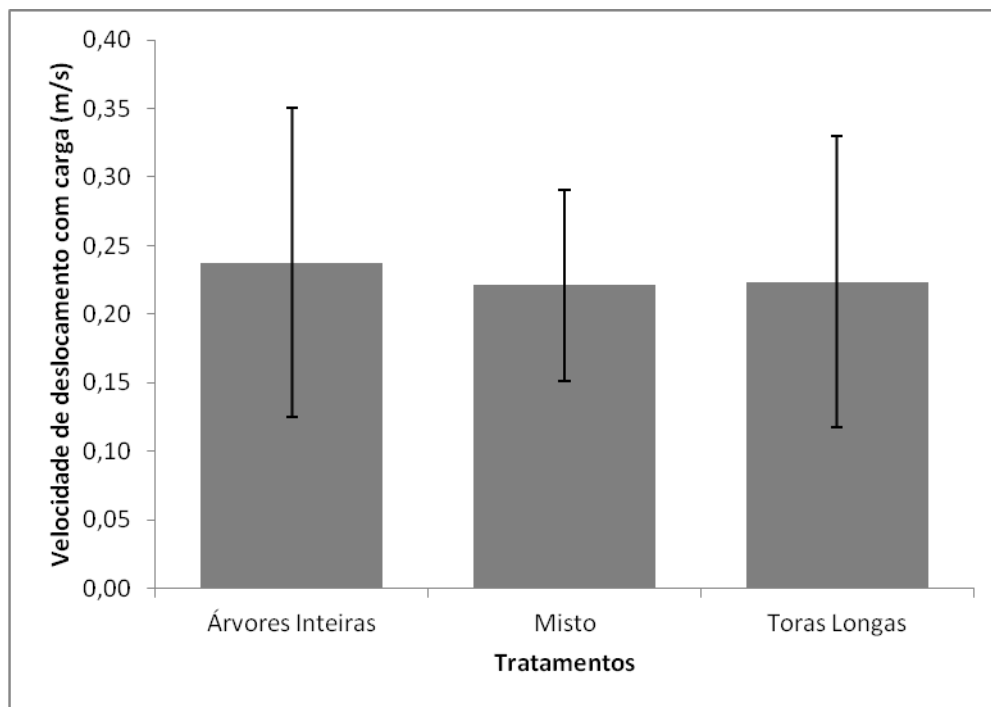


Figura 55. Médias e desvios-padrão da variável velocidade de deslocamento com carga nos tratamentos.

Na Figura 56, o gráfico mostra as médias e os desvios-padrão nas barras de erro, e que não houve efeito significativo da atividade “velocidade de deslocamento sem carga”.

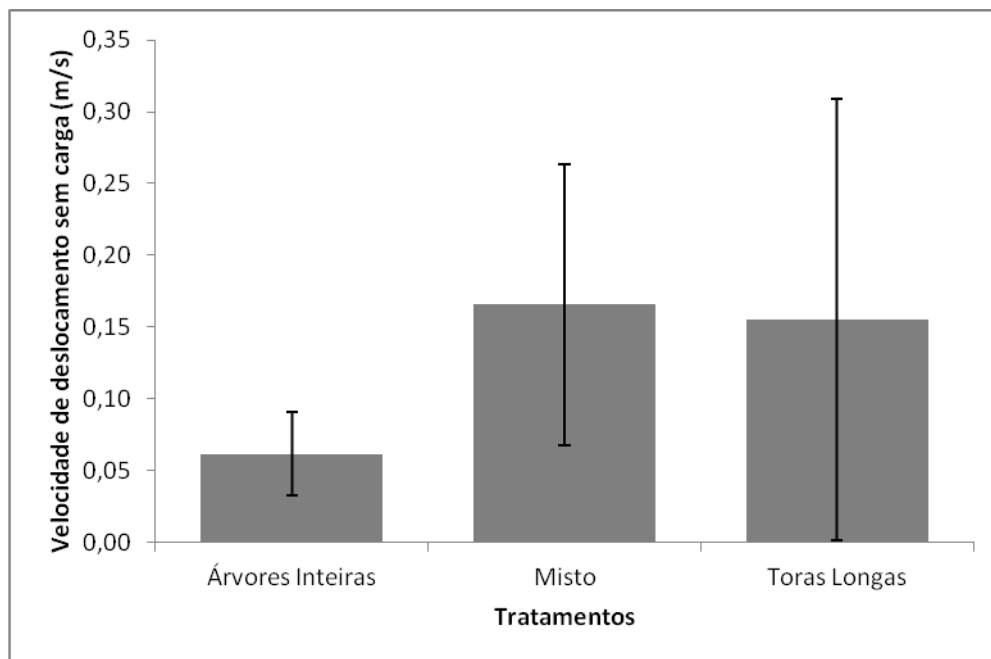


Figura 56. Médias e desvios-padrão da variável “velocidade de deslocamento sem carga” nos tratamentos.

No conjunto de dados da Figura 57, avaliou-se a relação entre o carregamento e o descarregamento. A variabilidade dos dados é muito grande, indicando um valor de R^2 ajustado baixo. Isso nos mostra que a relação existe, mas é influenciada por outros fatores não controlados no presente estudo, conforme o gráfico da relação na Figura 51. Entre os fatores não controlados no presente estudo, destacam-se os de disponibilidade em excesso de tratores para essas atividades, visto estarem programados para abastecer até três unidades de processadores. Na maior parte do tempo observado somente funcionou um processador. Não havia muita rigidez operacional nas atividades de carregamento e descarregamento de toras nos diversos pátios.

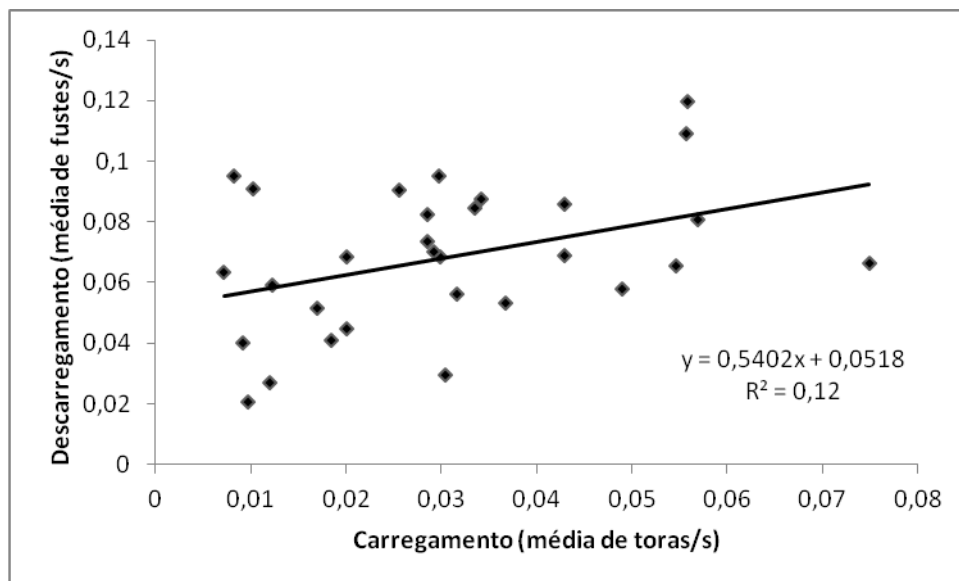


Figura 57. Relação entre carregamento e descarregamento de fustes com o trator de arraste.

Foi realizada a comparação entre a velocidade de deslocamento com carga e a velocidade de deslocamento sem carga. Nesse caso, a regressão não foi significativa, e a Figura 58 mostra que essa relação não existe.

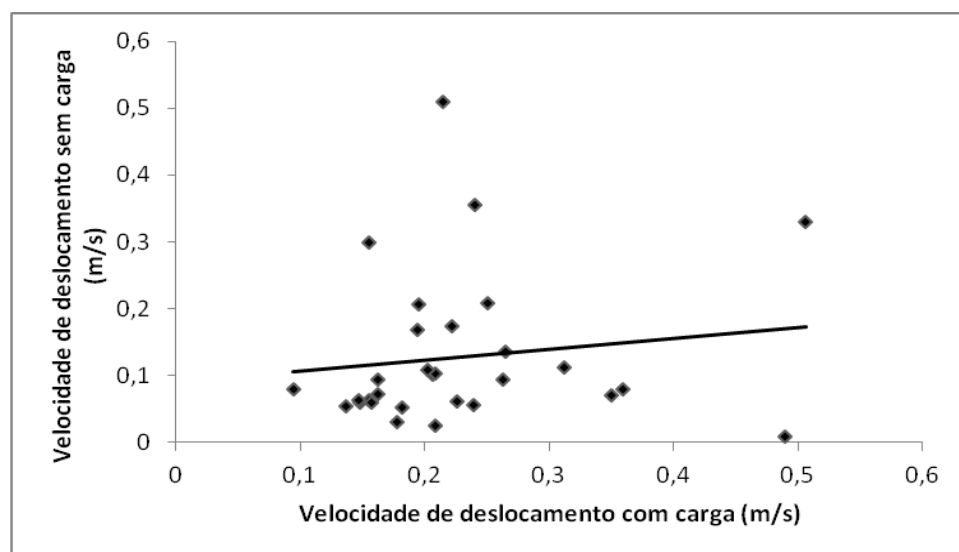


Figura 58. Relação entre a velocidade de deslocamento do trator com carga e sem carga.

Foi relacionado o rendimento operacional do deslocamento com carga ($m^3 \cdot h^{-1}$) com a distância de extração. O cálculo desse rendimento foi realizado através da razão

entre o volume de fustes, em m³, pelo tempo de deslocamento com carga, em horas. O volume de fustes foi estimado através da quantidade multiplicada pelo volume médio por fuste (0,209432 m³). A Figura 59 mostra a relação do rendimento operacional do deslocamento com carga, indicando um ajuste moderado conforme o R² (0,623) encontrado. Já na Figura 60, revela-se que a relação entre o rendimento operacional do deslocamento sem carga e a distância de arraste é inexistente.

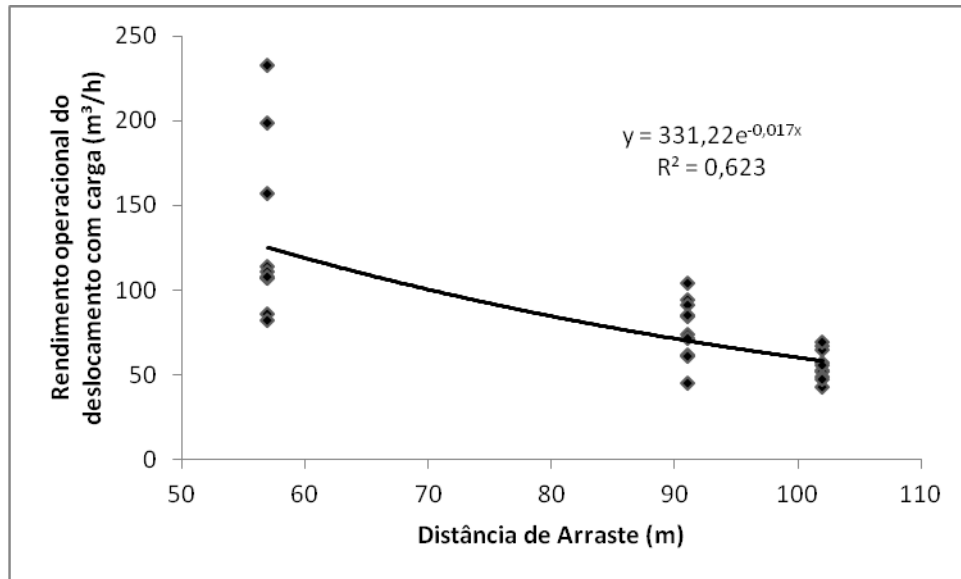


Figura 59. Relação entre o rendimento operacional do deslocamento com carga de fustes até o processador e a distância de arraste.

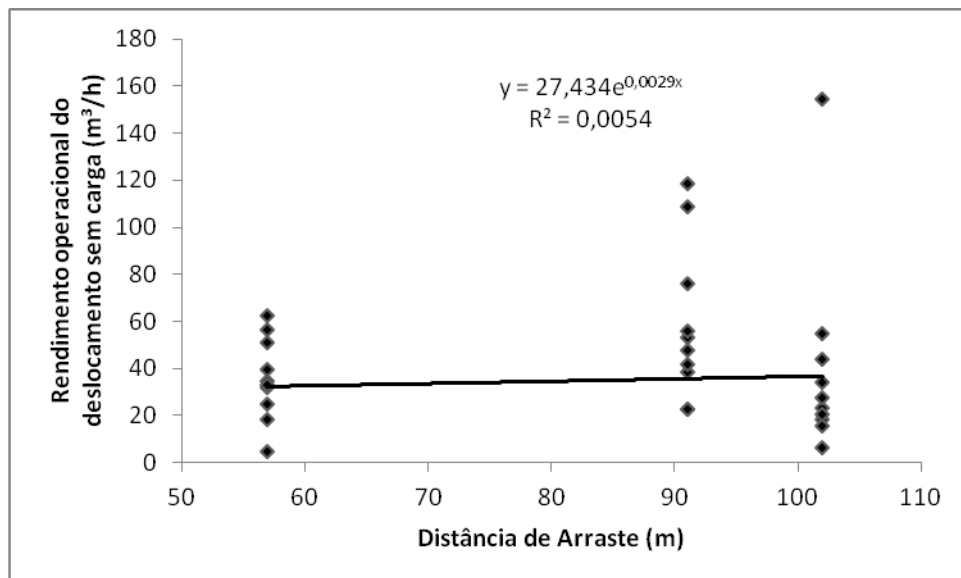


Figura 60. Relação entre o rendimento operacional do deslocamento sem carga e a distância de arraste.

5.2.6 Processamento

Na Tabela 19, são apresentadas as atividades efetivas e gerais da operação de processamento.

Nos três tratamentos, as atividades efetivas despenderam mais tempo do que as atividades gerais.

A melhor efetividade foi obtida no tratamento Árvores Inteiras, com 85,85%, seguido pelo tratamento Misto, com 85,72% e pelo tratamento de Toras Longas, com 81,92%. Observou-se que as efetividades nos três tratamentos foram superiores a 80,00% na avaliação percentual, o que representa alta efetividade operacional.

Embora tenha a melhor efetividade, o tratamento Árvores Inteiras apresentou rendimento efetivo intermediário ($10,8052 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$).

Por outro lado, o tratamento Toras Longas, que apresentou a menor efetividade, teve o maior rendimento efetivo ($12,3309 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$), isto é, consumiu menos tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Já o tratamento Misto apresentou resultado intermediário quanto à efetividade e o menor rendimento efetivo ($9,8296 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$), isto é, consumiu mais tempo efetivo para produzir um metro cúbico de madeira, em relação aos demais tratamentos.

Na atividade total, o maior rendimento efetivo ($10,1014 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Toras Longas, enquanto o menor rendimento efetivo ($8,4254 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Misto e o rendimento efetivo intermediário ($9,2762 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) foi apresentado pelo tratamento Árvores Inteiras.

Tabela 19. Rendimentos das atividades efetivas da operação processamento.

Tratamentos	Atividades	Tempo		Rendimento
		(s/m ³)	(%)	(m ³ .h ⁻¹)
Árvores Inteiras	Efetiva (AE)	333,2	85,85	10,8052
	Geral (AG)	54,9	14,15	-
	Total (AT)	388,1	100,00	9,2762
Misto	Efetiva (AE)	366,2	85,72	9,8296
	Geral (AG)	61,0	14,28	-
	Total (AT)	427,2	100,0000	8,4254
Toras Longas	Efetiva (AE)	291,8	81,92	12,3309
	Geral (AG)	64,4	18,08	-
	Total (AT)	356,2	100,00	10,1014

Na Tabela 20, verifica-se que a atividade efetiva de descascamento consumiu maior percentagem de tempo nos três tratamentos, com 61,14% para o tratamento Toras Longas, 60,02% para o tratamento Misto e 54,74% para o tratamento Árvores Inteiras, superando a soma de tempos percentuais das demais atividades.

A atividade efetiva de toragem consumiu menor percentagem de tempo nos tratamentos Árvores Inteiras e Toras Longas, com 10,72% e 10,33%, respectivamente. A atividade efetiva de movimento da grua foi a de menor tempo percentual no tratamento Misto, com 11,22%.

A atividade de movimento da garra nos três tratamentos teve o segundo maior consumo de tempo percentual, com 22,15% no tratamento Árvores Inteiras, 17,67% no tratamento Misto e 16,86% no tratamento Toras Longas.

Tabela 20. Percentuais das atividades parciais efetivas da operação processamento.

Tratamentos	Atividades efetivas (AE)	Tempo	
		Efetivo (s/m ³)	AE (%)
Árvores Inteiras	Movimento da grua	41,3	12,39
	Movimento da garra	73,8	22,15
	Descascamento	182,4	54,74
	Toragem	35,7	10,72
	Total	333,2	100,00
Misto	Movimento da grua	40,6	11,09
	Movimento da garra	64,7	17,67
	Descascamento	219,8	60,02
	Toragem	41,1	11,22
	Total	366,2	
Toras Longas	Movimento da grua	34,0	11,65
	Movimento da garra	49,2	16,86
	Descascamento	178,4	61,14
	Toragem	30,2	10,35
	Total	291,8	100,00

5.2.6.1 Avaliação dos tratamentos no processador

Na Figura 61, são apresentadas as atividades efetivas do processador de acordo com os tratamentos. As atividades efetivas do tratamento Misto apresentaram consumo de 31.410 segundos, enquanto o tratamento Árvores Inteiras consumiu 28.575 segundos e o tratamento Toras Longas 25.350 segundos. Nos três tratamentos, a atividade de descascamento consumiu maior parcela de tempo, sendo em todos esses mais da metade do ciclo.

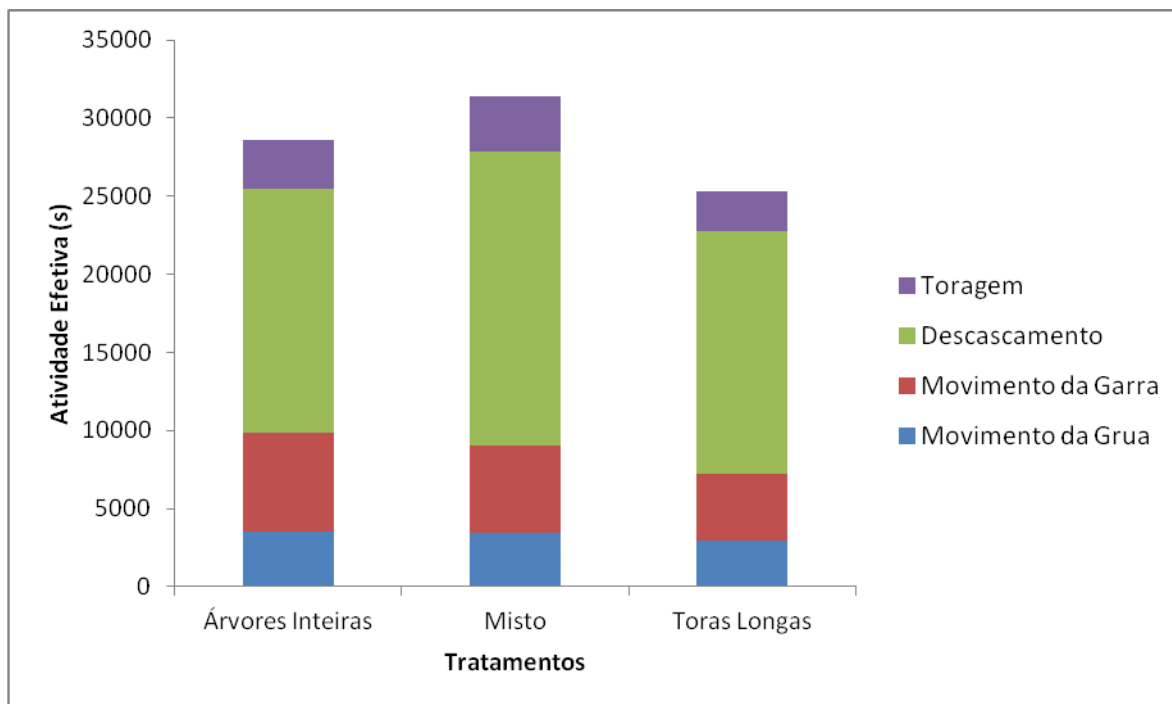


Figura 61. Atividades efetivas do processamento de acordo com os tratamentos.

Foi avaliado se os diferentes tratamentos influenciavam na produtividade do processador no descascamento e toragem.

Os coeficientes de variação se situam nos limites dos valores recomendados pela literatura estatística (30%) (Figura 62), indicando que existe muita variação nos dados dentro de cada tratamento, demonstrando que outros fatores, mais importantes que o tratamento, possam ter influenciado nos resultados. Pode-se afirmar que não há efeito significativo do tratamento na produtividade do processador. Observou-se que os fustes no sistema Toras Longas apresentaram um aspecto melhor de desgalhamento, pois os galhos mais grossos a serem eliminados neste sistema eram mais fáceis de serem alcançados pelo operador de motosserra. No tratamento Misto, em que o desgalhamento foi realizado no pátio do teleférico, o operador de motosserra enfrentou condições de desconforto para desenvolver sua atividade com declividade acentuada e operar na presença de grande quantidade de galhos já cortados que se misturavam aos galhos ainda a serem cortados. Esse sistema apresentou maiores rendimentos na operação de processamento em relação aos demais, mesmo ocorrendo presença de galhos mais grossos ou seus restos que poderiam influenciar na operação.

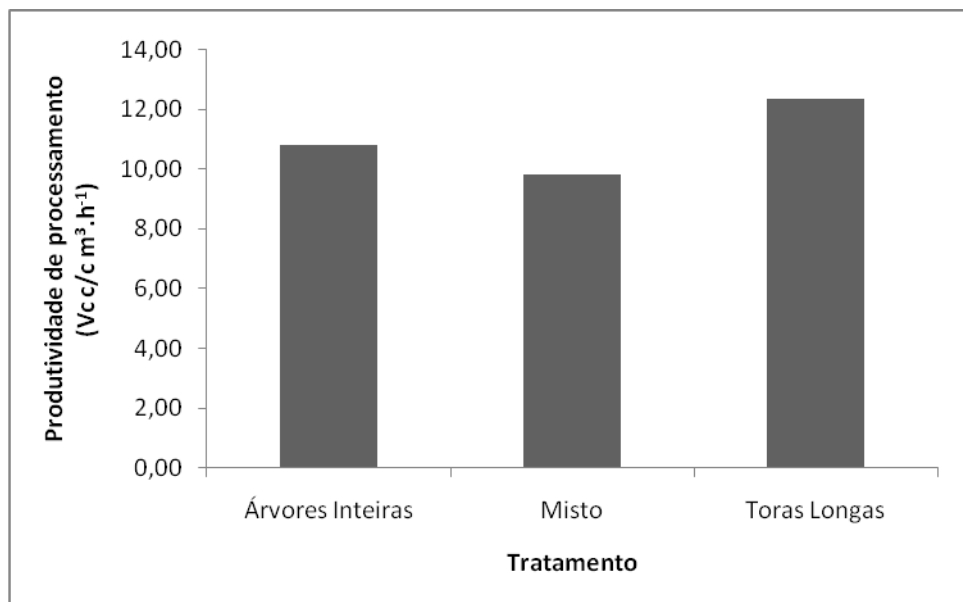


Figura 62. Gráfico indicando a produtividade do processador por tratamento.

5.3 Análise de rendimentos das operações

Com a apuração dos dados físicos da floresta e de tempo e movimento das atividades efetivas das diversas operações, foi apurado o rendimento operacional expresso em volume de madeira comercial com casca por hora ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

5.3.1 Análise estatística dos rendimentos

A Tabela 21 mostra os resultados das análises de variância dos rendimentos nas diferentes operações do experimento. Observa-se que apenas para a operação de derrubada houve diferença significativa entre os tratamentos ($p\text{-valor} = 0,0384$). Para as demais operações não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 21. Análise de variância dos rendimentos.

Operações	F	p-valor	CV (%)
Derrubada	3,6861	0,0384	20,54
Desgalhe	2,0202	0,1565	42,82
Extração (teleférico)	0,9041	0,4168	38,10
Engate*	1,7069	0,2004	35,80

* Utilizou-se a transformação log.

Para a operação de derrubada, procedeu-se com o teste de comparações múltiplas por Tukey, para avaliar quais tratamentos diferem entre si, mostrados na Figura 63. Observa-se que houve diferença significativa no rendimento da derrubada entre os tratamentos Árvores Inteiras e Toras Longas. Pode-se considerar que o tratamento Misto está em uma situação intermediária, sendo semelhante aos outros dois.

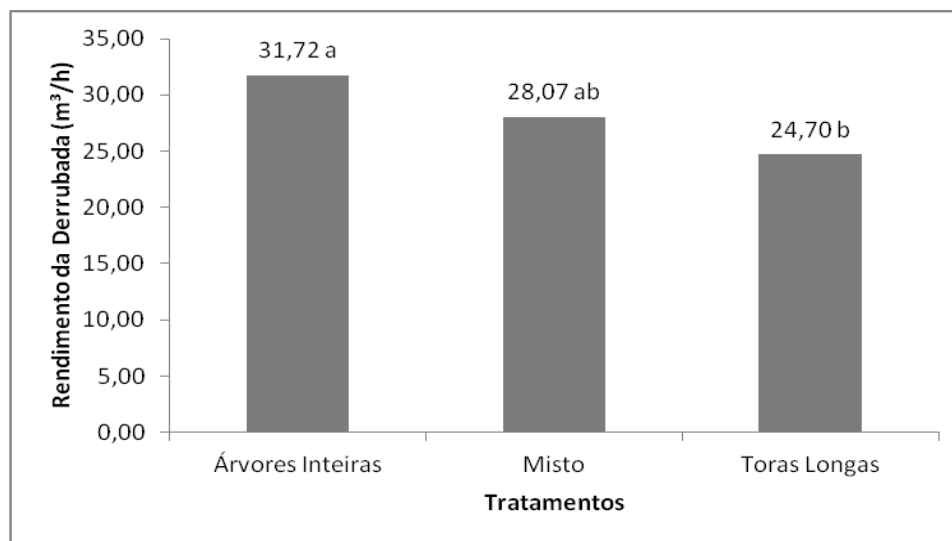


Figura 63. Rendimento da derrubada segundo o tratamento.

Observa-se na Figura 64 que o rendimento do desgalhe foi maior para o tratamento Misto, menor para o tratamento Toras Longas e intermediário para o tratamento Árvores Inteiras.

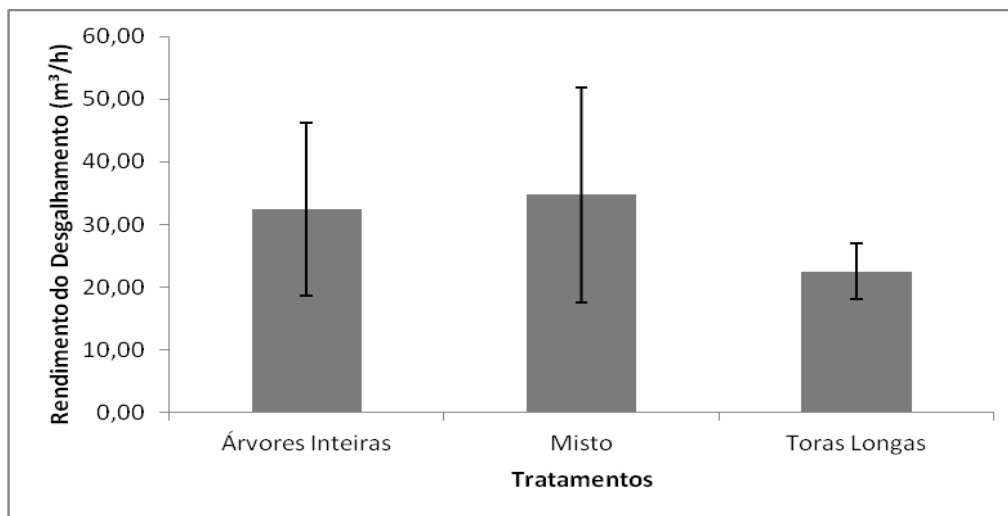


Figura 64. Rendimento do desgalhe.

Observa-se na Figura 65 que o rendimento da extração com teleférico foi maior para o tratamento Árvores Inteiras, menor para o tratamento Toras Longas e intermediário para o tratamento Misto.

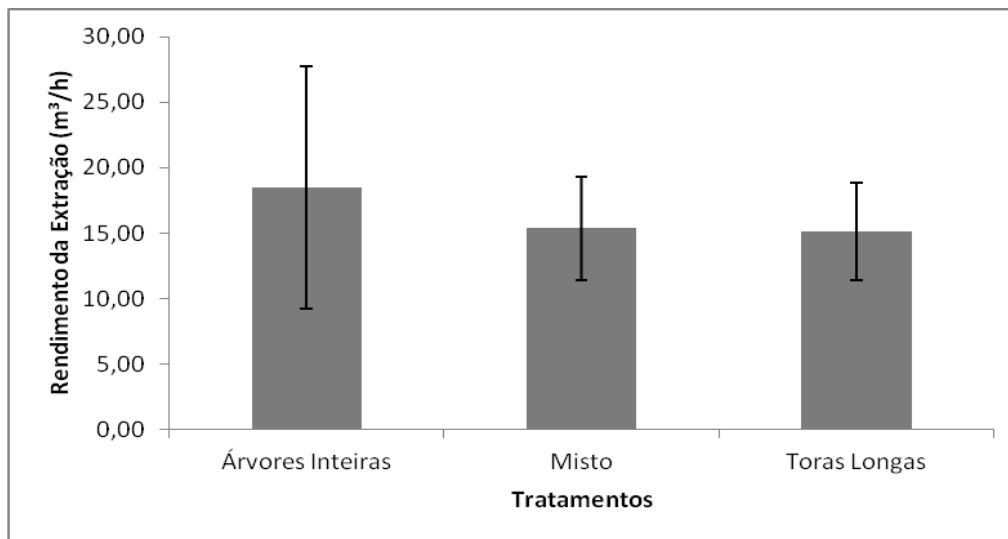


Figura 65. Rendimento da extração com teleférico.

Observa-se na Figura 66 que o rendimento do engate foi maior para o tratamento Árvores Inteiras, menor para o tratamento Misto e intermediário para o tratamento Toras Longas.

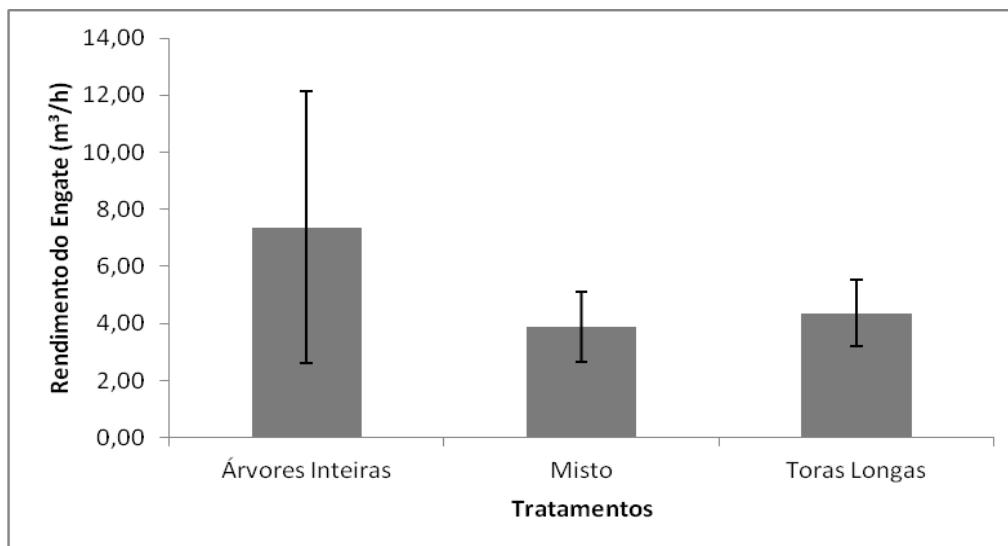


Figura 66. Rendimento do engate no teleférico.

Observa-se na Figura 67 que o rendimento do arraste foi maior para o tratamento Misto, menor para o tratamento Árvores Inteiras e intermediário para o tratamento Toras Longas. Contudo, as médias nos três tratamentos se apresentaram estatisticamente iguais.

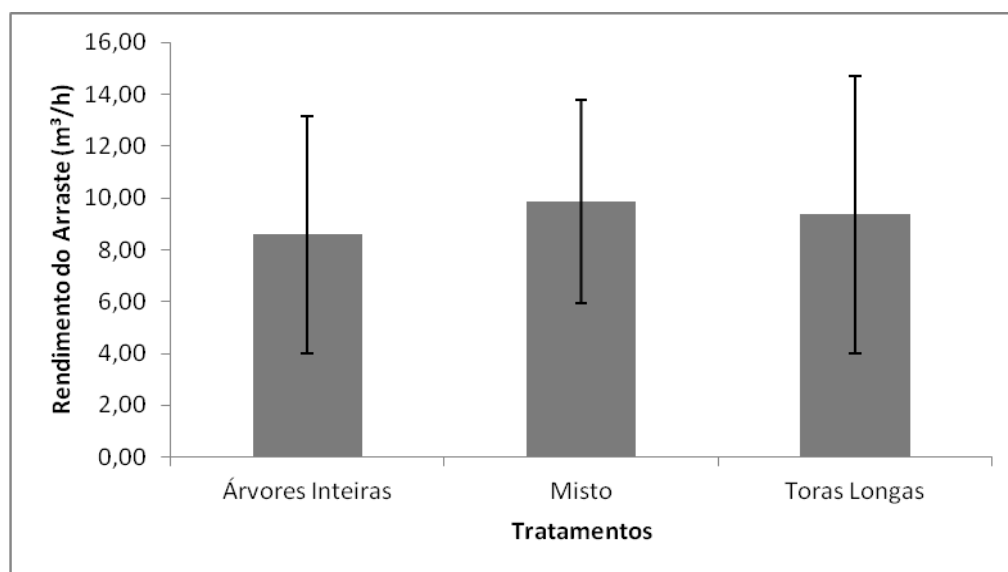


Figura 67. Rendimento do arraste do trator.

Para o rendimento ou produtividade do processador não foi possível fazer a estatística, pois no levantamento de dados foi usando o método de tempos multimomento.

Observa-se que o rendimento do processador foi maior para o tratamento Toras Longas, menor para o tratamento Misto e intermediário para o tratamento Árvores Inteiras. O gráfico do rendimento ou produtividade do processador de acordo com os tratamentos consta na Figura 62.

5.3.2 Rendimentos das operações com análise estatística por tratamento

Os rendimentos foram obtidos dividindo o volume comercial com casca pelo total de tempo, em horas, da atividade efetiva. Os resultados dos rendimentos por atividade efetiva por operação e tratamento constam na Tabela 22.

Os resultados estatísticos, adotando-se o teste de Tukey, foram anotados, permitindo a comparação entre as operações por tratamento.

As operações de desgalhe, engate de árvores, extração e arraste com trator não apresentaram diferenciação estatística, isto é, são iguais nos três tratamentos.

A operação de derrubada apresentou diferenciação estatística, sendo que os tratamentos Árvores Inteiras e Misto apresentaram resultados iguais. Os tratamentos Misto e Toras Longas, por sua vez, também apresentaram resultados iguais, diferindo estatisticamente entre si somente o tratamento Árvores Inteiras do tratamento Toras Longas.

Observe-se que a operação de derrubada antecedeu a operação de desgalhe, a qual foi estudada quanto a sua localização operacional, caracterizando a diferença entre os tratamentos, portanto não influenciando nos resultados dos tratamentos estudados.

A operação de processamento não pode ser analisada estatisticamente pelo fato de ter sido adotado o método de anotação de tempo multimomento que apresentou dados que não permitiram avaliação estatística, por isso, o teste de Tukey não foi realizado.

Os maiores rendimentos apurados nos três tratamentos foram referentes às operações de derrubada e desgalhe com atividades de corte e desgalhamento semimecanizadas utilizando-se motosserra.

Tabela 22. Resultados do rendimento ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) e avaliação estatística para cada operação e tratamentos.

Atividade	Rendimentos ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)					
	Tratamentos					
	Árvores Inteiras		Misto		Toras Longas	
Derrubada	31,3651	a	27,5152	ab	23,5188	b
Desgalhe	32,4685	a	37,8460	a	21,0937	a
Engate de Árvores	4,4724	a	3,5726	a	4,0353	a
Extração	14,9621	a	14,6715	a	14,3271	a
Arraste com o Trator	6,4747	a	8,4215	a	7,2876	a
Processamento	10,8052	--	9,8296	--	12,3309	--
Rendimento do Tratamento	16,7580		16,9761		13,7656	

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O engate de árvores apresentou o menor rendimento em relação às demais operações, principalmente pela grande parcela de tempo gasto na atividade de espera, sendo que na ordem decrescente os rendimentos foram de $4,4724 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ no tratamento Árvores Inteiras, $4,0353 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ no tratamento Toras Longas e $3,5726 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ no tratamento Misto.

A operação de extração com teleférico apresentou rendimentos maiores no tratamento Árvores Inteiras com $14,9621 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, o tratamento Toras Longas apresentou o menor rendimento com $14,3271 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ e o tratamento Misto apresentou rendimento intermediário com $14,6715 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

O arraste efetuado com trator agrícola apresentou rendimentos, em ordem decrescente, de $8,4215 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ para o tratamento Misto, $7,2876 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ para o tratamento Toras Longas e $6,4747 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ para o tratamento de Árvores Inteiras.

O processamento apresentou rendimentos que variaram de $12,3309 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ para o tratamento Toras Longas a $9,8296 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ para o tratamento Misto, sendo que o tratamento Árvores Inteiras teve rendimento intermediário de $10,8052 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

5.3.3 Tempo efetivo e volume comercial com casca com análise percentual

O tempo efetivo gasto por metro cúbico de madeira comercial com casca foi obtido dividindo-se o tempo efetivo apurado em cada operação por tratamento pelo volume comercial com casca calculado por tratamento. A relação percentual das operações foi calculada tomando-se como base o tratamento Árvores Inteiras, sistema padrão adotado pela empresa e considerado nesta análise como sistema controle. A significância estatística entre os tratamentos igualmente foi relacionada com o tratamento controle. Os resultados dos tempos gastos, sua relação percentual e sua significância estatística constam na Tabela 23.

Tabela 23. Tempo efetivo em segundos e volume comercial com casca (m^3 /tratamento), tempo em segundos empregado por volume (s/m^3), percentagem em relação ao sistema 1 (Árvores Inteiras) – controle e significância estatística entre os tratamentos, por operação e sistema.

Operação	Tratamento	Tempo Efetivo (s)	Volume comercial com casca (m^3 /tratamento)	s/m^3	(%) em relação ao controle - sistema 1	Significância entre os tratamentos
Derrubada	1	9844	85,7661	114,8	0	--
	2	11221	85,7632	130,8	-13,93	ns
	3	13291	86,8281	153,1	-33,36	s
Desgalhe	1	12589	85,7661	146,8	0	--
	2	8158	85,7632	95,1	35,22	ns
	3	14819	86,8281	170,7	-16,28	ns
Engate de árvores	1	69036	85,7661	804,9	0	--
	2	86420	85,7632	1007,6	-25,18	ns
	3	77464	86,8281	892,1	-10,83	ns
Extração com teleférico	1	20636	85,7661	240,5	0	--
	2	21044	85,7632	245,3	-1,99	ns
	3	21818	86,8281	251,3	-4,49	ns
Arraste com trator	1	47687	85,7661	556,3	0	--
	2	36662	85,7632	427,5	23,15	ns
	3	42893	86,8281	494,0	11,20	ns
Processamento	1	28575	85,7661	333,2	0	--
	2	31410	85,7632	366,2	-9,90	ns
	3	25350	86,8281	291,8	12,42	ns
Total (- Derrubada)	1	178523	85,7661	2081,7	0	--
	2	183694	85,7632	2141,7	-2,88	--
	3	182344	86,8281	2099,9	-0,87	--

Tratamento 1: Árvores Inteiras; Tratamento 2: Misto; Tratamento 3: Toras longas

Observou-se que o tratamento Toras Longas consumiu 33,36% de tempo a mais para efetuar a derrubada de árvores, por metro cúbico, que o tratamento controle, Árvores inteiras. Por sua vez, o tratamento Misto consumiu 13,93% a mais de tempo em

relação ao sistema controle. O tratamento Misto foi 19,43% mais produtivo que o tratamento Toras Longas.

Na operação de desgalhe, o tratamento Misto foi mais eficiente em 35,22% em relação ao tratamento Árvores Inteiras e o tratamento Toras Longas consumiu 16,28% de tempo a mais que o tratamento Árvores Inteiras. O tratamento Misto foi 51,50% mais produtivo que o tratamento Toras Longas.

A operação de engate de árvores apresentou maior eficiência de produtividade no tratamento de Árvores Inteiras, enquanto o tratamento Toras Longas consumiu 10,83% a mais de tempo e o tratamento Misto consumiu 25,18% a mais do tempo em relação ao tratamento Árvores Inteiras. Note-se que os tratamentos Árvores Inteiras e Misto possuíram as mesmas características quanto à presença de copa nas árvores nesta operação e, mesmo assim, o tratamento Misto consumiu 25,18% a mais de tempo para produzir 1 m³ de madeira. O tratamento Misto foi 14,35% mais produtivo em tempo que o tratamento Toras Longas.

Na operação de extração com teleférico, os três tratamentos apresentaram resultados percentuais de tempo empregado para produzir 1 m³ de madeira comercial com casca muito semelhantes, sendo que o tratamento Árvores Inteiras foi mais eficiente, o tratamento Misto necessitou 1,99% mais tempo que o tratamento Árvores Inteiras. O tratamento Toras Longas necessitou 4,49% mais tempo que o tratamento Árvores Inteiras e 2,50% a mais que o tratamento Misto.

Na operação de arraste com trator, o tratamento Misto foi 23,15% mais eficiente que o tratamento Árvores Inteiras e 11,95% mais eficiente que o tratamento Toras Longas. O tratamento Toras Longas foi 11,20% mais eficiente que o tratamento Árvores Inteiras.

Na operação de processamento da madeira, o tratamento Toras Longas foi 12,42% mais eficiente que o tratamento Árvores Inteiras e 22,32% mais produtivo que o tratamento Misto. O tratamento Árvores Inteiras foi 9,90% mais produtivo que o tratamento Misto.

A operação de derrubada foi efetuada de modo semelhante nos três tratamentos e para avaliar as possíveis diferenças de consumo percentual de tempo entre tratamentos a partir de operações diferenciadas entre si foi totalizado o tempo consumido por

tratamento. No cômputo do tempo gasto pelas operações subsequentes à derrubada, o tratamento Árvores Inteiras foi 0,87% mais eficiente que o tratamento Toras Longas e 2,88% mais eficiente que o tratamento Misto. O tratamento Toras Longas foi 2,01% mais eficiente que o tratamento Misto. No cômputo geral das operações diferenciadas entre si, com a exclusão da derrubada, observou-se semelhança entre os três tratamentos adotados, havendo variação de tempo necessário para elaborar 1 m³ de madeira comercial com casca somente de 2,88%.

6 CONCLUSÕES

O tamanho dos tratamentos era homogêneo.

Os tratamentos eram homogêneos quanto ao relevo, número de fustes, CAP, altura das árvores e volume comercial com casca.

Na operação de derrubada, observou-se uma correlação entre a declividade do terreno e o CV% do tempo de limpeza.

O tempo de corte apresentou uma relação diretamente proporcional à área basal.

A operação de derrubada apresentou maior rendimento no tratamento Árvores Inteiras.

O tempo de desgalhe foi influenciado pelo número de fustes.

O rendimento da atividade de desgalhamento foi maior no tratamento Misto.

As operações de desgalhe, engate de árvores, extração, arraste e processamento não apresentaram diferenças estatísticas quanto à produtividade entre os tratamentos avaliados.

O rendimento operacional do deslocamento com carga e deslocamento

sem carga nos 50 metros iniciais, na operação de extração, foi maior no tratamento Árvores Inteiras em relação aos demais tratamentos.

As operações de derrubada, desgalhamento, engate de árvores, extração com a torre de teleférico e arraste com trator agrícola estavam dimensionadas inadequadamente para as condições do experimento, interferindo sobre o rendimento da extração florestal.

7 RECOMENDAÇÕES

Outras variáveis, além das estudadas, devem ser testadas tais como: segurança do trabalho, risco de erosão pos colheita, distribuição de tarefas de pessoal, roteiros de deslocamento de pessoas e máquinas e sistema de engate de árvores.

Desenvolver estudos de eficiência operacional de atividades florestais.

Realizar estudos de racionalização de operações e atividades para que o tempo efetivo de trabalho se aproxime aos valores de eficiência operacional racionais.

Efetuar estudos específicos de racionalização de tempos e movimentos das operações de derrubada, desgalhamento, engate de árvores, extração com a torre de teleférico e arraste com trator agrícola, objetivando a maximização do tempo de atividade efetiva e aumento do rendimento operacional.

Desenvolver métodos de trabalho que visem ao menor custo, adequação ergonômica e compatíveis com o meio ambiente.

Promover padronização de operações em função das condições bióticas e abióticas locais.

Determinar tempo padrão para as operações e atividades.

Investir em treinamento contínuo de operadores e servidores.

Implantar sistemas de mitigação de erosão nos talhões operados por teleférico e nas vias de acesso.

8 REFERÊNCIAS

AMBIENTEBRASIL. 2008. Disponível em:

<<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&contendo=./florestal/exploracao.html#descascamento>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

ARACRUZ CELULOSE. **Sistemas de colheita florestal**: experiência da Aracruz Celulose. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. **Anais...** Viçosa: SIF, 1997. p. 19-23.

A-TECH. **Catálogo 2008**. São Paulo, 4 p. Disponível em: <<http://www.atechsi.com.br>>. Acesso em: 16 abr. 2010

A-TECH. **Catálogo 2008**. São Paulo, 2008. 8 p. Disponível em: <<http://www.atechsi.com.br>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

BANTEL, C. A. **Aproveitamento de propriedades rurais de topografia acidentada ou de pequena e média dimensão na produção florestal**. 2009a. Disponível em: <<http://painel.sbef.org.br/view.php?cd=/&what=html&f=bantel4.html>>. Acesso em: 5 fev. 2009.

BANTEL, C. A. **Colheita florestal em locais de topografia acidentada**. 2009b. Disponível em: <<http://painel.sbef.org.br/view.php?cd=/&what=html&f=bantel3.html>>. Acesso em: 5 fev. 2009.

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

BIRRO, M. H. B. et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de *Eucalyptus spp.* com “Track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society (B)**: statistical methodology, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, 2002.

BUCCI, L. A. et al. Colheita mecanizada em povoamento de pináceas visando a regeneração de essências nativas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16, p. 1360-1366, 1982. Parte 2.

CARVALHAES, E. de. As florestas plantadas no centro da agenda global. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL DA INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL E DE GERAÇÃO DE ENERGIA, 4., 2008, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Centro Gestor Moveleiro, 2008. p. 26-27.

CELULOSE ONLINE. **Colheita com cabo aéreo ganha espaço**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.celuloseonline.com.br/pagina/pagina.asp.IDItem=22244&IDNoticia=18727>>. Acesso em: 18 fev. 2009.

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

CUNHA, U. S. da; SILVA, W. dos S. **estudo de tempos e movimentos das operações de extração e transporte de madeira para uso em serraria e laminação, Projeto Santa Rita - Gethal, Itacoatiara**. Manaus: CONVENIO fuá/GETHAL, 1998. 37 p. Relatório restrito.

Projeto CNPq. Disponível em:

<http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:bB6McOC_gvcJ:www.arvorelab.ufam.edu.br/usc/library/Timeres.doc+%22eficiencia+de+camo%22+motosserra+moto-serra&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEESgxd4LR6LcfIDmOBH9OqGi6K5CZMK7OngoAM0kW>

ks-cakiloCyRzs_-nfpqfm5jbolNUXy-Q_7rdMn6uzK2_UtsWcTTJDB2XSai_S_q75RHL7zIUcP4T67xmB7j0_EAMuBFAMy4&sig=AHIEtbRx7kqYxeRjDUyHiR6Q_RB1UoB-5A>. Acesso em: 16 set. 2010.

DOLAR: cotação. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ttL3mybAUIsJ:www.acsp.com.br/indicadores/IEGV/IEGV_DOLAR.HTM+dolar+m%C3%A9dio+2009&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&source=www.google.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2010.

DYKSTRA, D. P.; HEIRICH, R. **FAO model code of forest harvesting practice**. Rome, 1996. 15 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V6530S/v6530s00.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2009.

FENNER, P. T. **Estudo descritivo dos acidentes de trabalho em uma empresa florestal**. 1991. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

FENNER, P. T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2002. 14 p. Notas de aula da Disciplina de Exploração Florestal.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Código modelo de practices de aproveitamento florestal de la FAO**: las operaciones de saca. Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V65303/v6530s08.htm#definicion>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento**. Rome, 1978. 171 p. (Estudios FAO: Montes, v. 2).

GOOGLE. **2008 MapLink**: TeleAtlas: image. 2008 DigitalGlobe. Disponível em: <<http://www.googleearth.com>>. Acesso em: 3 jul. 2008.

GREUDLICH, F. G. et al. **A primer for timber harvesting**. Washington, DC: Washington State University, 1996. 33 p.

HEINRICH, R. State of the art in timber harvesting at the international level. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBC, 1993. p. 323-328.

HUBBARD, W.; LATT, C.; LONG, A. **Forest terminology for multiple use management**. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2000. 17 p. SS-FOR-11.

HYPRO. **Manual de instruções**: HYPRO modelo 650/655 4WD. Lönsboda, [s.d.]. 75 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Comentários. **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 24, 2009. 11 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2009/comentario.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2007**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2007/default.shtm>>. Acesso em: 1 dez. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. Estratégia de colheita por cabo aéreo ganha cada vez mais espaço. **IPEF Notícias**, Piracicaba, n. 196, p. 5, 2009.

JACOVINE, L. A. G. et al. Avaliação da perda de madeira em cinco sistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 463-470, 2001.

JRÓBOSTOV, S. N. **Explotación del parque de tractores y maquinas**. Moscou: Editorial Mir, 1977. 552 p.

KRUSKAL, W. H. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 47, n. 260, p. 583-21, Dec. 1952.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 33-54.

LONNER, G. Desenvolvimento de sistemas de exploração florestal (logging) no Brasil. In: CONVENÇÃO ANUAL DA ABCP, 9., 1976, São Paulo. **Trabalhos técnicos...** São Paulo: ABCP, 1976. 12 p.

LOPES, E. da S. et al. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de Pinus com cabeçote *Harvester* em diferentes condições operacionais. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 305-313, set./dez. 2007.

LOPES, E. S. et al. **Princípios básicos de operação com motosserra**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 43 p.

MAC DONAGH, P. M. **A avaliação técnico-econômica da extração de Pinus spp. Utilizando tratores com garra no sul do Brasil**. 1994. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária,

1985. 60 p.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 15-32.

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

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. **Planejamento**. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 468.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1988. 65 p.

MALINOVSKI, J. R. **Técnicas de estudo do trabalho florestal**. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 4., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1993. p. 92-109.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOSVKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C. C. (Ed). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002, p. 145-167.

MALINOVSKI, J. R.; FENNER, P. T. **avaliação técnico-econômica de equipamentos na operação de extração em áreas de topografia acidentada da CENIBRA Florestal**. Curitiba: FUPEF, 1988. 112 p. Relatório técnico.

MALINOVSKI, R. A. **Otimização da distância de extração de madeira com *Forwarder***. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Colheita. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 68, dez. 2002. Disponível em:
<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=262&subject=Colheita&title=Colheita>. Acesso em: 8 nov. 2010.

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

MANEJO FLORESTAL. **Manual para produção de madeira na Amazônia**: etapas do arraste de toras. Disponível em: <http://www.manejoflorestal.org/guia/pdf/guia_cap8.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2010.

MENDONÇA FILHO, W. F. de. **Aspectos atuais da exploração florestal no Brasil. Sistemas e Mecanização.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Recife. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1986. p. 120-127.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 197 p.

MINETTI, L. J.; SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C. **Carregamento e descarregamento.** In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 129-144.

MINETTI, L. J. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra.** 1996. 211 p. Tese (Doutorado Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

MIRANDA, G. M. **Análise econômica de dois sistemas de descascamento de madeira de *Eucalyptus spp.*** 1991. Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=931>. Acesso em: 15 mar. 2009.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal.** 1998. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PADUA, M. T. J. **Projeto de risco.** O ECO. 2005. Disponível em: <<http://www.asibama.org.br/desmonte/prtm.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2008.

PENZSAUR. **Dados técnicos do K-301-T:** cabos aéreos PENZSAUR. Panambi, 2009. 1 p. Disponível em: <http://www.penzsaur.com.br/principal.php?id_menu=produtos&id=29>. Acesso em: 15 jan. 2009.

PENZSAUR. **Manual de operação & manutenção:** cabos aéreos PENZSAUR. Panambi, 2008. 90 p.

PLASTER, O. B. **Fatores operacionais e de custos na colheita de pinus em área declivosa no sul do Espírito Santo.** 2010. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

PULKKI, R. E. Glossary of forest harvesting terminology. 2006. Disponível em: <http://flash.lakeheadu.ca/~repulkki/REP_terminology.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2008.

REBEYKA, C. J. et al. **Segurança para trabalhos em árvores:** módulo esporas: trabalho e resgate em Altura. Curitiba: ALTISEG, 2002. 67 p.

RELATÓRIO técnico. In: FENNER, P. T. **Colheita florestal em áreas com declividades acentuadas**. Pindamonhangaba: NOBRECCEL; Jaboticabal: FUNEP, 2009. 28 p.

RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de precisão. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 311-334.

RIPOLI, T. C. C.; MOLINA JUNIOR, W. F.; RIPOLI, M. L. C. **Manual prático do agricultor: máquinas agrícolas**. Piracicaba: Edição dos Autores, 2005. v. 1, 192 p.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal**. Piracicaba: IPEF, 1980. 10 p. (Circular técnica, 88).

SANT'ANNA, C. M. Corte florestal. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2002. p. 55-88.

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

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com forwarder em diferentes volumes por árvore e comprimentos de toras. **Revista Madera y Bosques**, México, v. 7, n. 2, p. 87-94, 2001.

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C.; LEITE, H. G. Análise técnico-econômica da extração de *Eucalyptus spp.* em áreas planas com o “forwarder”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 213-227, 1995.

SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2002. p. 89-128.

SEIXAS, F.; BAUCH, S. C.; OLIVEIRA JUNIOR, E. D. Balanço energético e econômico de duas Alternativas de Descascamento de Madeira de *Eucalyptus spp.* **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p. 37-43, 2005.

SILVA, J. R. **Compactação do solo exercida por tráfego de colheita e transporte de madeira**. 2003. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2003.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do “feller-buncher” utilizado na colheita de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SMALIAN, H. L. **Beitrag zur Holzmesskunst**. Strausund: Dank, 1837. 124 p.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Plano de manejo da APA de Cairuçu**. Rio de Janeiro: UERJ, 2004. 243 p. Disponível em: <http://www.pagem.uerj.br/textos/175_2009/docs/plano%20cairu%E7u/encartes/Encarte%201%20-%20Caracteriza%E7%E3o%20Ambiental.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2010.

SOUZA, A. P. et al. **Manejo e usos**: colheita e transporte. Caxias do Sul: Madeiras Remade, 2006. Disponível em: <http://www.remade.com.br/madeiras/manejo_colheita.php>. Acesso em: 18 jun. 2006.

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

SOUZA, D. O. de. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira**. Curitiba: UFPR, 2001. 74 p. Relatório técnico-científico final.

STEIN, F. da R. **Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira**. 2003. 36 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

STOHR, 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. p. 45-58.

STOHR, G. W. D.; BAGGIO, A. J. Estudo comparativo de dois métodos de arraste principal do desbaste de *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 89-131, 1981.

STREIT, M.; OLIVEIRA, M. S. M.; HASELGRUBER, F. Exploração florestal. In: _____. **Manual do técnico florestal**. Campo Largo: Ingra, 1986. v. 2, 479 p. Apostilas do Colégio Florestal de Iratí.

STUDIER, D. D.; BINKLEY, V. W. **Cable logging systems**: DTM/Pacific Northeast Station. Oregon: USDA, Forest Service, 1974. 210 p.

TANAKA, O. K. Exploração e transporte da cultura do *Eucalyptus spp.* **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 24-30, 1986.

TARNOWSKI, B. C.; SCHNEIDER, P. R.; MACHADO, C. C. Produtividade e custos do processador trabalhando em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 103-115, 1999.

TIBURCIO, V. C. S.; SENE, J. M. de; CONDI, L. G. B. Colheita mecanizada: avaliação de

Harvester e Forwarder. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Salvador. **Anais...** Viçosa: SIF, 1995. p. 204-221.

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, 2000.

VARELLA, C. A. A. **Efeitos dos sistemas de cultivo convencional, mínimo e direto no escoamento superficial e nas perdas de solo**. 1999. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

WADOUSKI, L. H. **Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, FUPEF, 1997. p. 77-84.

WINTER, M. E. L. Sistemas mecanizados de colheita de madeira em povoamentos com fins energéticos. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1998. p. 133-149.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relêvo plano de áreas com produção de *Pinus taeda***. 2005 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ZYCH, G. L. **A mecanização na colheita florestal**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993. p. 350-354.

