



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS DE GURUPI  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**YUNES GUILHERME SILVA**

**ANÁLISE OPERACIONAL DO MÉTODO DE COLHEITA  
SEMIMECANIZADA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO  
NO SUL DO TOCANTINS**

Gurupi/TO  
2019

**YUNES GUILHERME SILVA**

**ANÁLISE OPERACIONAL DO MÉTODO DE COLHEITA  
SEMIMECANIZADA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO  
NO SUL DO TOCANTINS**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi-TO, Curso de Engenharia Florestal para obtenção do título de Engenheiro Florestal e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof.: Dr. Saulo Boldrini Gonçalves

Gurupi/TO  
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- S586a Silva, Yunes Guilherme.  
Análise operacional de colheita semimecanizada para produção de carvão vegetal no sul do tocantins. / Yunes Guilherme Silva. – Gurupi, TO, 2019.  
33 f.  
Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Engenharia Florestal, 2019.  
Orientador: Saulo Boldrini Gonçalves  
1. Análise operacional. 2. Colheita Florestal. 3. Estudo de tempos e movimentos. 4. Colheita semimecanizada. I. Título

**CDD 577.272**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



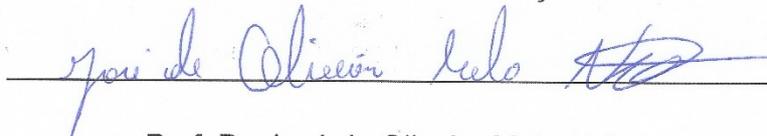
## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

Ao 01 dia do mês de Julho de 2019, realizou-se a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do acadêmico Yunes Guilherme Silva do curso de Engenharia Florestal, do Campus Universitário de Gurupi - TO, intitulada: "ANÁLISE OPERACIONAL DO MÉTODO DE COLHEITA SEMIMECANIZADA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO NO SUL DO TOCANTINS", realizada sob a orientação do Professor orientador Dr. Saulo Boldrini Gonçalves e tendo como banca avaliadora, os professores relacionados abaixo.

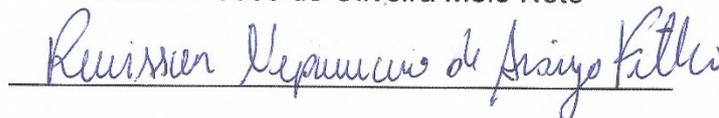
Atribuíram a média final 9,4 (NOVE VIRGULA QUATRO) pelo trabalho, tendo sido considerado (a) APROVADO. Nada mais tendo a constar, assinam esta Ata o(a) professor(a) orientador(a) e os demais componentes da banca.

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Saulo Boldrini Gonçalves

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. José de Oliveira Melo Neto

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Renisson Neponuceno de Araújo Filho

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo.

A minha família e familiares, em especial meus pais, Waldimiro José da Silva pelos conselhos, por me apoiar nessa jornada, minha mãe Marinalda Maria da Conceição Silva, por estar sempre do meu lado, sempre ajudando em tudo que eu precisei.

À Universidade Federal do Tocantins, pela realização do curso.

Ao Professor Dr. Saulo Boldrini Gonçalves, pela orientação, pela paciência, pela prestatividade e apoio durante a realização deste trabalho.

À minha namorada e amiga Ellen Caroline Feitoza Pires, pelo apoio durante toda a jornada e por estar comigo nos momentos mais importantes da minha vida.

Ao Junior, que disponibilizou a área e deu suporte para que pudesse ser feita a pesquisa.

Aos meus amigos e colegas, em especial o Vanildo que me ajudou na coleta dos dados, e a todos que contribuíram diretamente e indiretamente na elaboração deste trabalho.

## RESUMO

As técnicas e operações florestais de abastecimento de madeira trazendo elevados índices de rendimento e produção são importantes para um melhor desenvolvimento sustentável. Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise operacional da atividade florestal semimecanizada para a produção de carvão vegetal em povoamento florestal no sul do estado do Tocantins. Estudo foi conduzido em uma área experimental na fazenda “Vale Verde”, localizada no município de Aliança do Tocantins, no sul do estado do Tocantins. Foi avaliado o sistema de colheita semimecanizada composto por motosserra, trator de esteira, caminhão toco e trator agrícola com reboque acoplado. A análise operacional foi realizada por meio de estudos de tempos e movimentos, sendo avaliados os elementos do ciclo operacional, sendo determinada a disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade. Os resultados mostram que o maior tempo do ciclo operacional da derrubada foi a operação de abate com 85%, dentro do ciclo de trabalho da atividade de processamento o elemento traçamento e desgalhamento consumiu 74% e na atividade de extração o elemento carregamento demandou 46% do tempo da atividade. Todas as atividades apresentaram disponibilidade mecânica abaixo de 80%, valor considerado baixo para máquinas de colheita florestal. O maior valor de eficiência operacional encontrado foi 85%, na atividade de derrubada e o menor na atividade extração com 51%. A produtividade total da atividade de colheita semimecanizada na área foi de 69,58 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Os valores de disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade em atividades de colheita semimecanizada avaliados neste estudo, servirão como base para produtores da região estabelecerem planejamento operacional das atividades de colheita.

**Palavras-chaves:** Eficiência Operacional. Estudo de tempos e movimentos. Produtividade.

## ABSTRACT

Wood supplying techniques and operations bringing high yield and production rates are important for better sustainable development. The objective of this work was to carry out an operational analysis of semi - mechanized forest activity for the production of charcoal in forest stands in the southern state of Tocantins. This study was conducted in an experimental area on the "Vale Verde" farm, located in the municipality of Aliança do Tocantins, in the southern state of Tocantins. The semi-mechanized harvesting system was evaluated, consisting of chainsaw, track tractor, stump truck and agricultural tractor with attached trailer. The operational analysis was performed through time and motion studies, and the elements of the operational cycle were evaluated, determining the mechanical availability, operational efficiency and productivity. The results show that the most time in the operational cycle of the felling was the slaughtering operation with 85%, in the working cycle of the processing activity the tracing element and the draining element consumed 74% and in the extraction activity the loading element demanded 46% of the time of the activity. All activities presented mechanical availability below 80%, a value considered low for forest harvesting machines. The highest operational efficiency value found was 85%, in the clearing activity and the lowest in the extraction activity with 51%. The total productivity of semi-mechanized harvesting activity in the area was 69.58 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. The values of mechanical availability, operational efficiency and productivity in semi-mechanized harvesting activities evaluated in this study will serve as a basis for producers in the region to establish operational planning of harvesting activities.

**Key-words:** Operational Efficiency. Study of times and movements. Productivity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Disposição do tempo em porcentagem das atividades que implicam a derrubada..	14
Figura 2- Disposição do tempo em porcentagem das atividades que implicam o processamento.....	15Y
Figura 3- Disposição do tempo em porcentagem das atividades que implicam a extração.....	16
Quadro 1- Caracterização das máquinas utilizadas no estudo.....	Y
Quadro 2 - Distribuição dos tempos dos elementos parciais da atividade de derrubada	
10Y	
Quadro 3- Distribuição dos tempos dos elementos parciais da atividade de processamento...	10
Quadro 4- Distribuição dos tempos dos elementos parciais da atividade de extração.....	10

## LISTA DE TABELAS

Y Tabela 1 - Número mínimo de observações em cada atividade.....	
Tabela 2 - Valores de disponibilidade mecânica obtidos nas atividades de colheita florestal semimecanizada para produção de carvão vegetal.....	17
Tabela 3 - Valores de eficiência operacional obtidos nas atividades de colheita florestal semimecanizada para produção de carvão vegetal.....	18
Tabela 4 - Valores de produtividade em % e em $m^3 \cdot h^{-1}$ das máquinas avaliadas nas atividades de derrubada, traçamento e desgalhamento e extração.....	19

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo .....</b>	<b>1</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	1
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância do setor florestal brasileiro.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Colheita florestal.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3</b>	<b>Corte florestal.....</b>	<b>4</b>
<b>2.4</b>	<b>Extração florestal.....</b>	<b>5</b>
<b>2.5</b>	<b>Estudo de Tempos e movimentos.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Sistemas de colheita.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracterização das máquinas.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4</b>	<b>Coleta de dados.....</b>	<b>8</b>
<b>3.5</b>	<b>Estudo de tempos e movimentos.....</b>	<b>9</b>
<b>3.6</b>	<b>Amostragem.....</b>	<b>11</b>
<b>3.7</b>	<b>Grau de disponibilidade mecânica.....</b>	<b>11</b>
<b>3.8</b>	<b>Eficiência operacional.....</b>	<b>12</b>
<b>3.9</b>	<b>Produtividade.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Distribuição percentual dos tempos que compõe a atividade de.....</b>	<b>14</b>
	<b>derrubada</b>	
<b>4.2</b>	<b>Distribuição percentual dos tempos que compõe a atividade de.....</b>	<b>15</b>
	<b>processamento</b>	
<b>4.3</b>	<b>Distribuição percentual dos tempos que compõe a atividade de.....</b>	<b>16</b>
	<b>extração</b>	
<b>4.4</b>	<b>Disponibilidade mecânica.....</b>	<b>17</b>
<b>4.5</b>	<b>Eficiência operacional.....</b>	<b>18</b>
<b>4.6</b>	<b>Produtividade das operações de colheita florestal.....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>21</b>



## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil existe uma demanda muito grande de carvão para as siderurgias, que só perdem para as empresas de papel e celulose no consumo de florestas. A necessidade dessa madeira para produzir energia não é só de grandes empresas, como de pequenas empresas regionais como por exemplo churrascarias e padarias, consumo residencial e agropecuário. O suprimento energético para a necessidade da população é atendido em grande parte por meio de empresas de pequeno porte no âmbito regional.

A colheita florestal é uma atividade extremamente onerosa em um povoamento florestal, com isto visando economicidade é necessitado avaliações minuciosas para diminuir o custo final do valor da madeira ao chegar na indústria. Assim, informações sobre jornadas de trabalho, são importantes para garantir uma maior eficiência nessas atividades, diminuindo os custos por operações e aumentando o rendimento por unidade do produto final.

O corte semimecanizado é um método caracterizado pelo trabalho físico e mecânico, e a ferramenta utilizada para esta atividade é o motosserra. As árvores são abatidas e processadas no local, facilitando o transporte desses troncos para o pátio ou para a beira da estrada. As principais desvantagens em relação ao método manual é que existe a necessidade de algum tipo de treinamento para os operadores e um custo maior para a aquisição de equipamentos, pore, tem maior rendimento na colheita.

Nas operações de colheita florestal o método de estudo de tempos e movimentos são de grande importância e mais utilizados, visto que existe o tempo gasto em cada período de trabalho dentro da colheita (MIALHE, 1974). O estudo de tempos e movimentos é uma estratégia utilizada para determinar o tempo que é necessário para que uma pessoa que tenha qualificação e treinamento, possa executar uma tarefa pré-estabelecida. (BARNES, 1977). O fator tempo é de extrema importância no estudo do trabalho, uma vez que podem ser utilizados para modificações ou melhorias de métodos, conseqüentemente aumentando os rendimentos operacionais.

Diante da carência de estudos sobre as operações de colheita semimecanizada na região sul do Tocantins, devido a falta de informação sobre eficiência operacional das atividades de colheita florestal e diminuição de custos nessas operações, assim torna-se necessário obter informações técnicas para a otimização dessas

atividades, possibilitando a maior produtividade através da colheita semimecanizada para produtores da região do Tocantins.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma avaliação técnica no sistema de colheita florestal semimecanizada para a produção de carvão vegetal em povoamento de eucalipto no sul do estado do Tocantins.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Executar um estudo de tempos e movimentos nas atividades de abate, processamento

e extração através do sistema de colheita florestal semimecanizada;

Avaliar os elementos do ciclo operacional de trabalho nas atividades no sistema de colheita semimecanizada;

Determinar a disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade no sistema de colheita semimecanizada

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Importância do setor florestal brasileiro**

O setor florestal até o final da década de 60, era pouco expressivo dentro da economia brasileira, quando a indústria era incipiente e não possuía fontes seguras de abastecimentos. Neste período, a concessão dos benefícios fiscais propiciou ao setor florestal um crescimento significativo na área reflorestada, principalmente com implantação de florestas de eucalipto. O programa de incentivos fiscais, embora passível de críticas, proporcionou grandes benefícios sociais com a criação de 700 mil empregos diretos e dois milhões indiretos (MACHADO, 2002).

O potencial florestal brasileiro é enorme, com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no país. A indústria brasileira de árvores plantadas é, atualmente, uma referência mundial por sua atuação pautada pela sustentabilidade, competitividade e inovação. Destinadas à produção de celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa, as árvores plantadas são fonte de centenas de produtos e subprodutos presentes em nossas casas e atividades cotidianas, exercendo papel fundamental na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e diversos serviços ambientais (IBÁ, 2017).

### **2.2 Colheita Florestal**

A colheita de madeira é a etapa mais importante do ponto de vista econômico, pois compreende três atividades básicas, ou seja, corte e processamento, extração e transporte (SANTOS; MACHADO, 1995).

Segundo TANAKA (1986) colheita florestal pode ser estabelecida como conjunto de ações realizadas em um maciço florestal, que tem como objetivo preparar e levar essa madeira até o local de transporte, utilizando métodos e padrões determinados, com objetivo de transformá-la em um produto. Dentro da atividade florestal, no ponto de vista econômico, a colheita é a parte mais importante, composta por atividades distintas: corte e processamento, extração e carregamento. (MACHADO, 2014). A exploração dessas atividades juntamente

com o transporte, pode representar mais de 50% dos custos totais da madeira na indústria (Rezende et al., 1983)

Introdução de equipamentos que substituem as ferramentas mais antigas como machado na colheita florestal, possibilitou o aumento da produtividade, diminuindo a participação do homem no processo produtivo, conseqüentemente diminuindo acidentes de trabalho (SANTOS, 1995). De acordo com Wadouski (1998), a forma que a colheita foi mecanizada, ainda que, não seja a única forma de controlar e racionalizar os custos de produção, possui grandes reduções em prazos relativamente curtos, considerando de grande importância no objetivo de aumentar a produção e humanização do trabalho florestal.

No sistema de colheita florestal realizar a avaliação sem considerar o grau de mecanização é uma condição indispensável, para corrigir qualquer alteração no processo produtivo, racionalizar, otimizar recursos e comparar diferentes métodos e equipamentos (LOPES, 2007)

Existem alguns métodos e sistemas de corte e processamento de árvores no campo, que por sua vez é influenciado pela espécie florestal, idade que o povoamento, destino da madeira e considerações gerais da área com o plantio florestal. Com base nesses dados, o sistema de corte e processamento dessa madeira será o conjunto de fatores que condicionam o sistema que será mais efetivo naquele local. Para cada grupo de condicionantes específico existe certamente um sistema e um método que se encaixa melhor e possa proceder a colheita e o beneficiamento dessa madeira (SILVA et al., 2003).

Sistema de árvores completas (whole tree) tem como estratégia a retirada da árvore inteira, inclusive com as raízes, de forma que ela possa ser utilizada por completa, quando as raízes apresentam algum valor comercial, o sistema é viável. É um sistema pouco utilizado, uma vez que atualmente possui pouca tecnologia e é uma atividade trabalhosa e requer grande potência dos equipamentos. (MACHADO, 2014)

A colheita semimecanizada que é o método de colheita emprega o uso de motosserras, tratores adaptados e etc., pode ser uma alternativa viável para pequenas propriedades, pequenas demandas, produtores que não dispõe de recurso financeiro para aquisição de máquinas florestais (ESPERANDIO e CECILIO, 2017)

### **2.3 Corte Florestal**

O corte florestal possui uma grande importância, é a primeira etapa da colheita, influenciando na produtividade das operações subsequentes. O corte se refere a todo processo

desde o abate, desganhamento, destopamento, e toragem da madeira até a sua retirada da área (MACHADO 2014). Fatores que influenciam na eficiência do corte são: diâmetro de tronco, densidade do plantio, declive do terreno, tipo de máquina ou equipamento que está sendo utilizado e treinamento do operador (CANTO, 2006).

Segundo OLIVEIRA et al. (2006), mesmo com a disponibilidade da tecnologia que temos hoje, muitas empresas brasileiras ainda usam os sistemas manuais e semimecanizado, por se localizarem em regiões com relevo desfavorável ou a falta disponibilidade de mão-de-obra qualificada. Esse quadro com o tempo irá diminuir gradativamente, por serem métodos antigos e ultrapassados tanto tecnicamente e economicamente, proporcionando a redução na diminuição da produtividade e elevando os custos de produção.

BERTIN (2010), A derrubada das arvores é a primeira operação do corte florestal, sendo considerada uma das mais perigosas. Podendo ser efetuada de forma semimecanizada, com uso de motosserra, e mecanizada com a utilização de máquinas. Na sequência vem o desganhamento que pode ser feito de forma manual, semimecanizada e mecanizada. De acordo com Salmeron (1980), o rendimento do desganhamento vai depender do diâmetro da árvore e dos galhos, do comprimento do tronco e qual ferramenta será utilizada. O traçamento das toras em dimensões pré-estabelecidas, também pode ser realizado de maneira semimecanizado e mecanizado. A produtividade se dá baseada no diâmetro das arvores, comprimento dos toretes, qual ferramenta será empregada, como as arvores estão dispostas após a queda, treinamento de operadores e topografia do local (BERTIN, 2010).

## **2.4 Extração florestal**

A extração florestal é o processo de retirada da madeira do talhão e levá-la para um local de armazenagem provisória, como margem de estrada, carreador, pátio intermediário ou local de processamento. A extração dessa madeira acaba se tornando um dos pontos críticos da colheita florestal, exigindo planejamento da operação, de maneira a utilizar equipamentos mais indicados dentro de cada sistema. Os fatores que podem influenciar na extração florestal são: densidade do talhão, topografia do local, tipo de solo, volume de cada árvore, distância do transporte e disponibilidade de capital (MACHADO, 2014).

Segundo Malinovski e Malinovski (1998) os processos de extração florestal diferem de acordo como é feita a retirada dessa carga, dependendo da forma que será realizado ou o tipo de equipamento empregado, sendo eles:

- Arraste é quando a carga é removida por tratores, extração manual e animal, estando a carga parcialmente ou totalmente apoiada sobre o solo (BERTIN, 2010).

- Baldeio é quando o transporte é feito por máquinas com plataforma de carga (SALMERON, 1980; CANTO, 2006; ZAGONEL, 2005).

## **2.5 Estudo de tempos e movimentos**

O estudo de tempos e movimentos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com objetivos de desenvolver, o melhor sistema e método dentro das diversas limitações, padronização desses métodos e sistemas, determinar o tempo que uma pessoa qualificada, treinada, trabalhando em um ritmo normal do seu dia a dia para execução de uma tarefa ou uma operação para um fim específico e orientação do trabalhador no método que está sendo utilizado. A principal preocupação deve ser em métodos e sistemas de trabalho, para determinar um método ideal ou o que mais se aproxima do ideal para que possa ser usado na prática (BARNES, 1977).

Independentemente do grau de mecanização da colheita, o estudo de tempos e movimentos é utilizado para avaliar o sistema, permitindo que seja feita correções ou alterações no processo de produção, com objetivo de melhorar os resultados. É uma ferramenta de extrema importância na comparação de equipamentos e métodos, proporcionando que se possa ajustar as equações para a estimativa de rendimento das máquinas e as condições dos trabalhadores. (MACHADO, 1984)

As primeiras aferições de trabalho e produtividade com o estudo de tempos foi feito por Taylor, no ano de 1881, ele efetuou pela primeira vez o estudo de tempos e movimentos em sua empresa. Com esse estudo ele detectou algumas falhas dentro dos processos de trabalho. Após isso foram aplicadas providencias para a correção dessas falhas, obtendo um aumento considerável em sua produtividade. (MINETTE, 1988).

Os métodos mais utilizados de cronometragem, de acordo com STÖHR (1978) são:

- Método de tempo contínuo, onde no ato da medição não ocorre a paralização do cronometro, ocorrendo de forma contínua;

- Método de tempo individual, na ocorrência da medição ocorre a paralização do cronometro em cada ponto medido, significa que cada atividade parcial é medida individualmente;

- Método de multimomento, medindo a frequência de ocorrência de cada atividade parcial no desenrolar do trabalho.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da área de estudo**

A pesquisa foi realizada em povoamento florestal homogêneo de Eucalipto de primeiro corte, com oito anos de idade, para a produção de carvão vegetal.

A área experimental está localizada no Sul do estado do Tocantins, no município de Aliança do Tocantins. A área possui 105 hectares, relevo plano, altitude média de 330 m acima do nível do mar, clima classificado como Tropical Savânico (Aw) segundo classificação de Köppen, apresentando a estação mais seca no inverno, onde o mês mais seco tem uma precipitação menor que 4% da precipitação total anual, temperatura média de 26.1°C e precipitação média anual de 1617 mm.

O solo presente na área de estudo foi classificado como Latossolo vermelho devido aos altos teores de óxidos de ferro (EMBRAPA, 2013).

De acordo com registro de inventário pré-corte, no momento da colheita havia aproximadamente 1660 árvores por ha, com espaçamento 3x2m e um volume médio de 170 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> com casca.

#### **3.2 Sistemas de colheita**

O sistema de colheita avaliado foi o de árvores completas (whole tree), onde é feito a retirada das árvores no interior do talhão com raízes. Esse sistema era composto pelas operações de derrubada, com trator de esteira, traçamento e desgalhamento com motosserra, enleiramento, com ajudantes (manual) e extração (baldeio) com trator agrícola com reboque acoplado e caminhão “toco”.

A escolha do sistema de árvores completas pelo produtor rural ocorreu por um motivo específico, a área em questão será utilizada para agricultura posteriormente, com isso a necessidade da retirada das raízes. Além desse sistema, permitir um maior aproveitamento por árvore, já que as raízes também serão utilizadas para a produção do carvão vegetal.

### 3.3 Caracterização das máquinas

Quadro 1. Caracterização das máquinas utilizadas no estudo:

Máquina	Descrição
	<p>Trator de esteira            Modelo: Fiatallis AD7B            Potência: 92CV            Ano: 1982</p>
	<p>Motoserra: MS 361            Cilindrada(cm<sup>3</sup>): 59            Corrente 26 RS 3/8”            Peso(kg): 5.6            Potência (kW/cv): 3.4/4.6</p>
	<p>Caminhão Toco            Mercedes 1113            Potência(cv): 130            Ano: 1970</p>
	<p>Trator: CBT 8240            Motor: Perkins            Potência: 85 cv            Ano: 1986</p>

Fonte: Autor

### 3.4 Coleta de dados

Os dados foram coletados entre os meses de maio e junho de 2019, o trabalho foi dividido em três etapas para facilitar a interpretação dos dados: a primeira foi o acompanhamento da derrubada com trator de esteira, o mesmo derrubava as árvores com suas raízes em um eito de 1 linha. Após a derrubada era feito uma queimada branda na área durante 7 a 14 aproximadamente dias para retirada parcial de galhos e folhas das árvores e

para afugentar algum animal que ainda esteja dentro do talhão, facilitando a operação subsequente.

A segunda etapa foi o acompanhamento da atividade de processamento com operador de motosserra, o mesmo entrava no talhão após alguns dias da área queimada. Essas operações eram feitas em um eito de corte de três linhas, as toras eram traçadas em 1,5 m de comprimento.

Antes de se realizar a terceira etapa (extração), era feito na área o enleiramento (ato de forma leiras de madeira) das toras traçadas ao longo da linha de corte. Essa atividade era feita manualmente por um ajudante, com objetivo de limpar o trilho para a passagem da máquina de extração e amontar as toras para facilitar o carregamento. A atividade não foi avaliada no estudo devido falta de padronização, não era possível avaliar o volume de madeira enleirada ao final da jornada de trabalho.

A terceira e última etapa era a extração, feita por um caminhão “toco” e um trator agrícola com um reboque, ambas eram realizadas simultaneamente dentro talhão. Cada máquina entrava em uma linha e era operada por um trabalhador. Cada trabalhador fazia o carregamento das toras enleiradas no compartimento de carga da sua máquina. Após o carregamento, as máquinas se deslocavam para área dos fornos de carvão vegetal, que ficava na proximidade (<500 m) do talhão. Na área dos fornos, as máquinas eram descarregadas pelo próprio operador de forma de manual.

Todas as atividades iniciavam por volta das 06:00 e não tinham uma jornada fixa de trabalho. Devido a forma de pagamento ser por produtividade, os trabalhadores determinavam a duração da sua jornada de trabalho. Por ser um trabalho exaustivo, todos optavam por iniciar no início da manhã para evitar os horários com as temperaturas maiores, assim as horas trabalhadas por dia de cada atividade variavam muito.

### **3.5 Estudo de tempos e movimentos**

A metodologia utilizada para o estudo de tempos e movimentos foi de tempo contínuo, onde não há a parada do cronômetro. A obtenção dos tempos dos elementos parciais das atividades de derrubada, traçamento, desgalhamento e extração foi feita conforme estudo de tempos, e são apresentados nas tabelas abaixo.

Quadro 2. Distribuição dos tempos dos elementos parciais da atividade de derrubada

Elementos parciais	Descrição
Manobra	Tempo após a derrubada da última árvore do eito, até o trator de esteira se deslocar para iniciar a derrubada da primeira árvore da próxima linha.
Derrubada	Tempo que o trator de esteira encosta na árvore até o momento que ela toca o solo.
Pausa	Parada da atividade por motivos diversos.

Fonte: Autor

Quadro 3. Distribuição dos tempos dos elementos parciais da atividade de processamento

Elementos parciais	Descrição
Abastecimento e afiação	Tempo gasto para abastecimento e afiação do motosserra durante a jornada de trabalho.
Traçamento	Tempo gasto para processar as árvores.
Pausa	Parada da atividade por motivos diversos.

Fonte: Autor

Quadro 4. Distribuição dos tempos dos elementos parciais da atividade de extração

Elementos parciais	Descrição
Aquecimento e deslocamento	Tempo em que a máquina foi ligada, até o tempo que se iniciou o deslocamento até o talhão
Deslocamento Vazio	Tempo que a máquina fez o deslocamento vazio após ser descarregada e durante a saída da sede até o talhão.
Carregamento	Tempo marcado a partir do momento que a primeira tora foi colocada em cima da máquina até o momento que a última foi colocada.
Descarregamento	Tempo que a primeira tora foi retirada da máquina até o descarregamento completo.
Pausa	Parada da atividade por motivos diversos.

Fonte: Autor

### 3.6 Amostragem

Segundo a metodologia proposta por BARNES (1999) foi feito um estudo piloto inicialmente na área de estudo para definir número mínimo de observações necessárias, a fim de proporcionar um erro de amostragem de no máximo 10% por meio da equação 1:

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

Em que:

$n$  = número mínimo de ciclos operacionais necessários;

$t$  = Valor de t (tabela Student) para o nível de probabilidade desejado graus de liberdade( $n-1$ );

$CV$  = Coeficiente de variação (%);

$E$  = Erro admissível estipulado para o trabalho (10%).

Os dados referentes ao estudo preliminar para definir o número mínimo de observações são apresentados na Tabela 1

Tabela 1. Número mínimo de observações em cada atividade.

<b>Ciclos</b>	<b>P</b>	<b>N</b>
Derrubada	200	61,73
Processamento	35	24,06
Extração	10	4,92

$P$  = Número de ciclos que foram amostrados;

$n$  = número mínimo de ciclos a serem amostrados

### **3.7 Grau de disponibilidade mecânica**

A disponibilidade mecânica é a porcentagem de tempo em que a máquina está apta mecanicamente para a realização do trabalho, considerando o tempo em que ele está em conserto ou manutenção. Sendo expressada pela equação 2 (LOPES et al., 2016; GUEDES et al., 2017; DINIZ et al., 2017):

$$Dm = \frac{H - TPM}{H} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$Dm$  = Grau de disponibilidade mecânica em %;

$H$  = Horas totais (H);

$TPM$  = Tempo em que a máquina permaneceu em manutenção.

### 3.8 Eficiência Operacional

De acordo com Oliveira *et al.* (2009) é a porcentagem de tempo trabalhado efetivamente relacionado com o tempo total programado para uma jornada. Expressa pela equação 3:

$$Eo = \frac{He}{He + Hp} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

$Eo$  = eficiência operacional em %;

$He$  = Horas trabalhadas efetivamente;

$Hp$  = Horas de paradas operacionais.

### 3.9 Produtividade

A determinação da produtividade ( $m^3 h^{-1}$ ) das atividades foi estimada por meio do volume médio por árvore, fornecido pela tabela de inventário pré-corte, tendo seu valor multiplicado pelo número de árvores derrubadas, traçadas e extraídas no intervalo das horas trabalhadas efetivamente. A partir do inventário pré corte, foram obtidos os valores de volume médio individual das árvores. Expressa pela equação 4:

$$\prod i \frac{(na \times va)}{He} \quad (4)$$

Em que:

$Prod$  = Produtividade em ( $m^3 h^{-1} i$ );

$na$  = Número de árvores colhidas em uma jornada de trabalho;

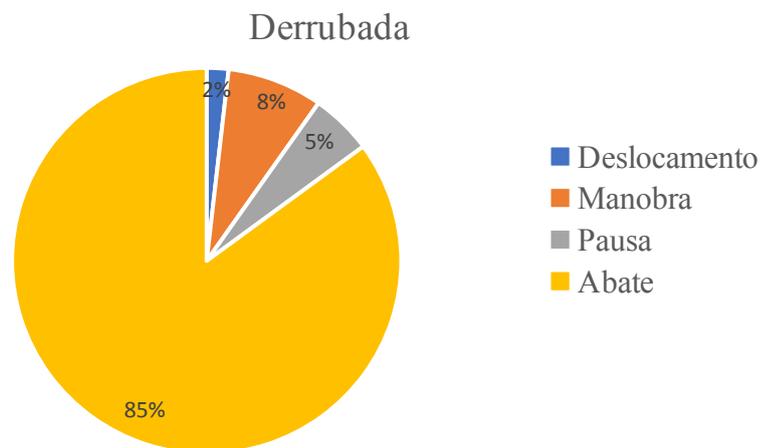
$va$  = Volume médio por árvore em  $m^3$ ;

$He$  = Horas de trabalho efetiva.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Distribuição percentual dos tempos que compõe a atividade de derrubada

A disposição dos tempos da atividade de derrubada com trator de esteira é apresentada na Figura 1.



Fonte: Autor

Valores representam o tempo que cada elemento parcial consumiu dentro do ciclo operacional da atividade de derrubada. O tempo de 2% de deslocamento se deve ao trator de esteira ficar no talhão, diminuindo drasticamente o tempo gasto com deslocamento.

O maior tempo do ciclo operacional da derrubada foi destinado a operação de abate (85%), tal fato se deve a maior comprimento da linha do talhão, de aproximadamente 1 quilômetro e a mecanização da operação de abate, possibilitando a realização da operação várias vezes durante o ciclo. Ressaltando que a jornada de trabalho desse ciclo operacional era determinada pelo operador, muitas vezes duravam 4 horas dia.

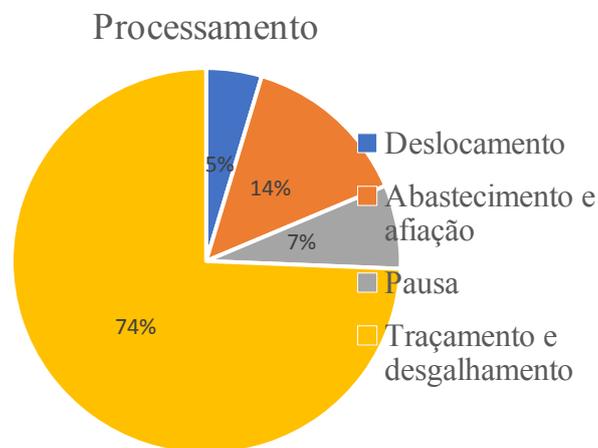
O tempo gasto com manobra foi de 8%, corroborando com fato do grande comprimento das linhas do eito de corte.

Segundo Nascimento et al. (2015) avaliando atividade de colheita de árvores inteiras com Feller-buncher em um povoamento de eucalipto, obtiveram valores de derrubada de 66%, e deslocamento de 21%. Esses valores maiores,

devem-se, provavelmente ao comprimento das linhas, e o trator ficar sempre dentro do talhão.

#### 4.2 Distribuição percentual dos tempos que compõe a atividade de processamento

A disposição dos tempos da atividade de processamento com a motosserra é apresentado na Figura 2.



Fonte: Autor

Dentro do ciclo de trabalho da atividade avaliada o elemento traçamento e desgalhamento foi a que consumiu o maior tempo (74%). Tal fato se deve ao comprimento médio de 20 m das árvores, traçamento em toretes de 1,5 m e a proximidade entre as mesmas, diminuindo o tempo de deslocamento entre uma árvore traçada e outra a ser traçada.

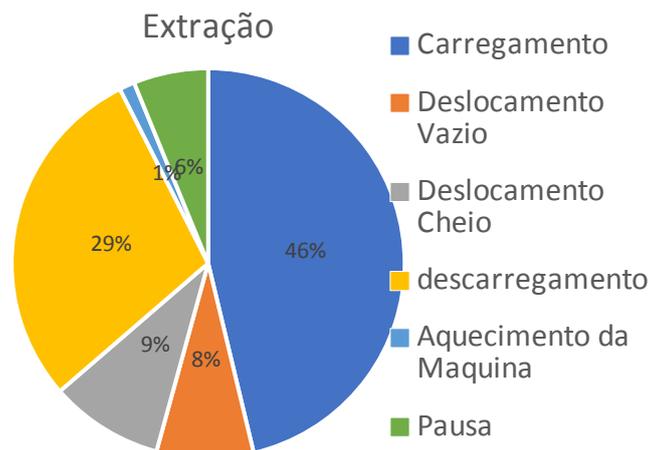
O segundo maior tempo foi da operação de afiação e abastecimento, 14% do tempo total do ciclo. Tal fato pode ser explicado pela necessidade de reabastecer a máquina várias vezes durante o dia e a afiação das lâminas é de grande importância para produtividade, já que uma lâmina que não tem uma boa afiação compromete o corte.

De acordo com Gonçalves (2011) avaliando atividade de colheita semimecanizada no Sul do Espírito Santo, obteve valores de 48% na operação de medição e traçamento. Esses valores maiores, provavelmente, devem-se, por conta das árvores se encontrarem mais próximas, pelo fato de ter passado o fogo

anteriormente, diminui o tempo de deslocamento dentro da área da atividade e possivelmente por ser uma jornada mais curta de trabalho, proporcionando uma produtividade maior.

#### 4.3 Distribuição percentual dos tempos que compõe a atividade de extração

A disposição dos tempos da atividade de extração por um caminhão “toco” e um trator agrícola com um reboque é apresentada na Figura 3.



Fonte: Autor

O elemento parcial carregamento foi o que demandou maior tempo (46%) do total do ciclo. Tal fato é explicado pela operação ser realizada por único trabalhador, onde o mesmo carregava o reboque com as toras manualmente e ainda opera o deslocamento da máquina dentro do talhão.

Os elementos deslocamento vazio e cheio demandaram 18%. O nível elevado de depreciação das máquinas contribuiu para menor velocidade de deslocamento e consequentemente consumo de tempo na atividade.

O descarregamento consome 29% do tempo total da atividade, sendo 37% mais eficiente que a atividade de carregamento, por ser feita com a máquina parada em um local, e as toras serem empilhadas no chão, deixando a atividade bem mais rápida.

Segundo Minetti et al. (2004) avaliando Forwarder em sistemas de colheita de floresta de Eucalipto, obteve valores de carregamento e descarregamento juntos de 80% e deslocamento de 13%. Para os valores de carregamento e descarregamento abaixo, deve-se, provavelmente devido as máquinas terem menor compartimento, conseqüentemente o tempo para carregamento e descarregamento são menores. Para os valores de deslocamento acima, provavelmente é por conta de as máquinas serem lentas por conta da falta de manutenção. Aumentando muito o tempo da atividade.

#### 4.4 Disponibilidade Mecânica

Na Tabela 2. São apresentados os valores de disponibilidade mecânica das máquinas avaliadas nas atividades de derrubada, traçamento e desgalhamento e extração.

Atividades	Disponibilidade Mecânica (%)
Derrubada	58
Processamento	72
Extração	50

Fonte: Autor

Todas as atividades apresentaram disponibilidade mecânica abaixo de 80%, valor, este, considerado baixo para máquinas de colheita florestal. Silva et al. (2010) encontraram valores de disponibilidade mecânica média das máquinas de corte florestal (Harvester) de 90,3%, já Linhares et al. (2012) encontraram 92%, para a máquina de extração (Forwarder). A disponibilidade mecânica das máquinas florestais está em torno de 92%, para equipamentos novos, e 85%, para equipamentos com maior tempo de uso (FONTES; MACHADO, 2002).

Valores muito baixos de disponibilidade mecânica afetam diretamente a produtividade da atividade, pois diminui o tempo disponível trabalhado, conseqüentemente afetando de forma negativa as atividades de colheita florestal. Aumentar a disponibilidade de uma máquina implica em reduzir o número de falhas ocorridas, aumentar a rapidez com que estas são corrigidas e melhorar os procedimentos de trabalho e logística, bem como a interdependência destes fatores (FONTES; MACHADO 2002).

De acordo com Milan e Peloia (2010), a medição e o controle do desempenho operacional das máquinas florestais são fundamentais para controlar e auxiliar na tomada de decisões, do nível estratégico ao operacional.

#### 4.5 Eficiência Operacional

Na Tabela 3. São apresentados os valores de eficiência operacional das máquinas avaliadas nas atividades de derrubada, processamento e extração.

Atividades	Eficiência Operacional (%)
Derrubada	85
Processamento	69
Extração	51

Fonte: Autor

Os valores de eficiência operacional variam muito dentro das atividades. O maior valor (85%) foi encontrado na atividade de derrubada e o menor (51%) na atividade de extração. A literatura recomenda uma eficiência operacional mínima de 70% para máquinas de colheita florestal (MACHADO 1989).

A maior eficiência operacional da derrubada pode ser devido a atividade, ser a única entre as demais, a realizar o ciclo operacional de forma totalmente mecanizada, quanto maior grau de mecanização da atividade normalmente maior é a eficiência operacional. Segundo Linhares et al., (2012), a eficiência operacional encontrada pode ser considerada satisfatória, contudo, é possível aumentá-la, reduzindo as horas em que as máquinas ficaram paradas e, conseqüentemente, aumentando as horas de trabalho efetivo.

A baixa eficiência operacional da extração pode ser explicada pelo desgaste do operador na realização da operação de carregamento de forma manual. Quanto mais esforço físico a atividade exige, maior é o tempo de pausa durante o ciclo de trabalho, prejudicando

assim a eficiência da operação. Outro fator é o alto grau de depreciação das máquinas utilizadas na atividade, causando aumento do tempo de paradas operacionais.

Para aumentar a eficiência das máquinas e equipamentos, na colheita florestal, é necessário conhecer os motivos que ocasionam as perdas de tempo nas atividades, realizar periodicamente manutenções preventivas, planejar adequadamente o sistema de colheita de madeira e diminuir o tempo que estas máquinas ficam paradas (CECHIN, 2000).

#### 4.6 Produtividade das operações de colheita florestal

Na Tabela 4. São apresentados os valores de produtividade das máquinas avaliadas nas atividades de derrubada, processamento e extração.

Atividades	Prod. ( $m^3.h^{-1}$ )
Derrubada	54,62
Processamento	7,12
Extração	7,84

Fonte: Autor

A produtividade total da atividade de colheita semimecanizada na área foi de  $69,58 m^3.h^{-1}$ . Gonçalves (2011), de  $83 m^3.h^{-1}$  de produtividade total em atividades de colheita semimecanizada, derrubada, processamento e extração. Os valores menores de produtividade observados neste trabalho, podem ser atribuídos aos baixos valores de disponibilidade mecânica e eficiência operacional.

A derrubada teve a maior produtividade com  $54,62 m^3.h^{-1}$ , por ser uma atividade mecanizada, não exige tanto esforço físico do operador como nas outras atividades avaliadas. Gonçalves (2011) que encontrou  $33,75 m^3 h^{-1}$  para a mesma atividade. O maior valor de derrubada observado neste estudo pode ser atribuído ao fator da operação ser feita de forma totalmente mecanizada, divergindo da avaliada por Gonçalves, que utilizou motosserra.

O processamento apresentou a menor produtividade das atividades de colheita com  $7,12 m^3.h^{-1}$ . Por ser realizada com motosserra é a atividade com menor grau de

mecanização entre as demais avaliadas, conseqüentemente, apresenta um rendimento mais baixo.

## **5 CONCLUSÕES**

1- Os elementos parciais das atividades apresentaram baixo tempo de pausa operacionais e não operacionais.

2- Todas as atividades avaliadas apresentaram disponibilidade mecânica baixa para máquinas de colheita florestal

3- A eficiência operacional da atividade de derrubada foi alta devido ao grau de mecanização da atividade. Já as atividades de processamento e extração foram baixas comparados a outras atividades de colheita semimecanizada

4- A produtividade da derrubada foi alta, em função do grau de mecanização da atividade.

5- Valores de disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade em atividades de colheita semimecanizada avaliados neste estudo, servirão como base para produtores da região estabelecerem planejamento operacional das atividades colheita.

## **6 RECOMENDAÇÕES**

Diante do que foi constatado no estudo de tempos e movimentos na área onde foi instalado o experimento, existe algumas sugestões de recomendação para que melhore a produtividade, que são:

- 1- Obtenção de equipe especializada em manutenção das máquinas;
- 2- Possibilidade de compra de máquinas mais novas;
- 3- Jornada de trabalho mais estabilizada;
- 4- Aumentar o numero de trabalhadores nas atividades de processamento extração;
- 5- Manutenção de estradas e
- 6- Estrutura de apoio no local de trabalho.

## 7 REFERÊNCIAS

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Editora Edgard Blucher, 1977.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. Rio de Janeiro: E. Blucher, 1999. 635 p.

BERTIN, Victor Augusto Soares. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação**. p.21-28. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu –SP, 2010.

CANTO, J. L.; **Diagnóstico da colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

CANTO, J. L. do; MACHADO, C. C.; GONTIJO, F. M. Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no Estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 989-998, nov./dez. 2006.

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

CARDOSO MACHADO, Carlos. **Exploração florestal**. Viçosa: UFV, 1989.

CARDOSO MACHADO, Carlos. **Colheita florestal**. Universidade Federal de Viçosa, 2002.

CARDOSO MACHADO, Carlos. **Colheita Florestal**. Viçosa-MG: UFV, 2014. 543p.

CECHIN, Nirlene Fernandes. **Análise da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e dos equipamentos utilizados no corte raso de povoamentos florestais na região do planalto norte de Santa Catarina**. 2000. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

DE OLIVEIRA, Robson José et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Clambunk Skidder”. **Árvore**, v. 30, n. 2, p. 267-275, 2006.

DINIZ, Carlos Cezar Cavassin et al. Manutenção preventiva como determinante para redução de custos de manutenção de um feller buncher. **BIOFIX Scientific Journal**, v.2, n.2, p.43-47, 2017.

GONÇALVES, Saulo Boldrini. **Análise técnica das atividades de colheita semimecanizada em áreas declivosas no sul do Espírito Santo**. 23 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES, 2011.

GUEDES, Ilvânio Luiz et al. Avaliação do desempenho e custos de dois sistemas de cabos aéreos na extração de madeira de eucalipto. **Ciência Florestal**, v.27, n.2, p.571-580, 2017.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. 2017.

LINHARES, M.; JÚNIOR, C.R.S.; CAMPOS, F.; YAMAJI, F.M. Eficiência e desempenho operacional de máquinas harvester e forwarder na colheita florestal. **Revista da Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 212-219, 2012.

LOPES, E.S. et al. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do forwarder no desbaste comercial de *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, v.44, n.109, p.57-66, 2016.

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

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

MIALHE, Luiz Geraldo. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. p.301.]

MINETTE, Luciano José. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (Forwarders) na extração da madeira de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1988 (Dissertação de Mestrado).

MINETTE, Luciano José et al. Análise técnica e econômica do forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2004.

NASCIMENTO, Amanda Coimbra Nascimento et al. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2015.

OLIVEIRA, D. de; LOPES, E. da S.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder em extração de toras de pinus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p.525-533, 2009.

PELOIA, Paulo R.; MILAN, Marcos. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 681-691, 2010.

REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. D. **Espaçamento ótimo para a produção de madeira**. Revista Árvore, v. 7, n. 1, p. 30-43, 1983.

SALMERON, Arnaldo. A mecanização da exploração florestal. **Piracicaba: IPEF**, 1980. (Circular técnica, 88) p. 1-10.

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 1995.

SILVA, Elizabeth Neire da et al. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de Pinus sp. com harvester. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, 2010.

SILVA R. S.; FENNER P. T.; CATANEO A. Desempenho de máquinas florestais de colheita derrubador-processador Slingshot sobre as esteiras. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL**, v.6., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFV; SIF, 2003. p. 267-279.

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2013.

SPERANDIO, Huezer Viganô; CECÍLIO, Roberto Avelino. Atributos físicos do solo em área sob colheita florestal semimecanizada no estado do espírito santo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 69-74, 2017.

STOHR, Gerhard Wilhelm Dihmer; LEINERT, Sebastian. Importância e aplicação do estudo do trabalho. **Floresta**, v. 9, n. 1, 1978.

TANAKA, O. P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, n. 141, p. 24-30, 1986.

WADOUSKI, L. H. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira. In: **SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL**, 10., 1998, Curitiba. Anais... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 77-84.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de Pinus Taeda**. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.