

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

DIEGO LINGNER

**DESEMPENHO DE *FORWARDER* EM CORTE FINAL DE *Pinus* spp.  
CONSIDERANDO DIFERENTES OPERADORES**

Curitibanos

2017

DIEGO LINGNER

**DESEMPENHO DE *FORWARDER* EM CORTE FINAL DE *Pinus* spp.  
CONSIDERANDO DIFERENTES OPERADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. M.Sc. Marcelo Bonazza

Curitibanos  
2017

Lingner, Diego

Desempenho de forwarder em corte final de Pinus spp. considerando diferentes operadores / Diego Lingner ; orientador, Marcelo Bonazza, 2017.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2017.

Inclui referências.

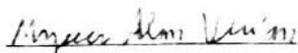
1. Engenharia Florestal. 2. Extração de madeira. 3. Avaliação técnica. 4. Tempos e movimentos. 5. Fatores influentes. I. Bonazza, Marcelo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Diego Lingner

**DESEMPENHO DE *FORWARDER* EM CORTE FINAL DE *Pinus* spp.  
CONSIDERANDO DIFERENTES OPERADORES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal.

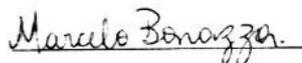
Curitiba, 03 de julho de 2017.



Prof. Magnos Alan Vivian, Dr.

Coordenador do Curso de Engenharia Florestal

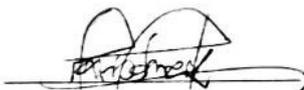
**Banca Examinadora:**



Prof. Marcelo Bonazza, M.Sc.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Mario Dobner Jr., Dr.

Membro Titular

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Neilor Bugoni Riquetti, Dr.

Membro Titular

Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional.

Aos meus familiares, principalmente meus pais Wilson e Miriam, meus irmãos Denis e Denilson, pelo apoio, confiança e incentivo durante todo o período de graduação.

À Gabriela pelo apoio, companheirismo e paciência em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. M.Sc. Marcelo Bonazza, pelos ensinamentos proporcionados, apoio e compreensão no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da Banca examinadora: Prof. Dr. Mário Dobner Júnior e Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti.

À Berneck S.A. – Painéis e Serrados pelo apoio e permissão de realização do estudo em sua área de colheita.

Ao Eng. Florestal Hamilton pelo apoio e conselhos no desenvolvimento do estudo.

Ao supervisor de colheita florestal Maurício, que prestou todo apoio para realização e desenvolvimento do trabalho.

Aos colaboradores do setor florestal pelo apoio e compreensão na realização do estudo.

Aos amigos e professores que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar o desempenho dos *forwarders* considerando diferentes operadores, na etapa de extração de *Pinus* spp. No estudo foram analisados o tempo total efetivo do ciclo operacional, as interrupções ocorridas e a influência de fatores externos no desempenho do equipamento. Para tal, os dados foram coletados em área de colheita, localizada em Santa Cecília – SC, realizada pela empresa Berneck S.A. – Painéis e Serrados. Foram avaliados sob sistema de toras curtas (*cut-to-length*) três operadores de *forwarder* com diferentes tempos de experiência, operador 01 (4 meses), operador 02 (12 meses) e operador 03 (24 meses). A análise operacional foi realizada por meio de estudo de tempos e movimentos, avaliando o trabalho efetivo, as interrupções, os elementos do ciclo operacional, determinadas as produtividades de cada operador, a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional. Também analisou-se a significância dos fatores influentes na operação no tempo total efetivo do ciclo e produtividade por meio de Modelo Linear Generalizado (GLM). Os resultados demonstraram que o *forwarder* do operador 02 com experiência intermediária foi mais eficiente que os demais, por conta do menor tempo despendido por interrupções ocasionadas por manutenção, afetando diretamente na disponibilidade mecânica e eficiência operacional. Com relação à produtividade nominal, o operador 02 também foi superior aos demais com 61,7 m<sup>3</sup><sub>cc</sub>.he<sup>-1</sup>, já para os operadores 01 e 03, a produtividade foi de 48,1 m<sup>3</sup><sub>cc</sub>.he<sup>-1</sup> e 50,3 m<sup>3</sup><sub>cc</sub>.he<sup>-1</sup>, respectivamente. Verificou-se que para tempo total efetivo, as variáveis significativas foram sortimento, número de garradas no carregamento e descarregamento, distância de extração, local de descarregamento, número de deslocamentos no carregamento e declividade. Para produtividade foram significativas sortimento, número de garradas no carregamento e descarregamento, distância de extração, local de descarregamento, número de deslocamentos no carregamento, declividade e operador ao nível de 5% de probabilidade. De maneira geral os operadores 01 e 03 estão com indicadores abaixo dos encontrados na literatura, porém a produtividade dos três operadores é superior aos valores encontrados por outros autores.

**Palavras-chave:** Extração de madeira. Avaliação técnica. Tempos e movimentos. Fatores influentes.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the performance of forwarders considering different operators, during the Pinus spp. The study analyzed the total effective time of the operational cycle, the interruptions occurred and the influence of external factors on the equipment performance. For that, the data were collected in the area of harvest, located in Santa Cecília - SC, performed by Berneck S.A. - Panels and Saws. Three forwarder operators with different experience times were evaluated under short log system, operator 01 (4 months), operator 02 (12 months) and operator 03 (24 months). The operational analysis was performed by means of a study of times and movements, evaluating the effective work, interruptions, elements of the operational cycle, determined the productivity of each operator, mechanical availability and operational efficiency. It was also analyzed the significance of the influencing factors in the operation in the total effective time of the cycle and productivity through Generalized Linear Model (GLM). The results showed that the forwarder of operator 02 with intermediate experience was more efficient than the others, due to the shorter time spent by interruptions caused by maintenance, affecting directly the mechanical availability and operational efficiency. Regarding nominal productivity, operator 02 was also higher than the others with 61.7 m<sup>3</sup>cc.he-1, while for operators 01 and 03, the productivity was 48.1 m<sup>3</sup>cc.he-1 and 50.3 m<sup>3</sup>cc. He-1, respectively. It was verified that for the total effective time, the significant variables were assortment, number of grabs in loading and unloading, distance of extraction, place of unloading, number of displacements in loading and slope. For productivity, there were significant assortments, number of grabs in loading and unloading, extraction distance, unloading location, number of displacements in loading, declivity and operator at the 5% probability level. In general, the operators 01 and 03 are with indicators below those found in the literature, but the productivity of the three operators is higher than the values found by other authors.

**Keywords:** Extraction of wood. Technical evaluation. Times and movements. Influential factors.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Localização da área de estudo.....   | 18 |
| <b>Figura 2</b> – Dimensões do forwarder John Deere 1710D. Fonte: RITCHIESPECS (2017).....   | 19 |
| <b>Figura 3</b> – Distribuição percentual da relação de Trabalho Efetivo e Interrupções no ciclo operacional. A: operador 01; B: operador 02; C: operador 03 .....                       | 25 |
| <b>Figura 4</b> – Distribuição percentual dos elementos do ciclo operacional para cada operador. A: operador 01; B: operador 02; C: operador 03.....                                     | 26 |
| <b>Figura 5</b> – Distribuição percentual das interrupções no ciclo operacional para cada operador. A: operador 01; B: operador 02; C: operador 03.....                                  | 27 |
| <b>Figura 6</b> – Disponibilidade mecânica em percentagem (%) para cada operador. ....   | 28 |
| <b>Figura 7</b> – Eficiência operacional em percentagem (%) para cada operador. ....   | 28 |
| <b>Figura 8</b> – Produtividade média em $m^3_{cc}.he^{-1}$ e média do tempo total efetivo para cada operador.....   | 29 |
| <b>Figura 9</b> – Tendência dos fatores para produtividade ( $m^3 cc. he^{-1}$ ) e tempo total (min). A: Distância (m); B: Declividade ( $^{\circ}$ ); C: Sortimento. ....               | 33 |
| <b>Figura 10</b> – Tendência da Produtividade ( $m^3_{cc} he^{-1}$ ) e Tempo Total Efetivo (mín) dos operadores para descarregamento das toras diretamente no caminhão ou na pilha. .... | 34 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> – Sortimentos adotados na empresa.....                                     | 19 |
| <b>Tabela 2</b> – Especificações técnicas forwarder John Deere 1710D.....                  | 20 |
| <b>Tabela 3</b> – Variáveis obtidas no estudo de tempos e movimentos.....                  | 21 |
| <b>Tabela 4</b> – Descrição do ciclo operacional do forwarder.....                         | 22 |
| <b>Tabela 5</b> – Avaliação da suficiência amostral para cada operador.....                | 24 |
| <b>Tabela 6</b> – Equação ajustada por GLM, para tempo total efetivo (min).....            | 30 |
| <b>Tabela 7</b> – Fatores de influência no tempo total efetivo (mín).....                  | 31 |
| <b>Tabela 8</b> - Equação ajustada por GLM, para produtividade ( $m^3_{cc}.he^{-1}$ )..... | 32 |
| <b>Tabela 9</b> - Fatores de influência na Produtividade ( $m^3_{cc} he^{-1}$ ).....       | 32 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>  | <b>13</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL.....   | 13        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 13        |
| 3.1 SETOR FLORESTAL.....  | 14        |
| 3.2 COLHEITA FLORESTAL .....  | 14        |
| 3.3 FATORES DE INFLUÊNCIA NA EXTRAÇÃO.....  | 15        |
| 3.4 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS.....  | 16        |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>4.1 ÁREA DE ESTUDO.....</b>  | <b>18</b> |
| 4.2. SISTEMA DE COLHEITA.....   | 18        |
| 4.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS FORWARDERS.....   | 19        |
| 4.4 DESCRIÇÕES DOS OPERADORES .....   | 20        |
| 4.5 COLETA DE DADOS .....   | 20        |
| 4.6 INDICADORES DE DESEMPENHO.....  | 22        |
| <b>4.6.1 Disponibilidade mecânica .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>4.6.2 Eficiência operacional .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>4.6.3 Produtividade.....</b>   | <b>23</b> |
| 4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....   | 23        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>24</b> |
| 5.1 ANÁLISE OPERACIONAL.....  | 24        |
| <b>5.1.1 Interrupções e elementos do ciclo operacional.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>5.1.2 Disponibilidade mecânica, eficiência operacional, tempo total efetivo e<br/>produtividade.....</b> | <b>27</b> |
| <b>5.1.3 Análise dos fatores influentes .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>6 CONCLUSÕES.....</b>  | <b>35</b> |
| 6.1 RECOMENDAÇÕES.....  | 35        |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>36</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas apresentam uma crescente expansão no Brasil, possuindo cerca de 7,8 milhões de hectares de povoamentos florestais, sendo que o gênero *Pinus* ocupa 1,6 milhão de hectares, com destaque para os estados do Paraná (42%) e Santa Catarina (34%), porém área plantada com esse gênero vem reduzindo nos últimos cinco anos, a uma taxa 2,1% a.a. (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2016). Esta constante expansão implica em um grande investimento no aperfeiçoamento das técnicas e operações para o suprimento de madeira, sempre buscando atingir altos índices de rendimento e produção, mais segurança no ambiente de trabalho e aliando o desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA, 2013).

O suprimento de madeiras engloba diversas fases e dentre elas se destaca a colheita florestal, considerada a mais importante economicamente, devido a sua elevada participação no custo final do produto, podendo representar mais de 50% do custo da madeira posta na indústria. Em função da elevada contribuição no processo produtivo, torna-se de suma importância a avaliação dos fatores influentes nesta fase (LOPES, 2001; MACHADO, 2008).

A colheita é composta pelas etapas de corte, extração e carregamento. O corte é dividido em derrubada, desgalhamento, traçamento das árvores, e pode ter em suas atividades o descascamento e cavaqueamento da madeira, caso os mesmos sejam realizados na floresta. A extração objetiva a retirada das árvores do interior do talhão para a margem da estrada ou pátios intermediários e o carregamento é atividade de ligação entre a extração e o transporte principal da madeira até o pátio da indústria (MACHADO, 2014).

Dentre as etapas da colheita, considera-se que a extração é a etapa mais complexa do processo, sofrendo influência de diversos fatores externos como nível de experiência e habilidade do operador, número de árvores por hectare, topografia, tipo de solo, volume por árvore e distância de extração (MACHADO, 2014). Os problemas operacionais e a ineficiência da operação estão intimamente ligadas a esses fatores e principalmente ao nível de experiência e a habilidade do operador, que se desconsiderados acarretam em elevados custos de produção (OLIVEIRA; LOPES; FIEDLER, 2009).

Com o grande avanço tecnológico e aumento de produtividade dos equipamentos florestais, surge a necessidade da mão de obra qualificada para obter um maior desempenho operacional. Desta maneira, para obtenção de um máximo aproveitamento das máquinas de colheita, necessita-se de operadores com qualificação e experiência (OVASKAINEN et al., 2004).

Uma importante ferramenta passível de utilização para a determinação da produtividade de equipamentos e sistemas de colheita florestal, bem como, para a avaliação da influência de fatores externos é o estudo de tempos e movimentos, o qual pode auxiliar na busca otimização das operações florestais, pois permite organizar os ciclos operacionais, avaliando os tempos despendidos para cada operação realizada e conseqüentemente possibilitando redução dos custos de produção (FERNANDES et al., 2009).

No Brasil ainda são escassos os estudos dos fatores que influenciam no desempenho das máquinas, principalmente quando a variável de interesse é o operador. Sendo assim, torna-se necessário a realização de estudos que permitam analisar as operações identificando as variáveis de interferência na produtividade dos equipamentos. Dessa maneira permitem-se inferências acerca das particularidades da operação que sirvam como subsídio ao planejamento florestal e conseqüente aumento da rentabilidade advinda dos povoamentos florestais

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o desempenho do *forwarder* na etapa de extração de *Pinus* spp., considerando diferentes operadores.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Especificamente objetivou-se neste trabalho:

- Determinar o percentual de trabalho efetivo e interrupções para cada operador;
- Determinar a representatividade de cada elemento do ciclo operacional do *forwarder* para cada um dos operadores;
- Identificar as principais causas de interrupções ocasionadas no período de trabalho;
- Determinação da produtividade, disponibilidade mecânica, eficiência operacional do *forwarder* para os diferentes operadores;
- Identificação dos fatores externos que interferem no tempo total efetivo e na produtividade dos *forwarders*.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SETOR FLORESTAL

O setor florestal encontra-se em plena ascensão, demonstrando cada vez mais a sua importância para a economia e a sociedade brasileira, contribuindo para a geração de empregos, tributos, renda e desenvolvimento social do país (OLIVEIRA, 2013).

Segundo IBÁ (2016), o Brasil já é destaque em comparação ao cenário mundial por ter a maior produtividade, pois em 2015 as áreas de povoamentos florestais totalizaram 7,8 milhões de hectares, sendo que os povoamentos do gênero *Pinus* representam cerca de 20% da área total plantada, concentrando-se na região Sul do Brasil, principalmente no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%), porém nos últimos cinco anos a área plantada desse gênero vem reduzindo a uma taxa de 2,1% a.a., devido principalmente, a substituição por povoamentos do gênero *Eucalyptus*.

Nas últimas três décadas o gênero *Pinus* tornou-se uma das principais fontes de madeira na região Sul do Brasil, participando ativamente da economia regional, contribuindo para o desenvolvimento sustentado e o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões, assim permitindo a expansão de empresas de base florestal (VASQUES, et al., 2007).

Os povoamentos florestais de *Pinus* se destacam do ponto de vista ambiental, devido a sua alta capacidade de fixação de CO<sub>2</sub> e considerados de baixo impacto por serem culturas de ciclo longo. Povoamentos florestais vêm sendo utilizados para recuperação de áreas degradadas pelo uso indiscriminado pela agricultura e pecuária, devido a benefícios como a melhoria da fertilidade do solo, retenção de água no solo, proteção de bacias hidrográficas e conservação da biodiversidade (PINTO JÚNIOR et al., 2008; VASQUES, et al., 2007)

Portanto, nota-se a importância do setor florestal, porém ainda há muitos entraves na continuidade do crescimento do setor, pois segundo IBÁ (2016), nos últimos cinco anos a produção de madeira ficou mais cara no país, sendo de extrema importância o aumento da produtividade e redução de custos da atividade florestal, principalmente da etapa de colheita que corresponde por grande parte dos custos da produção da madeira.

#### 3.2 COLHEITA FLORESTAL

Segundo Machado (2014), a colheita pode ser definida como a etapa que compreende um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, visando preparar e extrair a madeira até o local de transporte. A colheita é considerada a atividade mais importante do ponto de vista técnico e econômico, sendo composta pelas etapas de corte, extração e carregamento.

Ressalta-se que a colheita é a etapa de maior importância do ponto de vista econômico, devido aos riscos envolvidos e a sua representatividade do custo final das toras, ficando responsável por cerca de 50% do custo das toras postas na indústria (MACHADO, 2008).

Dentro da colheita, considera-se a extração como a etapa mais complexa, que por definição é a movimentação da madeira desde o local de corte, até a estrada ou pátio intermediário, sendo principalmente na forma de baldeio realizado pelo trator auto carregável *forwarder* e arraste utilizando o trator arrastador *skider* (MACHADO, 2014).

O *forwarder* é mais utilizado no sistema de toras curtas (*cut to length*), onde a árvore é processada no local de derrubada e extraída para a margem da estrada ou pátio intermediário em forma de pequenas toras. Este equipamento é composto da máquina com grua hidráulica de alcance variável de 6,85 m até 8,5 m e o compartimento de carga (caçamba ou caixa de carga) com capacidade de carga de 10 - 19 t. Podem ser equipados com pneus em *tandem* ou esteiras, com chassi articulado, dotado de tração 4x4, 6x6 ou 8x8. Este equipamento possui baixa influência da distância de extração, uma vez que, estudos demonstram que o mesmo passa cerca de 85% do tempo do seu ciclo carregando e descarregando (MACHADO, 2014; OLIVEIRA, 2013).

### 3.3 FATORES DE INFLUÊNCIA NA EXTRAÇÃO

Segundo Malinovski et al. (2006), a extração florestal sofre uma forte influência na sua capacidade produtiva por diversas variáveis, inerentes ao povoamento, ao terreno e ao planejamento, mostrando a necessidade de se realizar estudos *in loco* para as condições específicas.

As principais variáveis de influência na extração por baldeio, realizada pelo *forwarder*, segundo Malinovski et al. (2006), são: espaçamento na linha, espaçamento na entrelinha, declividade, tipo de solo, capacidade de sustentação, alinhamento x inclinação, altura de tocos, pedregosidade, leiras, performance do operador, turno, tipo de intervenção, qualidade da madeira do corte, qualidade da madeira extração, distância média de extração, altura do

estaleiro, largura do estaleiro, comprimento do estaleiro, sortimento, comprimento da tora e volume / ha.

Com o pleno avanço da tecnologia e o grande desafio de aumento da produtividade dos equipamentos, surge a necessidade de mão de obra qualificada para obter um maior desempenho operacional, segundo Pagnussat et al. (2014), Ovaskainen et al. (2004), Silva, Oliveira e Rodrigues (2009), a produtividade dos equipamentos é fortemente influenciada pela idade, experiência e qualificação dos operadores, com uma correlação positiva para experiência e qualificação, pois quanto maior a experiência do operador, maior a sua produtividade.

### 3.4 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

O estudo de tempos e movimentos é definido como o estudo sistemático dos sistemas de trabalho, buscando desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele com menor custo, padronizar este método, determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, que esteja realizando seu trabalho em um ritmo normal para executar uma tarefa ou operação específica, e por fim orientar e treinar o trabalhador de acordo com o método preferido (BARNES, 1977).

No estudo do trabalho o fator tempo é muito importante, pensando que as alterações e melhorias dos processos normalmente buscam o aumento do rendimento (BARNES, 1977; MALINOVSKI, 1993). Desse modo adota-se usualmente o estudo de tempos e movimentos para estimar a produtividade em busca da otimização das operações florestais, pois permite organizar os ciclos operacionais, avaliando os tempos despendidos para cada operação realizada e conseqüentemente possibilitando redução dos custos de produção (FERNANDES et al., 2009).

Segundo Barnes (1977), para a realização do estudo de tempos e movimentos existem basicamente três métodos de cronometragem:

#### **a) Método de tempo contínuo**

No método de tempo contínuo, o cronômetro não é zerado, realizando-se a leitura no ponto de medição e a anotação do tempo conforme indicado no cronômetro. O tempo individual dos elementos é obtido posteriormente por subtração.

**b) Método de tempo individual**

Neste método o cronômetro é pausado e zerado a cada medição, não sendo necessário realizar subtrações posteriores, reduzindo assim a incidência de erros, porém exige maior concentração do utilizador e onerosidade na coleta de dados.

**c) Método multimomento**

Neste método o cronômetro não é zerado, girando continuamente, e não sendo medidos os tempos dos elementos, mas sim a frequência com que ocorrem em intervalos previamente definidos. Não se recomenda este método quando alguns elementos representam uma pequena fração de tempo, pois gera um maior erro na transcrição da frequência dos elementos.

## 4 METODOLOGIA

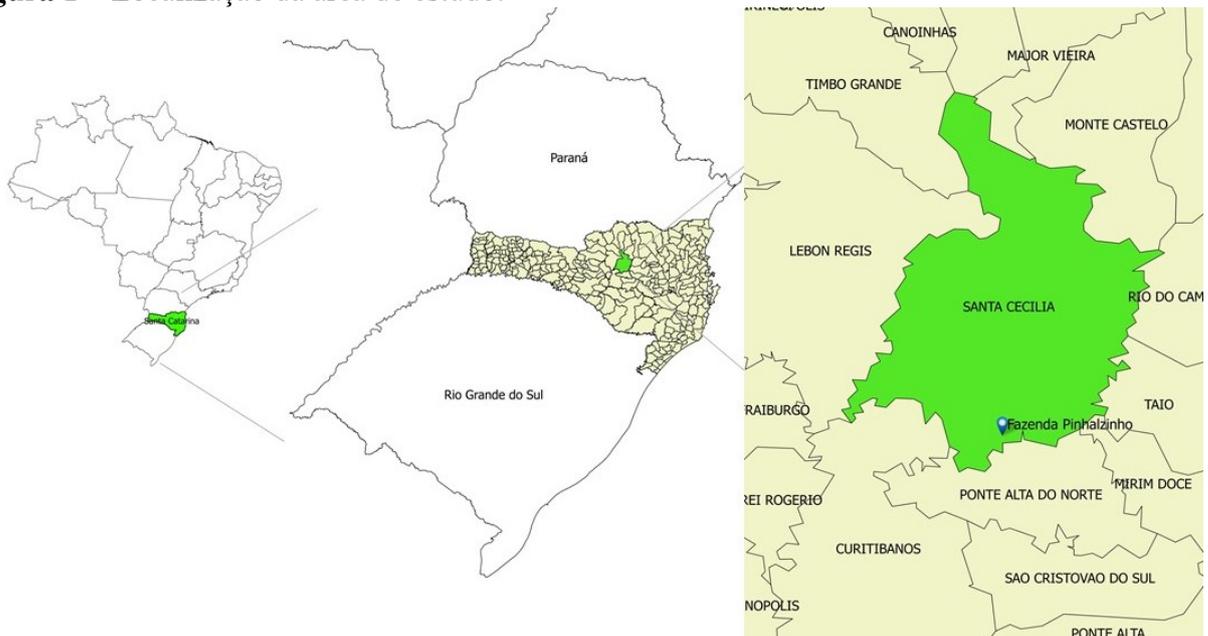
### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido em área de colheita realizada pela empresa Berneck S.A. – Painéis e Serrados. A área está situada em de Santa Cecília – SC, 27° 06' 07" de latitude e 50° 27' 13" de longitude, com aproximadamente 1026 m de altitude (Figura 1).

Na região em questão o clima é caracterizado como temperado úmido com verão temperado – Cfb, possuindo precipitação média anual de 1648 mm e temperatura média de 15,2 °C (PANDOLFO et al., 2002). O solo predominante na área possui características de cambisol, muito argiloso, e seu relevo de suave ondulado a ondulado (EMBRAPA, 2004).

Os talhões colhidos eram constituídos por *Pinus spp.*, com espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m com 2 desbastes já realizados e, por fim no estudo a etapa de corte raso aos 18 anos. A madeira colhida é utilizada para produção de painéis de madeira reconstituída e serraria.

**Figura 1** – Localização da área de estudo.



Fonte: o autor.

### 4.2. SISTEMA DE COLHEITA

A empresa adota o sistema de colheita de “toras curtas” (*cut-to-length*) “quente”, extraíndo a madeira em no máximo 5 dias. O módulo de colheita era composto por 02 tratores florestais colhedores (*harvesters*), 03 tratores florestais autocarregáveis (*forwarders*), 01 trator agrícola com carregador acoplado e 01 trator agrícola com guincho e lâmina.

As operações de derrubada e processamento da madeira eram realizadas no interior do talhão pelo *harvester*, onde já eram classificadas em duas classes de diâmetro (Tabela 1). Em seguida o *forwarder* realizava a extração da madeira na forma de “baldeio”, do interior do talhão até a beira da estrada, podendo descarregar em pilhas ou descarregar diretamente os caminhões para posterior transporte final. O trator agrícola equipado com carregador auxiliava no carregamento para que não houvesse caminhões esperando para carregar.

**Tabela 1** – Sortimentos adotados na empresa.

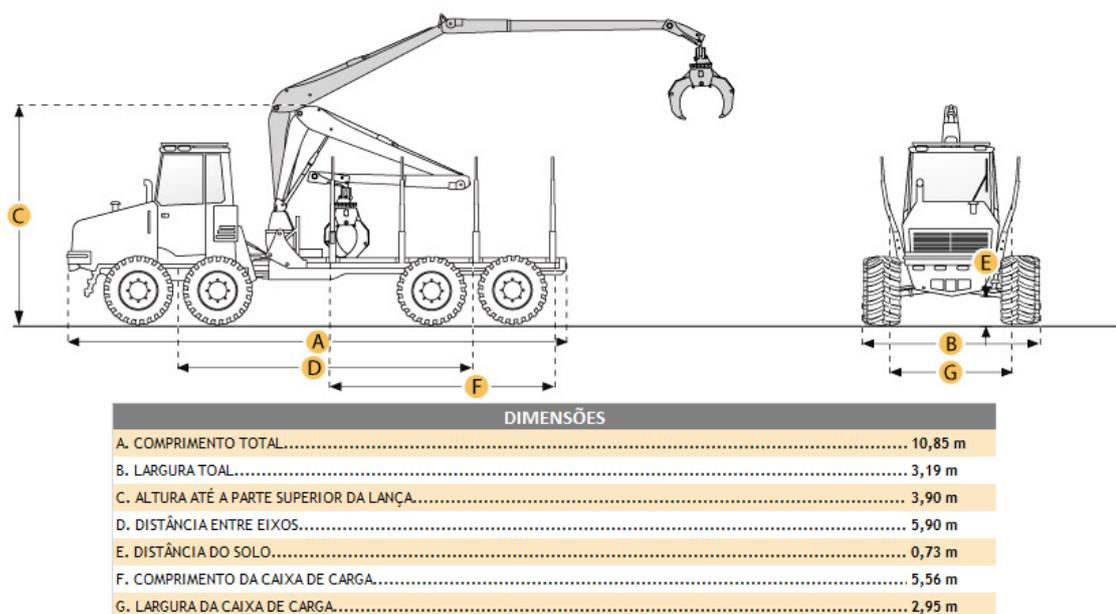
| Sortimento | Classe de Diâmetro na Ponta Fina (cm) | Comprimento (m) | Volume Médio Toras (m <sup>3</sup> ) | Uso da madeira |
|------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|
| 1          | 8,0 – 18,0                            | 4,20            | 0,1072                               | Painéis        |
| 2          | 18,1 – 35,0                           | 4,20            | 0,2685                               | Serraria       |

Fonte: o autor.

#### 4.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS *FORWARDERS*

Os *forwarders* analisados neste trabalho eram da marca John Deere, modelo 1710D, cujas especificações encontram-se descritas na Figura 2 e Tabela 2. Foram avaliados três *forwarders* denominados como FW01, FW02 e FW04, cujo o tempo de uso no início das avaliações era de 5.605, 5.014 e 4.634 horas respectivamente.

**Figura 2** – Dimensões do *forwarder* John Deere 1710D.



Fonte: RITCHIESPECS (2017)

**Tabela 2** – Especificações técnicas *forwarder* John Deere 1710D.

| <b>Motor</b>                               |                         |
|--|-------------------------|
| Marca                                      | John Deere              |
| Modelo                                     | 6081H                   |
| Potência                                   | 215 cv    160,3 kw      |
| Número de cilindros                        | 6                       |
| <b>Operacional</b>                         |                         |
| Peso operacional - 8WD                     | 19499,9 kg              |
| Capacidade de combustível                  | 181,7 L                 |
| Capacidade de fluido do sistema hidráulico | 189,3 L                 |
| Modelo do pneu dianteiro / traseiro - 8WD  | 750x26.5 / 750x26.5     |
| <b>Transmissão</b>                         |                         |
| Tipo                                       | Hidrostático / mecânico |
| Velocidade máxima                          | 23 km / h               |
| <b>Caixa de carga</b>                      |                         |
| Capacidade de carga - 8WD                  | 17.000 kg               |
| Área de carga                              | 5,4 m <sup>2</sup>      |
| <b>Lança</b>                               |                         |
| Tipo                                       | Timberjack CF 8 85      |
| Alcance máximo                             | 8,50 m                  |
| <b>Garra</b>                               |                         |
| Modelo                                     | SuperGrip 360S          |
| Abertura máxima                            | 1,87 m                  |
| Largura da garra                           | 0,52 m                  |
| Área da garra                              | 0,36 m <sup>2</sup>     |

Fonte: HULTDINS (2017); RITCHIESPECS (2017).

#### 4.4 DESCRIÇÕES DOS OPERADORES

Durante o estudo foram acompanhados três operadores com idades entre 20 e 30 anos, os quais diferenciavam-se principalmente pelo tempo de experiência na operação do equipamento. O operador do FW01 com menor nível de experiência (4 meses) foi denominado como 01, o operador do FW02 intermediário (12 meses) denominado 02 e o operador do FW04 com maior experiência denominado como 03 (24 meses). Os três operadores realizaram inicialmente o treinamento oferecido pela empresa para operação do equipamento, trabalharam nas mesmas condições e mesmo turno de trabalho.

#### 4.5 COLETA DE DADOS

O número ideal de amostras foi determinado conforme metodologia proposta por Barnes (1977), sendo, primeiramente, realizada amostragem piloto para então, determinar o número mínimo de observações do ciclo, de forma a proporcionar um erro de amostragem máximo de 10% ao nível de probabilidade de 5% (Equação 1). Em seguida, em função do número de observações necessárias foi definido o número de ciclos a serem estudados.

$$n = \frac{(t^2 * CV^2)}{E^2} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:  $n$  é o número de pontos amostrais por unidade amostral;  $t$  Student ao nível de 5% de probabilidade;  $CV$  é o coeficiente de variação (%);  $E$  é o erro de amostragem desejado (%).

No estudo de tempos e movimentos foram obtidas as variáveis descritas na Tabela 03.

**Tabela 3** – Variáveis obtidas no estudo de tempos e movimentos.

| Variável                  | Descrição   |
|---------------------------|---|
| Distância de extração     | Distância do em que o <i>forwarder</i> estava antes de inicial do deslocamento carregado.                                   |
| Descarregamento das toras | Local onde era realizado o descarregamento das toras, diretamente no caminhão ou na pilha realizada nas margens da estrada. |
| Número de garradas        | Número de garradas que o <i>forwarder</i> realizava na etapa de carregamento e descarregamento das toras.                   |
| Número de deslocamentos   | Número de vezes em que ocorreu o deslocamento do <i>forwarder</i> .   |
| Número de toras           | Número de toras que eram transportadas e descarregadas.   |
| Declividade               | Declividade média da área, obtida a cada ciclo do equipamento.  |
| Sentido de extração       | Sentido em que ocorria o deslocamento do <i>forwarder</i> carregado, sendo definido como aative e declive.                  |
| Sortimento                | Sortimento de toras carregado em cada ciclo do equipamento, sendo transportado apenas um sortimento em cada ciclo.          |

Fonte: o autor.

Os tempos das operações foram subdivididos em fases do ciclo operacional conforme Tabela 4, sendo considerado como um ciclo completo quando o *forwarder* realizava as fases de deslocamento vazio, carregamento, deslocamento carregado e descarregamento.

**Tabela 4** – Descrição do ciclo operacional do *forwarder*.

| <b>Fases do ciclo</b> | <b>Descrição</b>   |
|-----------------------|--|
| Viagem vazio          | Tempo consumido pelo equipamento no deslocamento vazio da estrada até o interior do talhão próximo à pilha de madeira a ser carregada. |
| Carregamento          | Tempo consumido pelo equipamento no carregamento das toras no interior do talhão.  |
| Viagem carregado      | Tempo consumido pelo equipamento no deslocamento carregado do interior até a margem do talhão.   |
| Descarregamento       | Tempo consumido pelo equipamento no descarregamento das toras na margem do talhão.   |
| Interrupções          | Tempo referente às paradas do equipamento por motivos diversos.  |

Fonte: Adaptado Lopes et al. (2015).

#### 4.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

A partir do estudo de tempos e movimentos, determinou-se a disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade, além dos tempos consumidos em cada fase do ciclo operacional do equipamento e interrupções operacionais e não operacionais com suas respectivas causas.

##### 4.6.1 Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica (Equação 2) foi definida como sendo a percentagem do tempo de serviço programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, desconsiderando-se o tempo em que a máquina esteve em manutenção preventiva e/ou corretiva (CANTO, 2003).

$$DM = \frac{(TP - TM)}{TP} * 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que:  $DM$  = grau de disponibilidade mecânica (%);  $TP$  = tempo programado para o trabalho (horas) e;  $TM$  = tempo de permanência em manutenção (horas).

##### 4.6.2 Eficiência operacional

A eficiência operacional (Equação 3) é a percentagem do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado para o trabalho (BIRRO, 2002).

$$EO = \frac{HE}{(HE + TI)} * 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:  $EO$  = eficiência operacional (%);  $HE$  = horas efetivas de trabalho (horas) e;  $TI$  = tempo de interrupções operacionais e não operacionais (horas).

#### 4.6.3 Produtividade

A determinação da produtividade dos equipamentos foi obtida por meio do volume médio individual das toras, realizando cubagens rigorosas pelo método de Smalian sendo o seu valor multiplicado pelo número total de toras extraídas, obtendo-se assim, o volume total, posteriormente dividido pelas horas efetivamente trabalhadas, conforme a Equação 4 (MINETTE *et al.*, 2004; SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2012).

$$Pr = \frac{N * V}{HE} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:  $Pr$  = produtividade ( $m^3_{cc} \text{ he}^{-1}$ );  $N$  = número total de árvores derrubadas, extraídas ou processadas;  $V$  = volume médio por árvore com casca ( $m^3_{cc}$ ) e;  $HE$  = horas efetivas de trabalho.

#### 4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados coletados foram submetidos aos testes Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, para verificação da normalidade e homogeneidade das variâncias, respectivamente. As variáveis submetidas a esses testes foram tempo total efetivo do ciclo operacional e produtividade. Como os dados do tempo total efetivo do ciclo não apresentaram normalidade, procedeu-se com a análise estatística por meio de Modelo Linear Generalizado (GLM), tanto para tempo total do ciclo, quanto para e produtividade.

As equações ajustadas foram avaliadas estatisticamente por meio de estatísticas de ajuste e precisão, coeficiente de determinação ajustado ( $R^2 \text{ Aj.}$ ), erro padrão da estimativa ( $Syx$ ) e o valor de  $F$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram avaliados 206 ciclos operacionais, sendo que a suficiência amostral foi verificada individualmente para os diferentes operadores, considerando um erro máximo admissível de 10%. Obteve-se suficiência para todos os operadores de acordo com o erro máximo admitido estipulado para o estudo (Tabela 4). A variável considerada para o cálculo da suficiência amostral foi o tempo total efetivo do ciclo operacional, portanto, esse limite de erro, somente pode ser considerado para a mesma.

**Tabela 5** – Avaliação da suficiência amostral para cada operador.

| Operador | Nº ciclos observados | Nº ciclos necessários | Erro relativo (%) |
|----------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| 1        | 73                   | 23                    | 5,65              |
| 2        | 53                   | 9                     | 4,16              |
| 3        | 80                   | 46                    | 7,58              |

Fonte: o autor.

### 5.1 ANÁLISE OPERACIONAL

#### 5.1.1 Interrupções e elementos do ciclo operacional

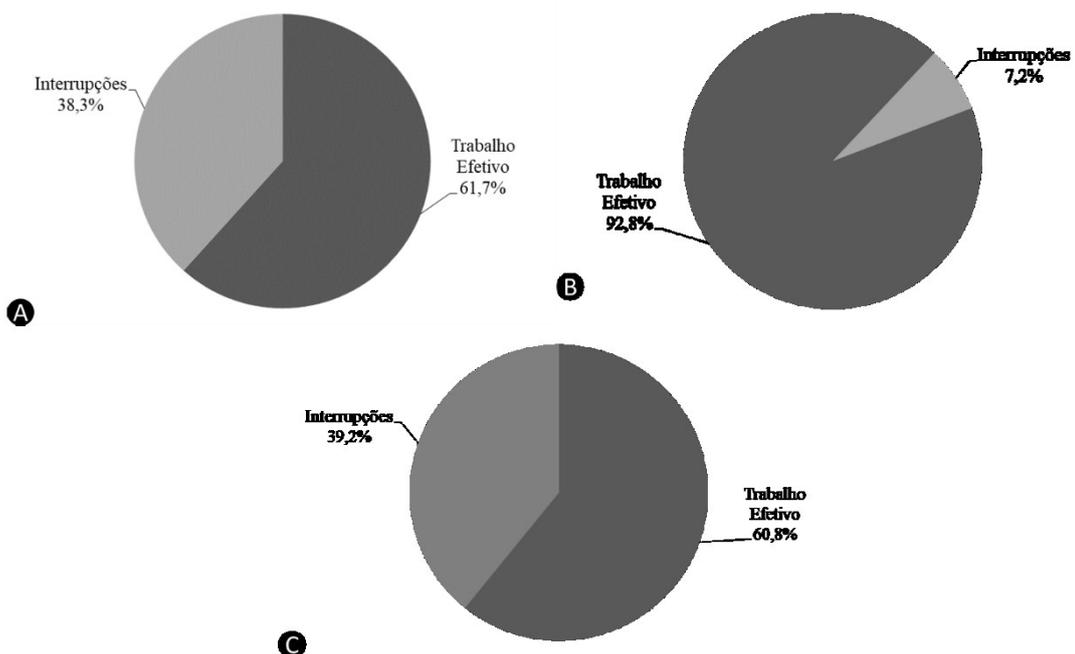
Por meio do estudo de tempos e movimentos, foi possível determinar as interrupções e tempo efetivo de trabalho do *forwarder* considerando-se os três operadores estudados (Figura 3). Analisando a relação de trabalho efetivo e interrupções para os operadores, destaca-se o operador 02, com a maior percentagem de trabalho efetivo (92,8%), apresentando-se superior aos operadores 01 (61,7%) e 03 (60,8%). O fato de alta percentagem de trabalho efetivo para o operador 02 pode ser explicado, principalmente devido ao menor tempo despendido com interrupções por manutenção em seu *forwarder*, como pode ser verificado na Figura 5.

Tais resultados encontrados para os operadores 01 e 03 ficam próximos aos obtidos por Oliveira, Lopes e Fiedler (2009), onde as interrupções detém cerca de 29% do tempo programado de trabalho, ao passo que o tempo de trabalho efetivo ocupa 71%. Para o operador 02 os resultados assemelham-se aos obtidos por Minette et al (2004), onde as interrupções ficaram representaram apenas cerca de 5% do tempo total programado de trabalho.

Analisando os elementos do ciclo operacional dos operadores na Figura 4, verifica-se que os três operadores, a etapa de carregamento despende maior parte do tempo, seguida do descarregamento, viagem carregado e viagem vazio. Oliveira, Lopes e Fiedler (2009) observaram no baldeio de toras de *Pinus* que a etapa de carregamento e descarregamento

ocuparam maior parte do tempo dos ciclos, observando que 49% do tempo do ciclo para carregamento e 28% descarregamento. Nota-se que o operador 03, com maior experiência, despense maior parte do tempo no carregamento, entretanto, despense um menor tempo no descarregamento, visto que possui mais experiência que os demais, pode ter adquirido maior “prática” principalmente para descarregar diretamente no veículo de carga.

**Figura 3** – Distribuição percentual da relação de Trabalho Efetivo e Interrupções no ciclo operacional. A: operador 01; B: operador 02; C: operador 03



Fonte: o autor.

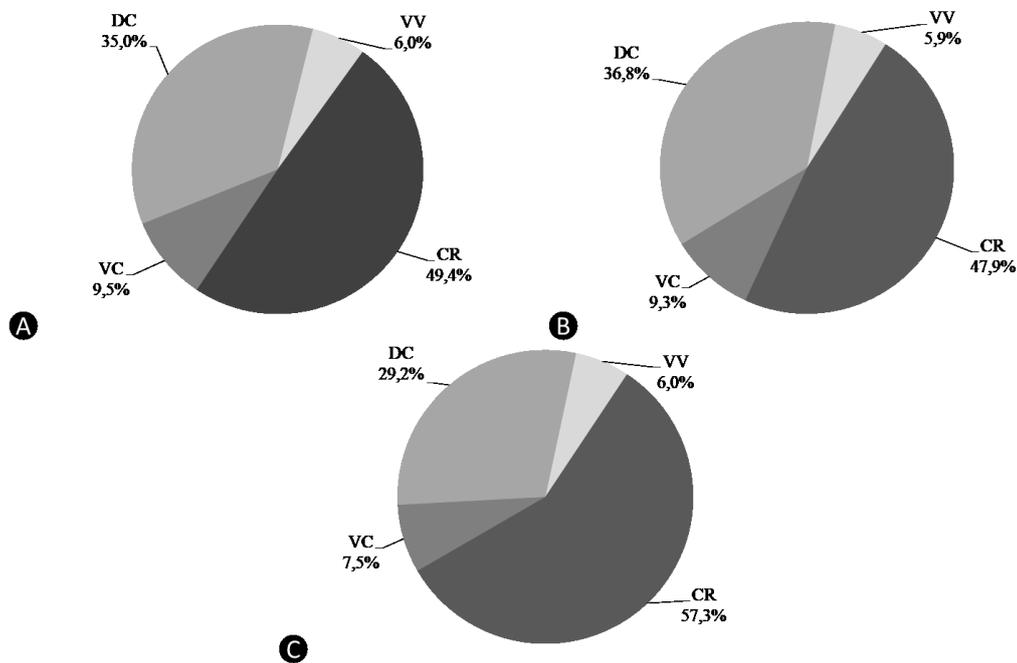
Com relação aos elevados percentuais de interrupções, que acarretam em baixas eficiências operacionais, podemos inferir que os operadores 01 e 03, obtiveram elevadas interrupções (Figura 5), atribuídas principalmente as paradas para manutenção, que despendem maior tempo que as outras paradas. Altos tempos despendidos com manutenção podem ser reduzidos através do imediato deslocamento de suporte mecânico e um maior planejamento para que as manutenções passem de corretivas para preventivas, aumentando assim a eficiência operacional e reduzindo os custos da operação.

Ambos os operadores tiveram paradas de manutenção que despenderam elevados tempos para serem efetuadas, dentre as principais, foram aperto do parafuso da garra, troca de mangueira hidráulica que não estava disponível no campo para reposição, solda do tanque de fluido hidráulico e troca de correia. No período observado o operador 02 não apresentou necessidade de manutenção corretiva, apenas manutenção preventiva realizada nos três

*forwarders*, conseqüentemente apresentando a menor proporção de tempo gasto com manutenção.

Quanto aos tempos classificados como acessórios, despendidos principalmente pelo operador 01, estão relacionados ao uso do *forwarder* para carregar as toras diretamente da pilha no caminhão, exercendo a função de um carregador florestal por exemplo, deixando de executar o ciclo operacional do equipamento, ou seja, não extraíndo a madeira para a margem da estrada.

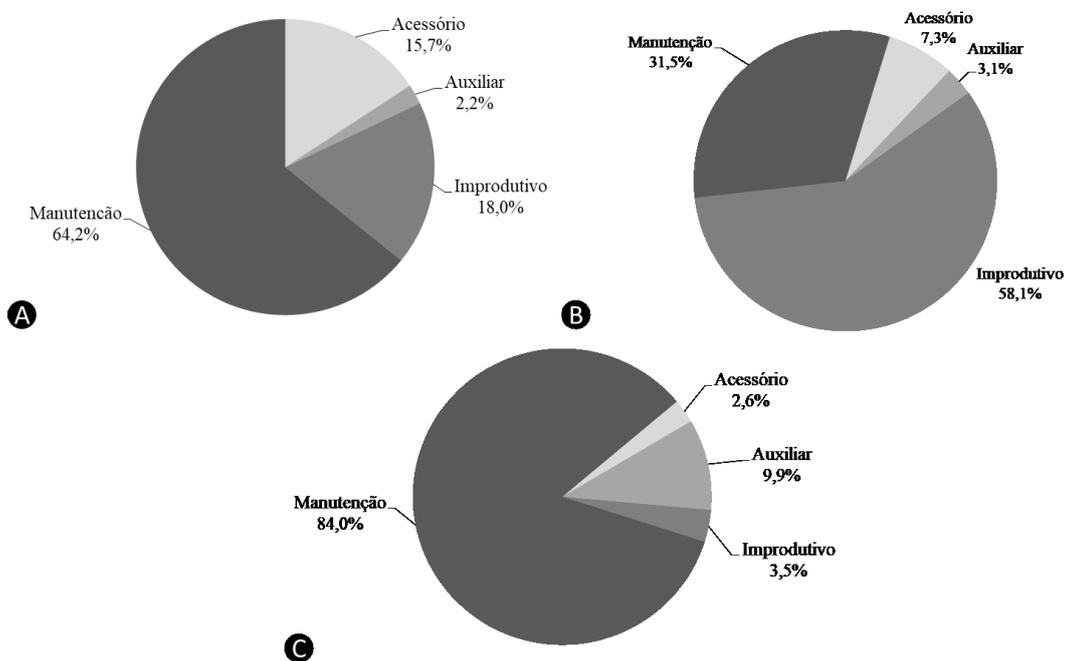
**Figura 4** – Distribuição percentual dos elementos do ciclo operacional para cada operador.  
A: operador 01; B: operador 02; C: operador 03.



Fonte: o autor.

Para tempo improdutivo, os operadores com maior proporção, são os operadores 01 e 02. Dentre as principais perdas de tempo, está o tempo aguardando o veículo de carga para descarregar diretamente no veículo, pois muitas vezes houve necessidade de aguardar o posicionamento ou chegada de veículos de carga para completar a operação. Este dispêndio de tempo está atrelado a uma falha no planejamento, que deve ser levada em consideração para que se tenha maior eficiência dos equipamentos.

**Figura 5** – Distribuição percentual das interrupções no ciclo operacional para cada operador. A: operador 01; B: operador 02; C: operador 03.



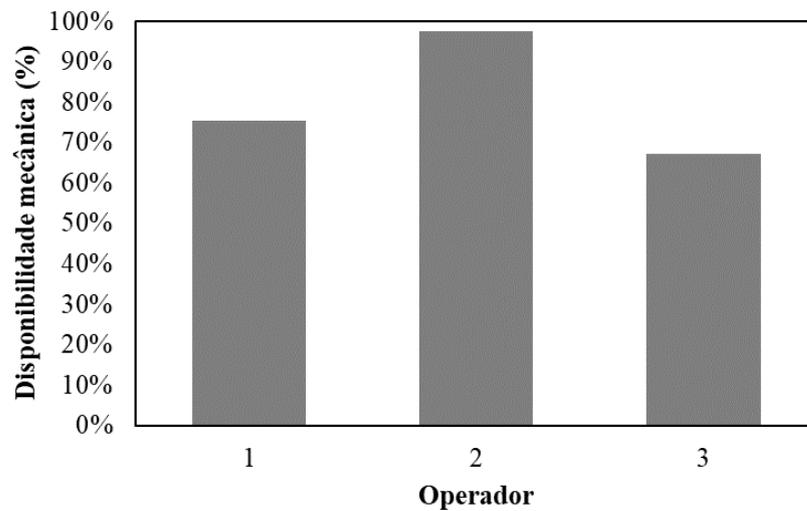
Fonte: o autor.

### 5.1.2 Disponibilidade mecânica, eficiência operacional, tempo total efetivo e produtividade

As disponibilidades mecânicas dos operadores 01 e 03 (Figura 6), foram 75% e 67% respectivamente, sendo consideradas baixas, quando comparadas aos resultados encontrados por Linhares et al. (2012), Oliveira (2013), Oliveira, Lopes e Fiedler (2009), e Simões e Fenner (2010), a disponibilidade mecânica do operador 02 (98%), foi superior as percentagens observadas pelos autores acima citados, podendo ser considerada elevada

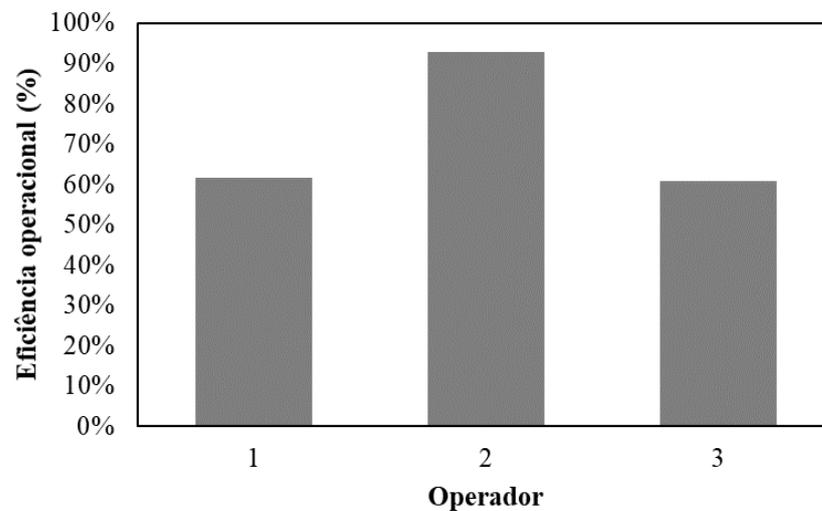
A eficiência operacional para o operador 02 foi de 92,8%, ficando acima de 70% indicado por Machado (1989) como aceitável e também sendo superior aos resultados encontrados por Linhares et al. (2012), Oliveira (2013), Oliveira, Lopes e Fiedler (2009), e Simões e Fenner (2010). Entretanto, os operadores 01 e 03 obtiveram eficiências operacionais inferiores ao recomendado por Machado (1989) e também aos demais resultados encontrados pelos autores acima citados. Sendo que o principal fator que resultou em baixa eficiência para estes operadores, foram as paradas para manutenção.

**Figura 6** – Disponibilidade mecânica em percentagem (%) para cada operador.



Fonte: o autor.

**Figura 7** – Eficiência operacional em percentagem (%) para cada operador.



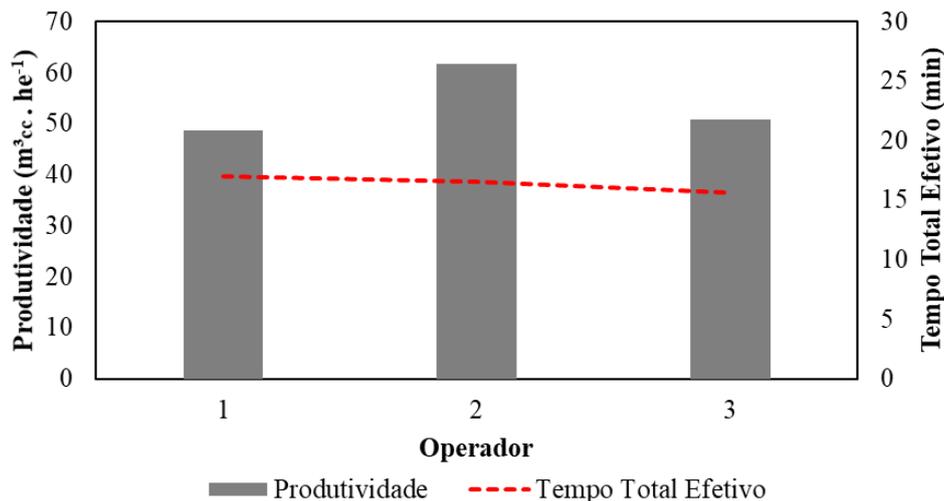
Fonte: o autor.

As produtividades médias foram de  $48,1 \text{ m}^3_{\text{cc}}.\text{he}^{-1}$  para operador 01,  $61,7 \text{ m}^3_{\text{cc}}.\text{he}^{-1}$  para operador 02 e  $50,3 \text{ m}^3_{\text{cc}}.\text{he}^{-1}$  para o operador 03 conforme Figura 8. Novamente observa-se que o operador 02 se destacou em relação aos demais. As produtividades encontradas, foram superiores as encontradas por Oliveira, Lopes e Fiedler (2009), onde analisou a produtividade do *forwarder* para diferentes sortimentos, sendo os maiores comprimentos com 2,40 m e 2,60 m e produtividade de  $39,0 \text{ m}^3_{\text{cc}}.\text{he}^{-1}$  e  $34,8 \text{ m}^3_{\text{cc}}.\text{he}^{-1}$  respectivamente, fato esse que pode ser justificado pelo comprimento dos sortimentos praticados na empresa, pois com toras maior

comprimento, consegue-se uma maior otimização do compartimento de carga, aproveitando melhor o tempo gasto no ciclo.

Também pode ser verificado na Figura 8 que a média dos tempos totais gastos no ciclo operacional, não foram significativamente diferentes, porém para produtividade houve diferença, mostrando operador 02 é produtivamente superior aos demais, gastando praticamente o mesmo tempo no ciclo. Um dos fatores que pode ter influenciado na produtividade é a quantidade de toras carregadas pelo operador 02 e também o mesmo tinha preferência por realizar ciclos carregando o sortimento 2, obtendo assim maior produtividade.

**Figura 8** – Produtividade média em  $\text{m}^3\text{cc} \cdot \text{he}^{-1}$  e média do tempo total efetivo para cada operador.



Fonte: o autor.

### 5.1.3 Análise dos fatores influentes

Analisando o modelo ajustado e a influência dos fatores para tempo total efetivo (Tabela 6 e Tabela 7), percebe-se que o tempo total aumenta quando as toras são descarregadas no caminhão, quanto maior a distância de extração, quanto maior o número de garradas no carregamento e no descarregamento, quanto maior a declividade e principalmente quando se trabalha com o sortimento 1, de forma contrária não houve significância para sentido de extração, período e operador.

Os fatores que interferiram significativamente no tempo total, são apresentados na Tabela 6, onde podemos observar que não houve significância para os fatores sentido de extração, período (manhã ou tarde) e operador, já para sortimento, número de toras carregadas,

número de garradas no carregamento e descarregamento e distância, a significância foi de 1% de probabilidade e local de descarregamento, número de deslocamentos e declividade foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Quando avaliamos o modelo ajustado para produtividade Tabela 8, verificamos que não houve significância ao nível de 5% de probabilidade para sentido de extração e período de trabalho.

Entretanto, as demais variáveis apresentaram-se significativas, observando-se redução da produtividade ao descarregar a madeira diretamente no caminhão, pois é necessário trabalhar com um menor volume por “garrada”, tomar mais cuidado e ter uma maior experiência, a produtividade também é reduzida quando se realiza a extração do sortimento 1 devido ao maior tempo gasto no ciclo, maior número de garradas e deslocamentos realizados e menor volume individual das toras, quando for os operadores 01 e 03 a produtividade também será menor pois ambos apresentam menor rendimento.

**Tabela 6** – Equação ajustada por GLM, para tempo total efetivo (min).

| Equação  | R <sup>2</sup> Aj. | Syx   | Valor F |
|--|--------------------|-------|---------|
| $TT \text{ (min)} = 1,7541 - 0,538349 \text{ DESC}(1) + 2,40219$ $\text{SORT}(1) + 0,394515 \text{ ENT}(1) + 0,050121 \text{ PER}(1) -$ $0,118171 \text{ OP}(1) + 0,383704 \text{ OP}(2) + 0,0202361 \text{ DIST} +$ $0,364849 \text{ GARD} + 0,661374 \text{ GARC} + 0,19454 \text{ DESL} -$ $0,0909416 \text{ TOR} + 0,131639 \text{ DEC}$ | 64,351             | 2,646 | 29,580  |
| Onde: DESC(1) = 1 para pilha, -1 para caminhão   |                    |       |         |
| SORT(1) = para sortimento 1, -1 para sortimento 2  |                    |       |         |
| SENT(1) = 1 para aclave, -1 para declive   |                    |       |         |
| PER(1) = 1 para manhã, -1 para tarde   |                    |       |         |
| OP(1) = 1 operador 01, -1 operador 03  |                    |       |         |
| OP(2) = 1 para operador 2, -1 operador 3   |                    |       |         |

Em que: R<sup>2</sup> aj.: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão da estimativa em m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>; DESC: local de descarregamento; SORT: sortimento; SENT: sentido de extração; PER: período; OP: operador; DIST: distância de extração; GARD: número de garradas no descarregamento; GARC: número de garradas no carregamento; DESL: deslocamentos no carregamento; TOR: toras carregadas; DEC: declividade. Fonte: o autor.

A tendência dos fatores de que exercem grande influência na produtividade e no tempo total efetivo, são apresentados na Figura 9. Verificamos que, para todos os fatores analisados,

há uma tendência de que a produtividade é inversamente proporcional ao tempo total, ou seja, quanto maior a produtividade, menor o tempo total efetivo.

**Tabela 7** – Fatores de influência no tempo total efetivo (mín).

| <b>Significância</b> | <b>Influência</b> | <b>Fator</b>                  | <b>Valor P</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|
| 1% de probabilidade  | Negativo          | Sortimento 2                  | 0,000          |
|                      |                   | Nº Toras Carregadas           | 0,000          |
|                      | Positivo          | Sortimento 1                  | 0,000          |
|                      |                   | Nº Garradas Descarregamento   | 0,000          |
|                      |                   | Nº Garradas Carregamento      | 0,000          |
|                      |                   | Distância                     | 0,001          |
| 5% de probabilidade  | Negativo          | Descarregamento na pilha      | 0,017          |
|                      | Positivo          | Descarregamento no caminhão   | 0,017          |
|                      |                   | Nº Deslocamentos Carregamento | 0,016          |
|                      |                   | Declividade                   | 0,025          |
| Não significativo    | -                 | Sentido de extração           | 0,053          |
|                      |                   | Operador                      | 0,613          |
|                      |                   | Período                       | 0,801          |

Fonte: o autor.

A distância de extração e declividade também irá influenciar negativamente na produtividade, pois com o aumento da distância de extração e trabalho em terrenos com maior declive, menor será a produtividade, outros fatores que influenciam é o número de garradas (carregamento e descarregamento) e número de deslocamentos pois ambos ocasionam no aumento do tempo total e por consequência na redução da produtividade.

Para produtividade não houve significância para sentido de extração e período, os demais fatores todos influenciaram significativamente na produtividade, principalmente o sortimento que foi altamente significativo (Tabela 9).

Para distância (Figura 9 – A), verifica-se que ao aumentar a distância de extração, ocorre uma redução na produtividade, principalmente na classe de 200 m – 250 m. A declividade possui comportamento muito parecido com a distância, pois com o aumento da declividade, há uma tendência de reduzir a produtividade e aumentar o tempo total efetivo, especialmente quando a extração da madeira é realizada em áreas acima de 15° (Figura 9 – B).

**Tabela 8** - Equação ajustada por GLM, para produtividade ( $m^3_{cc}.he^{-1}$ ).

| Equação   | R <sup>2</sup> aj. | Syx   | Valor F |
|---|--------------------|-------|---------|
| $\text{Prod. (m}^3_{cc}.he^{-1}) = 40,9832 + 1,56493DESC(1) - 23,4906SORT(1) - 0,694085SENT(1) - 0,992268PER(1) - 3,26893OP(1) + 0,831607OP(2) - 0,0781029DIST - 0,55167GARD. - 0,982783GARC. - 0,55973DESL + 0,63129TOR - 0,415652DEC$ | 79,956             | 8,417 | 64,160  |
| Onde: DESC(1) = 1 para pilha, -1 para caminhão  |                    |       |         |
| SORT(1) = 1 para sortimento 1, -1 para sortimento 2   |                    |       |         |
| SENT(1) = 1 para aclave, -1 para declive  |                    |       |         |
| PER(1) = 1 para manhã, -1 para tarde  |                    |       |         |
| OP(1) = 1 para operador 01, -1 para operador 03   |                    |       |         |
| OP(2) = 1 para operador 02, -1 operador 03  |                    |       |         |

Em que: R<sup>2</sup> aj.: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão da estimativa em  $m^3 he^{-1}$ ; DESC: local de descarregamento; SORT: sortimento; SENT: sentido de extração; PER: período; OP: operador; DIST: distância de extração; GARD: número de garradas no descarregamento; GARC: número de garradas no carregamento; DESL: deslocamentos no carregamento; TOR: toras carregadas; DEC: declividade. Fonte: o autor.

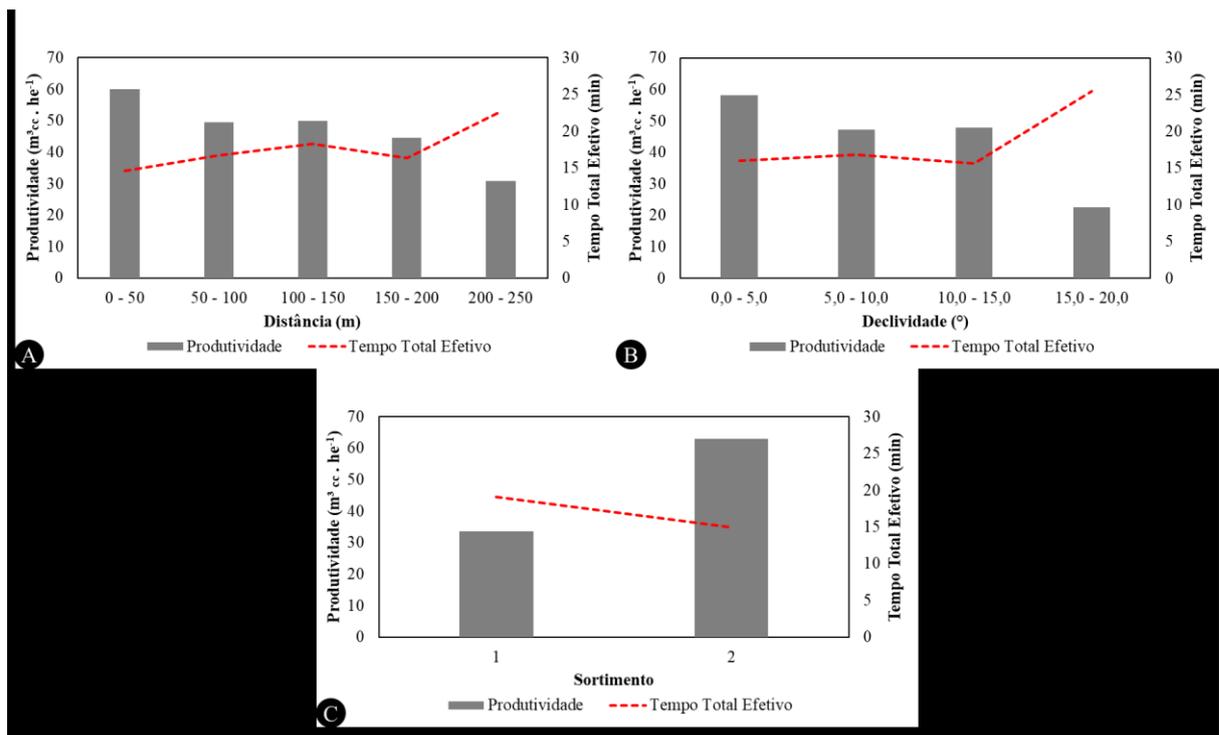
**Tabela 9** - Fatores de influência na Produtividade ( $m^3_{cc} he^{-1}$ ).

| Significância       | Influência | Fator                         | Valor P |
|---------------------|------------|-------------------------------|---------|
| 1% de significância | Negativo   | Sortimento 1                  | 0,000   |
|                     |            | Operador 1                    | 0,003   |
|                     |            | Distância                     | 0,000   |
|                     |            | Nº Garradas Descarregamento   | 0,002   |
|                     | Positivo   | Sortimento 2                  | 0,000   |
| Operador 2          |            | 0,003                         |         |
| Operador 3          |            | 0,003                         |         |
| Nº Toras Carregadas |            | 0,000                         |         |
| 5% de significância | Negativo   | Descarregamento no Caminhão   | 0,029   |
|                     |            | Nº Garradas Carregamento      | 0,014   |
|                     |            | Nº Deslocamentos Carregamento | 0,029   |
|                     |            | Declividade                   | 0,026   |
|                     | Positivo   | Descarregamento na Pilha      | 0,029   |
| Não significativo   | -          | Sentido de Extração           | 0,283   |
|                     |            | Período                       | 0,117   |

Fonte: o autor.

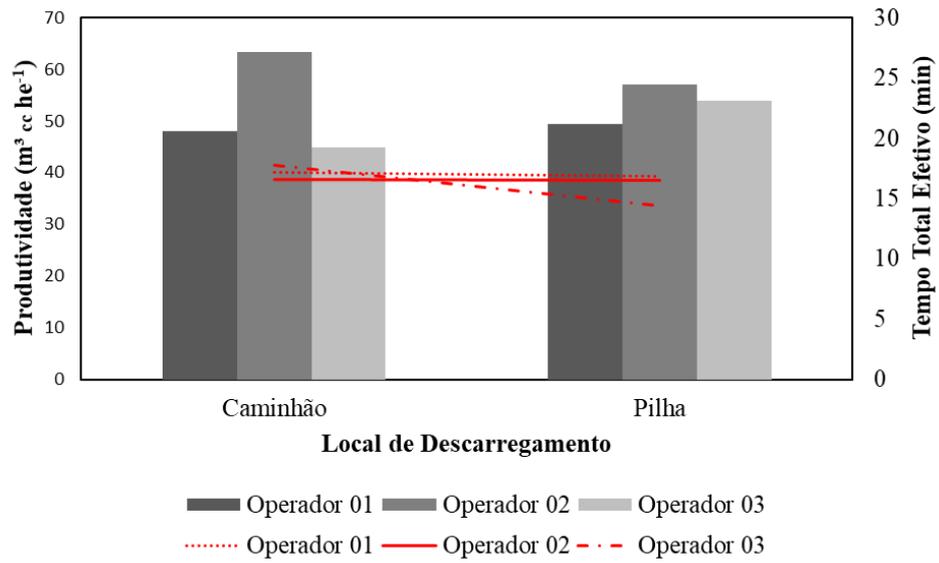
O sortimento também influencia fortemente na produtividade, pois o sortimento mais fino (1) reduz significativamente a produtividade (Figura 9 – C). O local de descarregamento (Figura 10), também influencia na produtividade e tempo total, pois descarregando no caminhão, o operador necessita de maior atenção e prática para descarregar e “arrumar” a carga sobre o veículo, já descarregando na pilha, não há elementos para desviar e necessita menor experiência para executar a operação. Podemos verificar que operador 02 possui maior produtividade descarregando diretamente no caminhão, já os operadores 01 e 03 possuem maior produtividade quando descarregam as toras nas pilhas na margem da estrada. Os comportamentos constatados, são semelhantes aos encontrados, por Malinovski et al. (2006), que identificou quais as variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita.

**Figura 9** – Tendência dos fatores para produtividade ( $\text{m}^3 \text{cc. he}^{-1}$ ) e tempo total (min). A: Distância (m); B: Declividade ( $^\circ$ ); C: Sortimento.



Fonte: o autor.

**Figura 10** – Tendência da Produtividade ( $\text{m}^3_{\text{cc}} \text{he}^{-1}$ ) e Tempo Total Efetivo (mín) dos operadores para descarregamento das toras diretamente no caminhão ou na pilha.



Fonte: o autor.

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados do presente estudo é possível concluir que:

Os operadores 01 e 03 e seus *forwarders* apresentam baixos percentuais para trabalho efetivo, disponibilidade mecânica e eficiência operacional, já para o operador 02 esses índices estão próximos ao encontrados na literatura.

As interrupções foram principalmente ocasionadas por parada para manutenção corretiva e tempo improdutivo (aguardar veículo de carga).

Dentre os elementos do ciclo operacional, carregamento e descarregamento, ocuparam a maior parte do tempo total.

A produtividade dos três operadores foi superior aos valores encontrados na literatura em estudos semelhantes.

Para tempo total efetivo as variáveis significativas foram sortimento, número de garradas no carregamento e descarregamento, distância de extração, local de descarregamento, número de deslocamentos no carregamento e declividade.

Para produtividade as variáveis significativas foram sortimento, número de garradas no carregamento e descarregamento, distância de extração, local de descarregamento, número de deslocamentos no carregamento, declividade e operador.

### 6.1 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a avaliação de maior período a fim de investigar eventuais problemas de manutenção.

Realizar estudos de custos para verificar possíveis impactos no orçamento, causados principalmente pelos tempos despendidos com interrupções.

## REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. **Estudos de movimentos e de tempos - projeto e medida do trabalho**. Tradução da 6 ed. Americana. São Paulo, Edgard Blucher. 1977. 635 p.

BIRRO, M. H. B. **Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 29 f. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CANTO, J. L. **Avaliação de desempenho operacional de *Harvester* e *Forwarder* na colheita de *Pinus taeda***. 2003. 54f. Relatório de Estágio (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina (Boletim de desenvolvimento e pesquisa)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos – CNPS. 2004. 745p.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. J.; RINALDI, P. C. N.; BERNARDES, A. M. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 225-232, 2009.

HULTDINS. **SGS Grapple**. Disponível em: <http://www.hultdins.com/pdf/SGS-Grapple.pdf>. Acesso em: 16 de junho de 2017.

IBA (Indústria Brasileira de Florestas). **Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2015**. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)>. Acesso em: 13/12/2016.

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.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C. K.; DRINKO, H. F. Análise técnica e de custos do *Harvester* e *Forwarder* em um povoamento de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, C Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21, p. 159-174, 2015.

LOPES, E.S. **Aplicação do programa SNAP III (Scheduling and Network Analysis Program) no planejamento da colheita e do transporte florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. 543p.

MACHADO, C.C. **Exploração florestal**, 6. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1989. 34 p.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2008. p. 15-42.

MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J.R.; YAMAJI, F.M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, Curitiba, v.36, n.2, p.169-182, 2006.

MALINOVSKI, J. R. **Análise de tempos, movimento e esforços físicos em algumas atividades de corte e extração de *Eucalyptus grandis***. Curitiba: UFPR, 1993. 44 p. Tese (Concurso de Professor Titular) - Universidade Federal de Paraná, 1993.

MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C.C.; SILVA, K.R. 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.

OLIVEIRA, D. **Análise operacional e custos de sistemas de colheita de madeira em povoamentos de eucalipto**. Irati, PR: Unicentro, 2013. 116 f. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.

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

OVASKAINEN, H.; UUSITALO, J.; VAATAINEN, K. Characteristics and Significance of a Harvester Operators' Working Technique in Thinnings. **International Journal of Forest Engineering**. v.15, n. 2, p. 67-78, 2004.

PAGNUSSAT, M. B.; LOPES, E. S.; SILVA, P. C.; DINIZ, C. C. C.; WATZLAWICK, L. F. Desempenho de operadores de diferentes idades no treinamento com simulador virtual *Forwarder*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 3842 – 3852, 2014.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis**: Epagri, 2002. CD-ROM.

PINTO JÚNIOR, J.E. et al. Eucalipto. In: ALBUQUERQUE, AC.S.; SILVA, A.G. (Ed.). (Org.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 801-822.

RITCHIESPECS. **John Deere 1710D Forwarder**. Disponível em: <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=&category=Forwarder&make=John+Deere&model=1710D&modelid=94829>. Acesso em: 16 de junho de 2017.

SILVA, R. H.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C. K.; LOPES, E. S. Influência do Nível de Experiência de Operadores na Produtividade da Extração Florestal. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18, 2009, Londrina. **Anais...** Irati – PR: UNICENTRO, 2009.

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

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 272p.

VASQUES, A. G. et al. Uma síntese da contribuição do gênero pinus para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, p. 445-450, 2007.