



Sociedade Cultural e Educacional de Garça  
Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF

Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal da FAEF

ISSN 1678-3867

XVIII – Volume 35 – Número 1 – Fevereiro de 2020

## ANÁLISE TÉCNICA DO ARRASTE DE PINUS COM “MINI SKIDDER”

Hallyson Hamilton Hey GONDIN<sup>1</sup>; Felipe Martins de OLIVEIRA<sup>2</sup>

**RESUMO** – Este trabalho objetivou analisar um *mini skidder* composto por trator agrícola e pinça hidráulica no arraste de árvores de Pinus no Paraná, trabalhando no regime de manejo em corte final (após desbastes) aos 25 anos de idade. Foram determinadas a produtividade, a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional, considerando diferentes distâncias e declividades. O equipamento mostrou não ser o mais adequado devido às condições de trabalho exigirem maior robustez. A produtividade variou entre 8 e 50 m<sup>3</sup>/h, dependendo das condições. A disponibilidade mecânica foi 81%, baixa para um equipamento com poucas horas de uso, mas aceitável ponderando as condições de trabalho a que foi submetido.

Palavras-Chave: Colheita florestal, extração, produtividade, eficiência operacional.

## TECHNICAL ANALYSIS OF PINE EXTRACTION WITH "MINI SKIDDER"

**ABSTRACT** - This study aimed to analyze a mini skidder composed of agricultural tractor and hydraulic clamp on the extraction of pine trees in Parana, Brazil. The machines worked in final cut scheme (after thinning) at a 25-year-old pine plantation. Productivity, mechanical availability and operational efficiency were determined, considering different distances and slopes. The equipment proved not to be the most appropriate due the working conditions requires robustness. Productivity ranged from 8 to 50 m<sup>3</sup>/h, depending on conditions. The mechanical availability was 81%, low for a machine with a few hours of use, but acceptable considering the extreme working conditions it has submitted.

Keywords: Timber harvesting, extraction, productivity and operational efficiency.

<sup>1</sup> Acadêmico de Engenharia Florestal das Faculdades FatiFajar, Jaguariaíva (PR);

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Engenharia Florestal das Faculdades FatiFajar, Jaguariaíva (PR), Rua Santa Catarina, n. 04, Jardim Nossa Senhora de Fátima, CEP 84200-000, Jaguariaíva (PR), eng.oliveirafm@gmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

Dos primórdios das atividades de reflorestamento no Brasil até a década de 50 praticamente não havia emprego de máquinas na colheita florestal. Estas operações dependiam, até então, do uso de equipamentos agrícolas adaptados e de sistemas manuais, o que as tornavam dispendiosas e com alto risco de acidente até a sua modernização, na década de 70, quando a indústria nacional começou a fabricar maquinário de portes leves e médio, como a motosserra profissional, os tratores agrícolas munidos com pinça hidráulica traseira, também conhecido como *mini skidders*, os *skidders* e os autocarregáveis (MACHADO *et al.*, 2008).

Sabe-se que a extração de madeira de uma floresta é uma das etapas mais complexas da colheita florestal, pois é influenciada por diversos fatores, como nível de experiência e habilidade do operador, condições do povoamento, características do terreno, distância de extração, desempenho da máquina, dentre outros (MACHADO, 1984), portanto, qualquer destes fatores quando ignorados, geram baixo rendimento da operação e até mesmo defeitos no equipamento.

Apesar de o setor florestal estar provido de equipamentos de alta tecnologia e desempenho excepcionais direcionados para a colheita de madeira, não são todas as empresas que dispõem do capital necessário para tanto. Assim, necessitam recorrer a outros maquinários modestos e com menor custo de aquisição, como nas operações de arraste quando se utiliza um trator adaptado com pinça ao invés de um *skidder*.

Contudo, a eficiência destes equipamentos é muitas vezes desconhecida e estudos que resultem neste tipo de informação são de suma importância para o mercado florestal. Eles verificam a adequabilidade do equipamento para determinadas funções em condições reais de trabalhos, sobre influência das diversas variáveis existentes, como tipo de terreno, clima e operadores. Isto demonstra a importância de se obter mais informações da utilização de *mini skidders*.

Este trabalho objetivou avaliar o desempenho técnico do arraste com *mini skidder* em uma empresa florestal, determinar a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional do equipamento estudado e analisar os gargalos existentes no ciclo de trabalho do equipamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas áreas de colheita de madeira de uma empresa florestal no Estado do Paraná, sob as coordenadas geográficas longitude -24° 22' 3.67" e latitude -49° 37' 22.62". As áreas apresentavam relevo ondulado, com altitude média de 850 m, solo predominante latossolo e precipitação anual em torno de 1400 a 1600 mm.

A área experimental foi composta por três glebas com povoamentos da espécie *Pinus taeda* L. (Pinaceae) com 25 anos de idade de plantio e distribuição espaçamento inicial 3 x 2 m. As áreas haviam sofrido desbaste sistemático e seletivo, restando ao final do ciclo 698 árvores por hectare. O diâmetro médio, a altura média e o volume individual por árvore da gleba 1 foram de 37,16 cm, 30,0 m e 1,47 m<sup>3</sup>, da gleba 2 foram de 28,75 cm, 25,17 m e 0,62 m<sup>3</sup> e da gleba 3 foram de 30,15 cm, 26,12m e 0,90 m<sup>3</sup>.

O sistema de colheita estudado foi o de árvores inteiras (*full tree*), onde 60% das árvores foram derrubadas com o uso de um *harvester* e 40% com o uso de motosserras. Após o arraste com *mini skidder*, o desganhamento e o traçamento das árvores foram realizados na beira da estrada por um processador.

O *mini skidder* estudado nesta pesquisa foi um trator agrícola da marca Valtra modelo 420DSA, 4x4 turbo intercooler com 4 cilindros, com duzentas horas de vida útil. Ele possuía capacidade do tanque de combustível de 180 litros, embreagem tipo disco simples com acionamento mecânico e distância entre eixos de 2,52 m e comprimento total de 4,69 m, com peso total lastrado de 5.245 kg, equipado com pinça traseira da marca Roder acoplada diretamente ao sistema de levantamento hidráulico do trator com sistema de fixação de três pontos (Figura 1).



Figura 1. *Mini-skidder* estudado nesta pesquisa.

A atividade, realizada com três operadores, foi avaliada durante doze dias, onde cada operador foi acompanhado por um período de quatro dias. Todos os operadores possuíam curso de operador de trator e um ano de experiência na atividade de extração com *mini skidder*. O turno, que iniciava às sete horas, possuía quinze minutos para café da manhã, uma hora de almoço e trinta minutos de café da tarde, encerrando às dezesseis horas e trinta minutos. Durante os dias de estudo, foi realizado o acompanhamento total do trabalho, incluindo as paradas mecânicas e operacionais.

O ciclo de trabalho foi dividido nos seguintes elementos parciais:

- Viagem vazio: deslocamento vazio da área de estaleiro até o ponto onde os fustes já cortados estavam prontos para o arraste;
- Manobra: mudança de direção do trator onde geralmente o trator parava engatando a marcha ré para se posicionar de maneira mais adequada para efetuar o carregamento;
- Carregamento: momento em que o trator parava já com a parte traseira do trator próximo a árvore que seria arrastada;
- Viagem carregado: deslocamento carregado do interior do talhão até a área de estaleiro, arrastando os fustes derrubados;
- Manobra e descarregamento: operação executada quando o trator estava próximo ao local onde as árvores eram descarregadas, buscando aproximar a base da árvore que está sendo arrastada para perto das demais que já estavam no estaleiro;
- Alinhamento de fustes: operação realizada após a manobra e descarregamento com o intuito de aproximar um fuste do outro no estaleiro, diminuindo a área ocupada; e
- Tempos não produtivos: qualquer interrupção caracterizada pela não realização das fases anteriores.

As declividades foram divididas nas classes de 0 a 20% e 20 a 40%, determinadas por um clinômetro e representando a inclinação das vias onde era realizada a extração do interior do talhão até a beira da estrada. As distâncias de arraste foram divididas nas classes de 50 a 100 m, 100 a 150 m e acima de 150 m, determinadas com uma trena, representando a

distância da base da árvore após a operação de derrubada até a área de estaleiro onde tal fuste seria depositado.

### Análise Técnica

O mini *skidder* foi acompanhado por um período de 100 horas, por meio de um estudo de tempos e movimentos. O método utilizado foi o de tempo contínuo, onde não há detenção do cronômetro em cada mudança de elemento parcial do ciclo operacional.

Previamente ao início das análises, foi realizado um estudo piloto com o intuito de conhecer, detalhadamente, a operação de extração. Com isto foi possível adaptar, coerentemente, uma planilha para coleta dos tempos com códigos pertinentes à operação, facilitando a identificação de cada operação e diminuindo a ocorrência de erros. A intensidade amostral foi calculada a partir da fórmula proposta por Barnes (1977):

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

em que:  $n$  = número mínimo de ciclos necessários;  $t$  = valor de  $t$ , para o nível de probabilidade desejado e  $(n-1)$  graus de liberdade;  $CV$  = coeficiente de variação, em porcentagem; e  $E$  = erro admissível, em porcentagem.

Para determinar a produtividade foi utilizado o volume médio por árvore, fornecido pelo inventário pré-corte, multiplicado pelo número de árvores extraídas a cada ciclo, dividido pelas horas efetivamente trabalhadas, de acordo com a fórmula:

$$P = \frac{n \times vm}{he} \quad (2)$$

onde:  $P$  = produtividade ( $m^3/h$ );  $n$  = número de árvores extraídas;  $vm$  = volume médio por árvore; e  $he$  = horas efetivas de trabalho.

A disponibilidade mecânica foi considerada como o tempo em que a máquina esteve apta a desenvolver o seu trabalho dentro da carga horária estabelecida, descontando-se o tempo em que ela ficou em manutenção, de acordo com a fórmula:

$$Dm = \frac{(h - Tpm)}{h} \times 100 \quad (3)$$

onde:  $Dm$  = disponibilidade mecânica (%);  $h$  = horas totais (horas);  $Tpm$  = tempo de permanência em manutenção (horas);

A eficiência operacional foi considerada como o tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo previsto, de acordo com a fórmula:

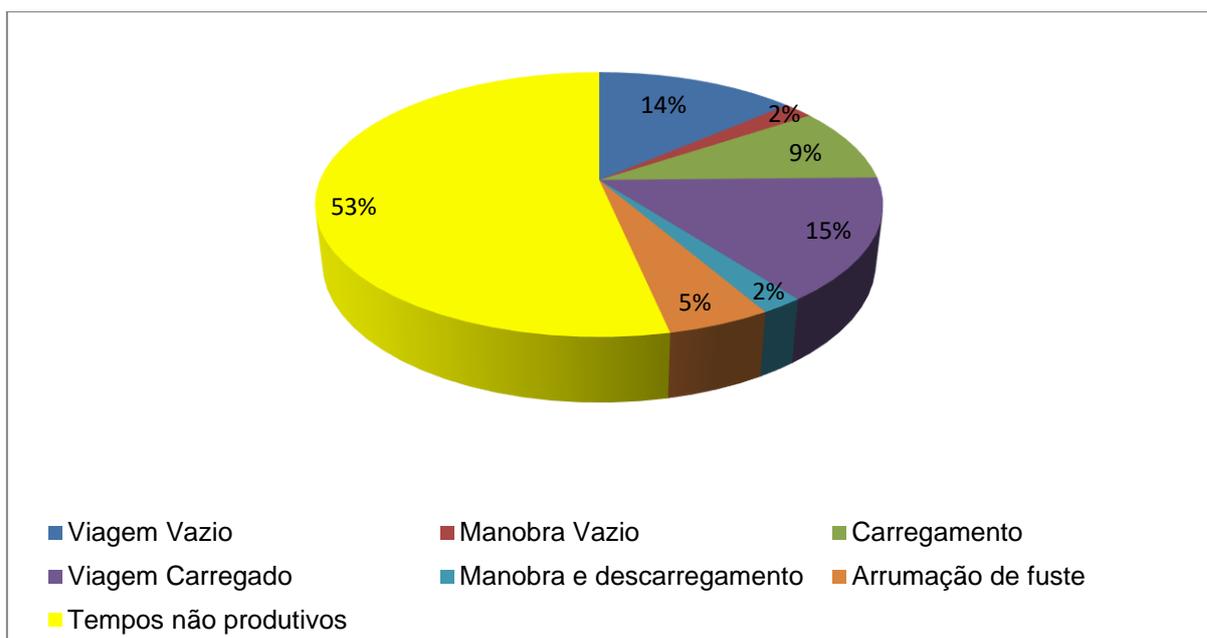
$$Eo = \frac{he}{(he + hp)} \times 100 \quad (4)$$

onde:  $Eo$  = eficiência operacional;  $he$  = horas efetivas trabalhadas; e  $hp$  = horas paradas.

### 3. RESULTADOS

A intensidade amostral deste estudo, baseada na quantidade de ciclos observados, resultou na comprovação de sua confiabilidade. De acordo com o cálculo, as 657 observações realizadas superaram o número mínimo necessário calculado de 487.

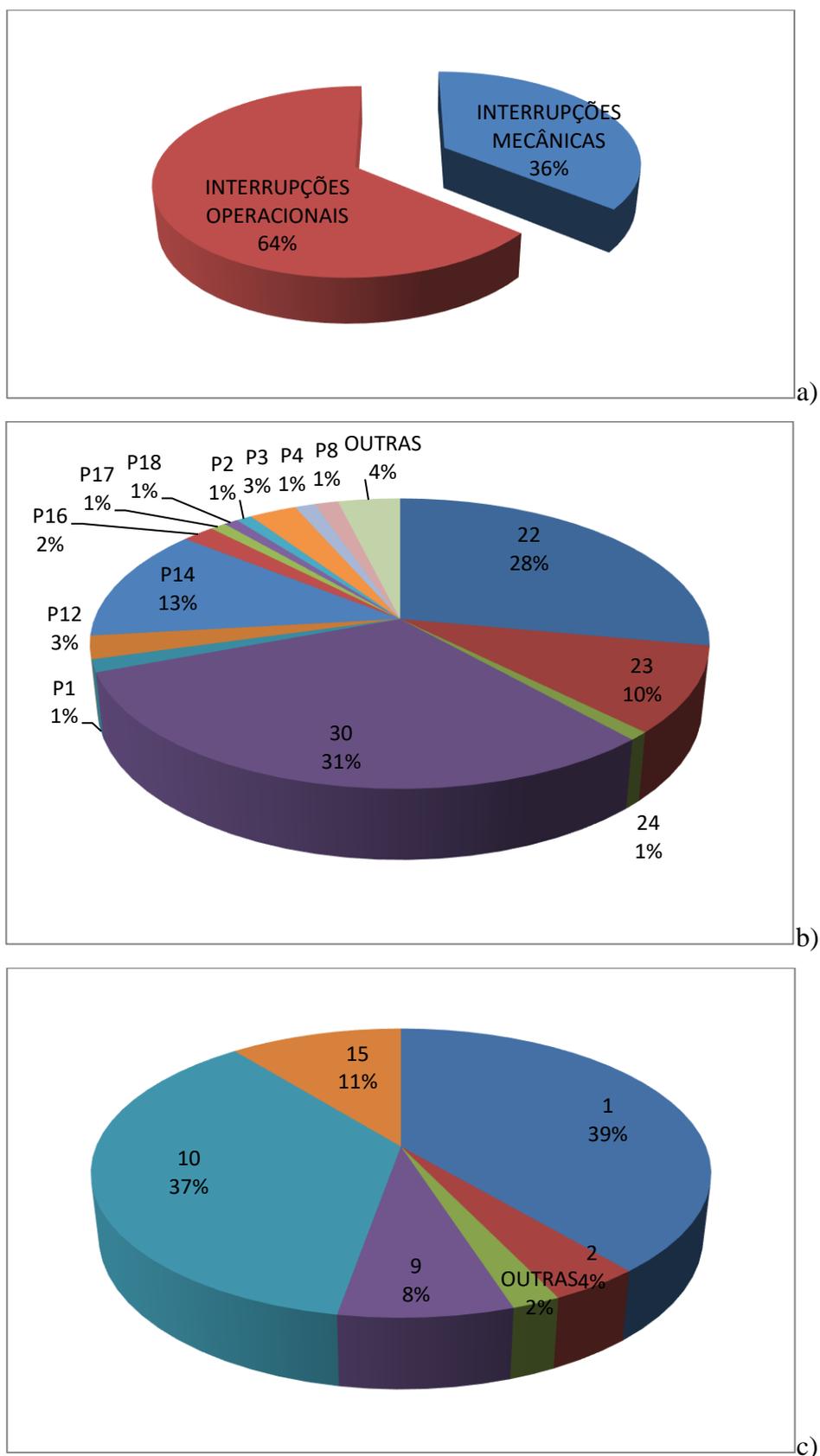
A composição percentual dos elementos parciais do ciclo operacional do arraste com *mini skidder* está mostrada na Figura 2. Os elementos parciais que consumiram o maior tempo no ciclo operacional foram as interrupções e a viagem carregado, com 53% e 15% do tempo total do ciclo operacional respectivamente. Os elementos viagem vazio e carregamento vieram em seguida, abrangendo 14% e 9%, respectivamente. A arrumação de fuste ocupou 5% do tempo total do ciclo e os elementos manobra vazio e manobra descarregamento demandaram 2% do tempo do ciclo cada.



**Figura 2.** Composição percentual dos elementos do ciclo operacional

Como os tempos não produtivos compuseram a maior parte do tempo total do ciclo operacional, uma análise criteriosa foi realizada a fim de identificar o caráter, operacional ou mecânico, que mais ocorreu. Na Figura 3 pode ser vista a divisão percentual das interrupções em operacionais e mecânicas, bem como a subdivisão de ambas as interrupções.

Como pode ser observado, as interrupções que mais ocorreram foram de caráter operacional, com 64% de ocupação do tempo total de interrupções. As pausas que tomaram maior parte do seu tempo total foram deslocamento interno (30) e refeições, sendo almoço (22) e café da tarde (23), com 31, 28 e 10% respectivamente. Em seguida o tempo que o operador se ausentou após ser solicitado para renovar curso relacionado a outra função que exercia na empresa (P14), e um conjunto de atividades que sozinhas (outras) não possuíam relevância perante o tempo total das interrupções operacionais, como conversas entre operadores e/ou funcionários da empresa no tempo de serviço, com 13 e 4% respectivamente. A espera para que o operador de motosserra abatesse a árvore para o arraste (P12) e o tempo gasto com conversas com o encarregado compôs 6% das interrupções deste caráter, sendo que ambas ocuparam 3% do tempo total. O abastecimento do equipamento (P16) ocupou, em relação ao tempo total da interrupção mecânica, 2% do tempo. As esperas ocasionadas devido à espera para outro mini skidder realizar o arraste (P1) ou descarregar no estaleiro (P2), realização da limpeza do estaleiro (P4), retirada de galhos enroscados no equipamento (P8), rebaixamento de toco (P17) e aguardando instruções, representou cada uma, 1% do total.



**Figura 3.** Composição porcentual das interrupções em operacionais e mecânicas (a), bem como a subdivisão de ambas as interrupções operacionais (a) e mecânicas (b) individualmente.

As interrupções mecânicas ocuparam 36% do tempo total não produtivo. O maior tempo ocupado foi com a manutenção corretiva (1) e com espera por mecânico em campo (10), obtendo 39 e 37% do tempo total das interrupções mecânicas, seguidas pela (15) e (9) com 11 e 8% respectivamente. O tempo gasto com manutenção preventiva representou 4% das interrupções mecânicas e pausas como comunicação com mecânico via rádio, verificação diária, a qual não era realizada da forma desejada e avaliação do mecânico, apresentada como "outras", ocuparam apenas 1% do tempo total deste tipo de interrupção.

### Análise Técnica

As produtividades observadas nas diferentes declividades e distâncias de extração estão mostradas na Tabela 1. A produtividade obtida no trabalho variou entre 8 e 50 m<sup>3</sup>/h, dependendo da declividade e da distância de arraste. Outros fatores que influenciaram a produtividade foram clima desfavorável e a sujeira proveniente do abate das árvores deixadas espalhadas pelo talhão, que muitas vezes enroscavam no equipamento ocasionando interrupções do ciclo. Segundo Malinovski *et al.* (2006), as variáveis relacionadas a unidade homogênea de corte ou projeto florestal a ser colhido apresentam interferência direta na produtividade das máquinas.

**Tabela 3.** Produtividades observadas nas diferentes declividades e distâncias de extração.

Distância de arraste (m)	Declividade (%)	Produtividade (m <sup>3</sup> /he)
0 a 50	0 a 20	50
	20 a 40	18
50 a 100	0 a 20	26
	20 a 40	8
100 a 150	0 a 20	14
	20 a 40	13
>150	0 a 20	11
	20 a 40	8

Ambas as variáveis exerceram influência na produtividade, pois na distância de 0 a 50 m e declividade 0 a 20% a produtividade foi de 50 m<sup>3</sup> e, nesta mesma distância, mas com declividade de 20 a 40%, a produtividade alcançada foi de 18 m<sup>3</sup>, indicando neste caso uma maior influencia da declividade.

A disponibilidade mecânica do equipamento, no período estudado, foi de 81%, valor baixo para um equipamento novo e com poucas horas de uso, porém considerado aceitável para esta operação, pois a capacidade do trator era muitas vezes excedida pelas atividades realizadas e as condições de relevo eram desfavoráveis, exigindo mais do equipamento. A eficiência operacional encontrada no estudo foi de 47%, valor explicado pelas interrupções que excederam a metade do tempo total do ciclo operacional.

#### 4. DISCUSSÃO

A representatividade das interrupções (tempo não produtivo) demonstra falhas principalmente no critério operacional, com exceção das pausas para refeições e manutenção programada que são previstas para qualquer atividade. Conforme Ledoux (2010) as interrupções variam de forma significativa de acordo com as características dos povoamentos florestais e variáveis do terreno. As visualizações *in loco* demonstraram que o equipamento não é o adequado para o arraste nas condições apresentadas, pois houve momentos em que, devido ao grande volume de algumas árvores, o *mini skidder* não era capaz de arrastá-la, tendo que realizar seu seccionamento para então prosseguir com a operação, comprovando que o diâmetro da base das árvores, segundo Malinovski *et al.* (2006), é uma variável fundamental para o dimensionamento dos equipamentos que são utilizados no corte e na extração.

Também em questão de desempenho e produtividade, notou-se a influência da variável declividade no estudo realizado por Santos *et al.* (2013), em uma análise com *clamblunk skidder*.

O sistema utilizado no corte, com *harvester* e motosserra, propiciou o acúmulo de galhadas e ponteiros espalhadas pelo talhão, considerando que a ponteira e até mesmo a árvore podem quebrar-se no contato com o solo após seu abate. Este fato, juntamente com os demais já citados, comprometem negativamente o rendimento e o desempenho, além de facilitar a ocorrência de avarias no trator.

O equipamento, apesar de não ser o mais adequado para as operações, não foi o que mais prejudicou a operação de arraste, pois em 81% do tempo analisado ele estava disponível para trabalho, porém esta mesma disponibilidade não é compatível com as suas horas de uso.

O elemento parcial carregamento foi considerado o gargalo da operação de arraste, pois era onde o trator encontrava a maior dificuldade dentre todos os elementos do ciclo

operacional, pois o tempo até que o trator começasse a se deslocar era maior do que o previsto, devido as condições de declividade e volume das árvores, diminuindo a produtividade.

## 5. CONCLUSÕES

- O *mini skidder* estudado não se mostrou adequado para o arraste de pinus em terrenos com mais de 20% de declividade e 100 m de distância de arraste, fato confirmado pela amplitude de produtividade encontrada nas diferentes condições operacionais.
- A disponibilidade mecânica do equipamento foi considerada baixa para um equipamento com poucas horas de uso, mas aceitável considerando as condições de trabalho a que foi submetido.
- O elemento que mais prejudicou a operação foram as interrupções de caráter operacional, que independem das condições do equipamento analisado, porém influenciam diretamente no rendimento.
- O gargalo da operação de arraste foi o carregamento com a pinça hidráulica, onde o trator encontrava a maior dificuldade dentre todos os elementos do ciclo operacional. O tempo até que o *mini skidder* começasse a se deslocar era maior do que o previsto, devido a condições de declividade e volume das árvores, resultando em perdas na produtividade.

## 6. REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Blucher, 1977.

LEDOUX, C. B. **Mechanized systems for harvesting eastern hardwoods**. Newtown Square: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2010.

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. **Floresta**, v. 36, n. 2, 2006.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 2 ed., Viçosa: UFV, 2008.

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1984.

SANTOS, P. H. A.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custo de extração de madeira de eucalipto com *Clamblunk Skidder*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, 2013.