

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LARISSA LARA MOREIRA DA SILVA FREITAS

**ANÁLISE DE RENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE ARRASTE SIMPLES E ARRASTE
DUPLO NA COLHEITA FLORESTAL**

MONTE CARMELO

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LARISSA LARA MOREIRA DA SILVA FREITAS

ANÁLISE DE RENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE ARRASTE SIMPLES E
ARRASTE DUPLO NA COLHEITA FLORESTAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Alvaro Augusto Vieira Soares

MONTE CARMELO
2024


LARISSA LARA MOREIRA DA SILVA FREITAS

ANÁLISE DE RENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE ARRASTE SIMPLES E
ARRASTE DUPLO NA COLHEITA FLORESTAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.


Monte Carmelo, 17 de abril de 2024

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ALVARO AUGUSTO VIEIRA SOARES
Data: 14/05/2024 19:20:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares

(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 PAULA CRISTINA NATALINO RINALDI
Data: 09/05/2024 22:42:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Paula Natalino Rinaldi

(Membro da banca)

Documento assinado digitalmente
 THIAGO GARCIA DE ALMEIDA
Data: 10/05/2024 12:25:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Thiago Garcia de Almeida

(Membro da banca)

MONTE CARMELO
2024

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de conclusão de curso não teria sido possível sem o apoio e contribuição de diversas pessoas, às quais gostaria de expressar minha mais profunda gratidão. É impossível expressar em palavras toda a emoção que sinto ao olhar para trás e perceber o quão longe cheguei.

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder força, sabedoria e perseverança para enfrentar os desafios ao longo deste percurso.

Quero agradecer à minha família, pelo amor incondicional, apoio emocional e incentivo constante ao longo desta jornada acadêmica. Suas palavras de encorajamento foram a minha fonte de força nos momentos mais difíceis. Obrigada, do fundo da minha alma, por serem a minha inspiração e por estarem sempre ao meu lado, compartilhando comigo cada passo desta jornada incrível.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante todos os altos e baixos deste percurso, obrigado por compartilharem comigo as alegrias e as dificuldades, e por serem um suporte inestimável em todas as etapas deste trabalho.

Expresso minha sincera gratidão ao meu orientador, Dr. Alvaro Soares, pela sua orientação sábia, paciência e dedicação incansável. Seu apoio foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Também gostaria de agradecer à empresa Dexco, especialmente ao coordenador de produção Thiago Garcia por proporcionar os recursos necessários e o ambiente propício para a realização desta pesquisa. Obrigada por acreditar no valor deste trabalho e por seu compromisso em torná-lo uma realidade.

Por fim, reconheço e agradeço à Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade de crescer intelectualmente, pelos recursos oferecidos e pelo suporte contínuo de professores e funcionários.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado por fazerem parte deste importante capítulo da minha vida acadêmica.

“É justamente a possibilidade de realizar um
sonho que torna a vida interessante.”

(Paulo Coelho)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4. CONCLUSÃO	25
5. REFERÊNCIAS:.....	26

RESUMO

A colheita florestal é uma operação crítica da produção florestal, que tem forte impacto na produtividade e nos custos de produção. Um dos equipamentos amplamente utilizados nas operações florestais de colheita é o skidder de pneu, conhecido por sua capacidade de arrastar troncos e toras em terrenos de características variadas. No entanto, apesar da reconhecida adequabilidade operacional do skidder, sua produtividade pode variar por diversos fatores, dentre eles a forma de disponibilização das todas na quadra. Neste contexto, buscando pela maior eficiência e produtividade das operações de arraste na colheita de floretas plantadas, este trabalho tem o objetivo de analisar a produtividade do skidder em duas modalidades de arraste: simples e duplo, e, paralelamente, o impacto gerado na operação posterior de processamento com a garra. O arraste simples envolve a acumulação de feixes de madeira em uma pilha única, enquanto o arraste duplo acumula os feixes em duas pilhas distintas. Pretende-se avaliar os prós e contras de cada técnica, visando aprimorar a eficiência operacional na colheita. Os dados foram coletados em campo e processados utilizando métodos estatísticos, com o objetivo de identificar diferenças significativas na produtividade entre os métodos de arraste e avaliar o impacto gerado na operação subsequente ao arraste, o processamento da garra traçadora. Os resultados apontam que, para a operação com skidder, o método de arraste simples tende a proporcionar rendimentos ligeiramente superiores em comparação ao arraste duplo. O teste t confirmou uma diferença estatisticamente significativa nos rendimentos entre o arraste simples e duplo para o skidder. Entretanto, uma análise adicional focada nas operações com a garra traçadora revelou que não há diferença estatisticamente significativa nos rendimentos da garra entre os métodos. As operações apresentaram médias próximas, com desvios padrão e erros de amostragem semelhantes entre os grupos. Portanto, enquanto a diferença significativa nos rendimentos foi observada entre o arraste simples e duplo para as operações com o skidder, essa disparidade não foi evidente nas operações com a garra traçadora.

Palavras-chave: Skidder; Arraste; Eucalipto

ABSTRACT

Forest harvesting is a critical operation in forestry production, which has a strong impact on productivity and production costs. One of the widely used equipment in forest harvesting operations is the tire skidder, known for its ability to drag logs and timber in terrains of varied characteristics. However, despite the recognized operational suitability of the skidder, its productivity can vary due to various factors, including the manner of log arrangement in the stand. In this context, aiming for greater efficiency and productivity in drag operations during planted forest harvesting, this study aims to analyze the productivity of the skidder in two dragging: single and double dragging, and, concurrently, the impact generated in the subsequent processing operation with the grapple. Single dragging involves accumulating bundles of wood in a single pile, while double dragging accumulates the bundles in two distinct piles. The objective is to evaluate the pros and cons of each technique, aiming to improve operational efficiency in harvesting. Data were collected in the field and processed using statistical methods to identify significant differences in productivity between dragging methods and assess the impact generated in the operation following dragging, the grapple processing operation. The results indicate that, for skidder operation, the single dragging method tends to provide slightly higher yields compared to double dragging. The t-test confirmed a statistically significant difference in yields between single and double dragging for the skidder. However, further analysis focused on grapple operations revealed that there is no statistically significant difference in grapple yields between the methods. The operations showed close averages, with similar standard deviations and sampling errors among the groups. Therefore, while a significant difference in yields was observed between single and double dragging for skidder operations, this disparity was not evident in grapple operations.

Palavras-chave: Skidder; Log dragging; Eucaliptus

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal desempenha um papel crucial na economia brasileira, contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconômico e sustentável do país. A movimentação de mercado no setor é de grande relevância, com o país sendo um dos principais produtores e exportadores mundiais de produtos florestais. De acordo com dados do Serviço Florestal Brasileiro (SFB), o valor bruto da produção florestal brasileira atingiu R\$ 39,3 bilhões em 2023, um aumento de 8,2% em relação ao ano anterior (SFB, 2024). Essa dinâmica de mercado é gerada pela demanda nacional e internacional por produtos florestais, refletindo a importância econômica do setor.

No Brasil, país que abriga uma das maiores extensões de florestas tropicais do mundo, o setor florestal desempenha vários papéis, desde a produção de madeira para a indústria de construção civil até a geração de energia renovável e a conservação da biodiversidade (Silva et al., 2023). A colheita florestal, nesse contexto, é essencial para a obtenção de matéria-prima para uma variedade de produtos e serviços, incluindo móveis, papel, celulose, entre outros.

A colheita florestal é caracterizada por uma diversidade de práticas e técnicas, que variam de acordo com o tipo de floresta, as condições locais e as demandas do mercado. Entre os métodos mais comuns estão a colheita seletiva e o corte raso, cada um com suas próprias questões ambientais, sociais e econômicas (Silva et al., 2023). Com a metodologia do corte raso, o sistema *full tree* envolve a extração e o transporte de árvores inteiras, incluindo tronco, galhos e folhagem. Esta técnica exige equipamentos especializados, como *fellers*, *skidders* e garras adaptados para lidar com árvores inteiras.

Dentro deste contexto, o arraste de madeira com *skidder* de pneu, conhecido por sua capacidade de arrastar troncos e toras em terrenos variados, na qual pesquisas recentes destacam a eficiência operacional desse equipamento, especialmente em condições adversas, como terrenos íngremes e áreas de difícil acesso (Bianchi et al., 2022), se tornou uma máquina bastante utilizada nas operações florestais. No entanto, essa operação não está isenta de preocupações e desafios, levantando questões sobre seus impactos operacionais.

O *skidder* pode ser empregado em duas modalidades distintas: o arraste simples e o arraste duplo. No arraste simples, a máquina acumula os feixes de madeira em pilha única, mantendo uma altura padrão e respeitando a distância da estrada pré-estabelecida para fins

comerciais. Para o arraste duplo, a máquina acumula os feixes de madeira em duas pilhas, sendo uma inferior e outra superior, com distâncias diferentes e altura definidas para fins comerciais.

Para as modalidades definidas, existem fatores que podem influenciar o rendimento das operações de arraste. Portanto, este trabalho busca analisar e comparar a produtividade do skidder e o impacto gerado na operação posterior ao arraste tal qual o processamento da garra traçadora, aplicando essas duas técnicas, avaliando os prós e contras de cada uma visando aprimorar a eficiência operacional, a disponibilidade mecânica, o rendimento e outros fatores que envolvem a colheita florestal.

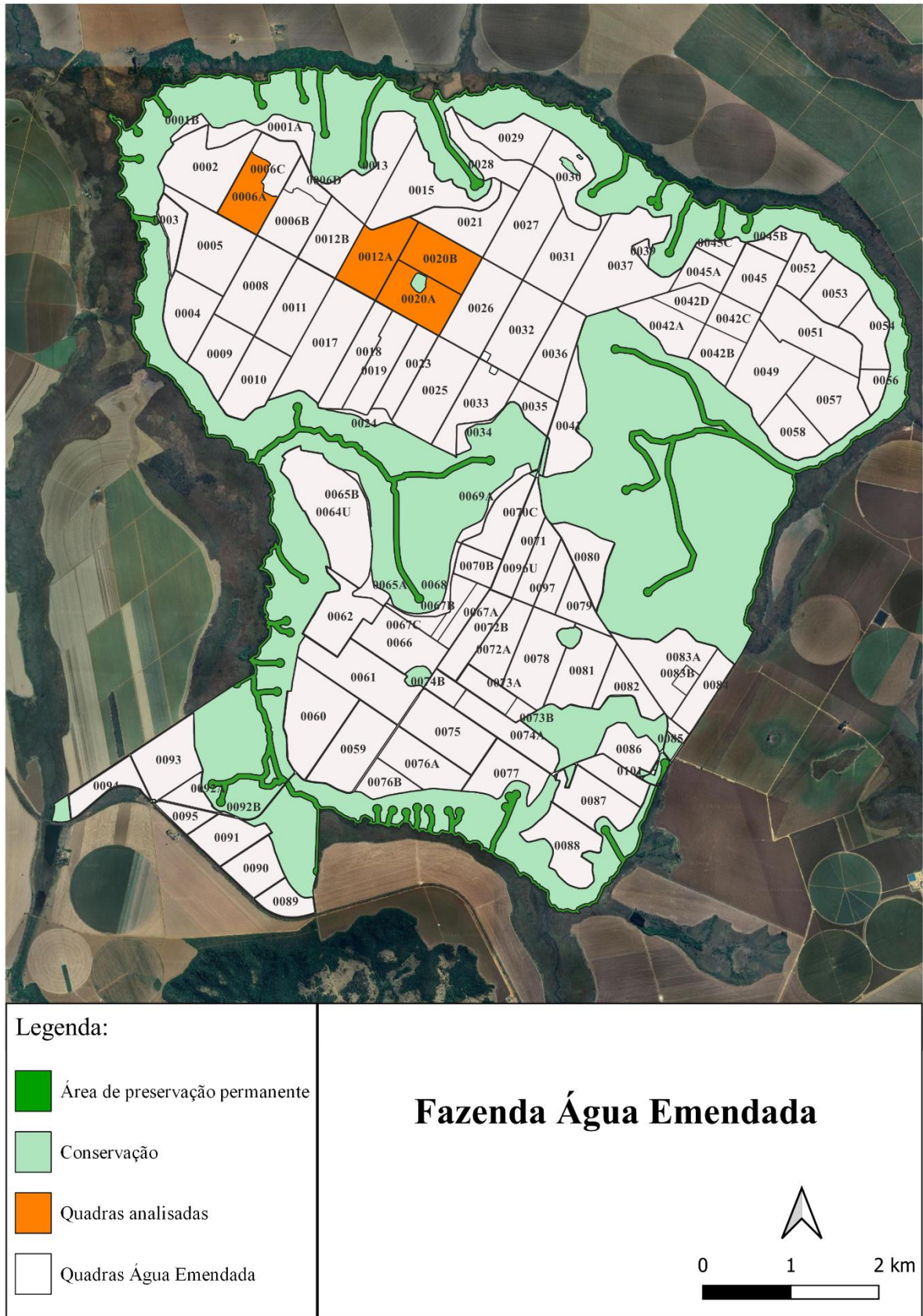
2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises ocorreram em quatro quadras com características de volume médio individual (VMI), rotação e área total similares (Tabela 1), da Fazenda Água Emendada (Mapa 1), na região de Uberaba localizada no Triângulo Mineiro.

Tabela 1 – Informações das quadras analisadas na Fazenda Água Emendada, na região de Uberaba -MG

Quadra	VMI	Rotação	Área (ha)
06A	0,147	2°	33,13
12A	0,152	2°	44,05
20A	0,135	2°	40,67
20B	0,152	2°	39,83

A classificação climática de Köppen-Geiger para Uberaba é Cwa. A região é caracterizada por um clima predominantemente tropical, com estação seca no inverno e chuvosa no verão. Os verões são quentes e úmidos, com temperaturas que frequentemente ultrapassam os 30°C, enquanto os invernos são mais amenos e secos, com temperaturas médias em torno de 20°C.



Mapa 1 – Fazenda Água Emendada, localizada na região de Uberaba.

As quadras analisadas (Imagem 1) apresentam dois tipos de solos LVAd3. Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVAd) são solos tropicais profundos, com textura predominantemente argilosa, coloração avermelhada e amarelada devido à presença de óxidos de ferro e alumínio. Eles são caracterizados pela baixa fertilidade natural, o que requer práticas de manejo cuidadosas e o uso de fertilizantes para garantir a produtividade agrícola. No entanto, esses solos possuem uma boa capacidade de drenagem, o que os torna adequados para culturas que requerem boa aeração das raízes. Já os Latossolos Vermelhos Distróficos são similares aos LVAd em muitos aspectos, mas geralmente possuem uma coloração mais avermelhada e uma menor quantidade de argila em sua composição. Eles também têm baixa fertilidade natural e podem exigir medidas de correção de solo para otimizar sua capacidade produtiva. (EMBRAPA, 2018). A combinação desses dois tipos de solo, LVAd e Latossolos Vermelhos Distróficos, na região de Uberaba, cria uma base edafológica diversificada, que pode suportar uma variedade de culturas agrícolas e pastagens.



Imagem 1 – Quadras disponíveis para iniciar a operação de arraste, Fazenda Água Emendada



Imagem 2 – Quadras com arraste simples e duplo na Fazenda Água Emendada.

O skidder da marca Tigercat, modelo 635 H foi utilizado para a realização das operações de arraste (Imagens 3 e 4) e a Garra traçadora Sany, modelo 365F, acoplada à garra Potenza de tamanho 1.35 foi utilizada para o processamento (Imagens 5 e 6). As avaliações consistiram na análise de dois tipos de arraste: simples e duplo (Imagem 2)

O arraste simples constitui-se na formação de pilha única, com altura máxima de 1,5m e a distância entre encabeçamento da madeira arrastada e borda da estrada de 8 metros. Para o arraste duplo, são formadas duas pilhas (inferior e superior), com altura total máxima de 2,0 m e distância entre o encabeçamento da madeira arrastada e borda da estrada de 15 metros para a pilha inferior e 8 metros para pilha superior (Imagem 8).



Imagem 3 - Skidder TigerCat 635H



Imagem 4 - Skidder TigerCat 635H



Imagem 5 – Garra traçadora Sanyt 365F



Imagem 6 – Garra traçadora Sany 365F

O acompanhamento em campo foi iniciado em setembro de 2023 (Imagem 9). As pilhas arrastadas seguiram as exigências determinadas (Imagem 10) e após finalizado o arraste, iniciou a operação de traçamento (Imagem 11).



Imagem 7 – Pilha de arraste simples na quadra 20A da Fazenda Água Emendada, na região de Uberaba

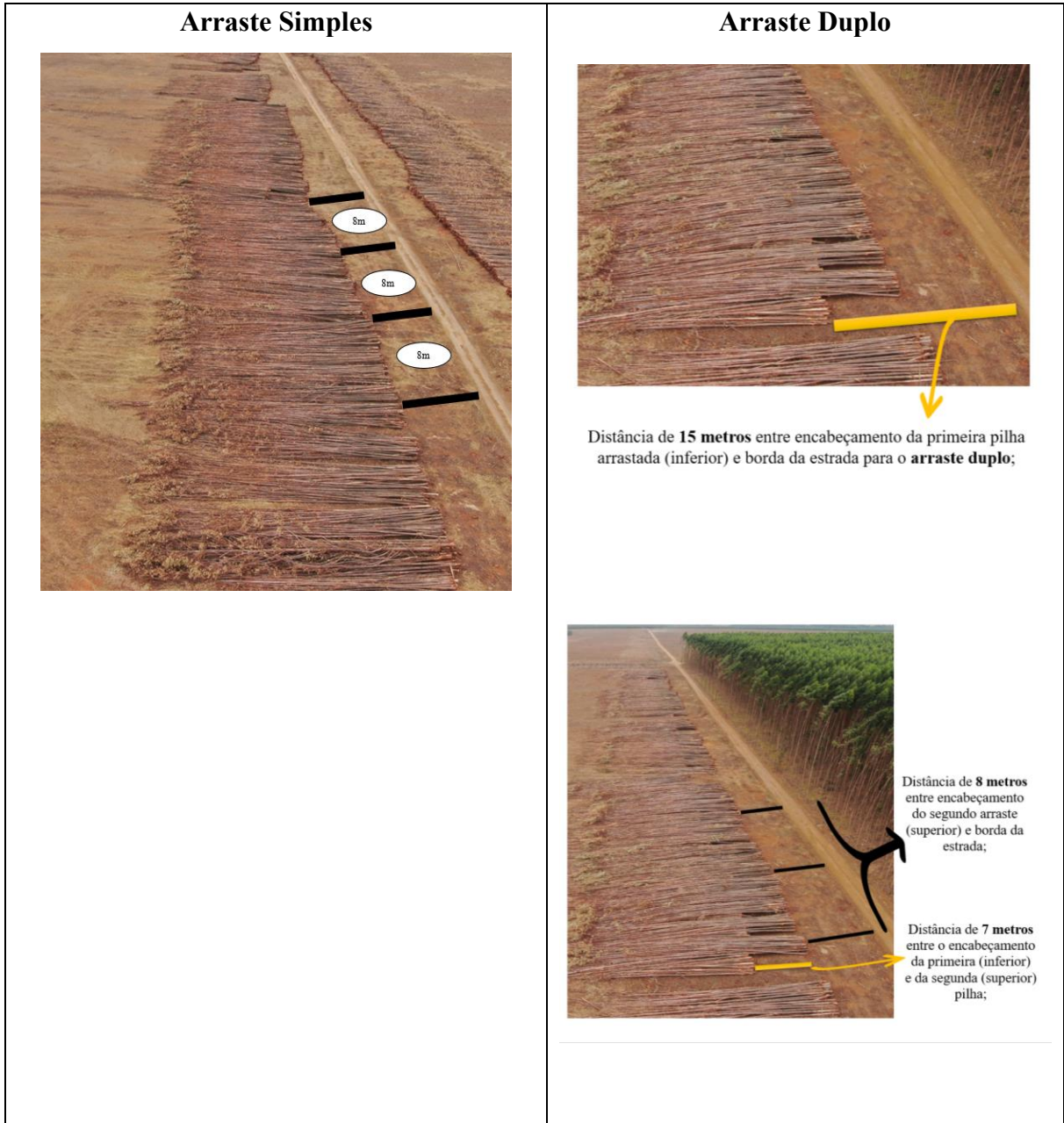


Imagem 8 – Pilhas de arraste simples e arraste duplo na Fazenda Água Emendada.



Imagem 9 – Skidder em operação





Imagem 10 – Operação de arraste duplo com skidder

Para as operações de arraste, as informações registradas foram o número de árvores arrastadas, as horas trabalhadas, o VMI da quadra arrastada e, posteriormente, foi realizado o cálculo para a obtenção do rendimento operacional, expresso pela produção em metros cúbicos por hora trabalhada (m^3/h), dado pela fórmula:

$$\text{Rendimento } (m^3/h) = (N^{\circ} \text{ árvores arrastadas} \times \text{VMI}) / \text{Horas Trabalhadas}$$

Para as operações de processamento, as informações registradas foram o número de árvores processadas, as horas trabalhadas, o VMI da quadra arrastada e, posteriormente, foi

realizado o cálculo para a obtenção do rendimento operacional, dado pela produção em metros cúbicos por hora trabalhada (m^3/h), dado pela fórmula:

$$\text{Rendimento } (m^3/h) = (N^\circ \text{ árvores processadas } \times \text{VMI}) / \text{Horas Trabalhadas}$$

Após o levantamento em campo, as informações foram compiladas em uma planilha para a realização do processamento dos dados. O primeiro processamento consistiu na análise do erro de amostragem a variável rendimento operacional para cada combinação de tipo de arraste e operação (*skidder* ou garra traçadora). Para tal utilizou-se a equação abaixo, baseada no estimador do erro amostral para amostragem casual simples:

$$e(\%) = 100 \bar{y}^{-1} t \sqrt{\frac{1}{\sqrt{n}} \left| \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1} \right|}$$

em que $e(\%)$ é o erro de amostragem percentual; y_i e \bar{y} são, respectivamente, o valor observado da quadra i e a média aritmética do rendimento operacional ($m^3/hora$); t = valor tabelado t de Student a 95% de probabilidade e $n-1$ graus de liberdade; n = quantidade de quadras amostradas.

Posteriormente, para comparar os rendimentos entre pilhas de arraste simples e arraste duplo para as operações com *skidder* e traçamento com a garra, realizou-se o teste t de Welch a 5% d significância. As análises foram realizadas no software R.

$$t = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \times \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

em que: os índices 1 e 2 se referem aos tipos de arraste, i.e. simples e duplo, respectivamente e os outros símbolos como especificado acima.

Adicionalmente, foi comparado o desempenho dos operadores das máquinas, levando em consideração a diferença entre os rendimentos obtidos em cada tipo de arraste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que entre as operações de arraste simples e arraste duplo há diferença significativa (p -valor = 0,02467 par ao teste t de welch) para o rendimento operacional (m^3/h) do skidder. O arraste simples apresentou maior rendimento operacional, com média de 130,87 m^3/h , enquanto o rendimento do arraste duplo foi de 113,24 m^3/h . O desvio padrão obtido para o arraste duplo foi menor (9,64 m^3/h) em comparação com o arraste simples (14,90 m^3/h), o que sugere uma menor variabilidade nos rendimentos para o arraste duplo. Os erros de amostragem de 7,61% para o arraste duplo e 10,17% para o arraste simples indicam que o tamanho amostral foi adequado, assumindo-se adequado um erro próximo a 10%.

Para a análise de rendimento operacional de processamento com a garra traçadora, não houve diferença estatisticamente significativa (p -valor = 0,9992) com médias de 168,67 m^3/h para arraste duplo e 168,66 m^3/h para o arraste simples. O desvio padrão do rendimento operacional foi similar, e 8,14 m^3/h e 8,27 m^3/h para o arraste simples e duplo, respectivamente, indicando não haver discrepância considerável da variabilidade das operações entre os tipos de arraste. Além disso, os erros de amostragem também são semelhantes, de 8,14% para o arraste simples e 8,27% para o arraste duplo, situando-se abaixo do erro admissível de em torno de 10%, adotado neste trabalho.

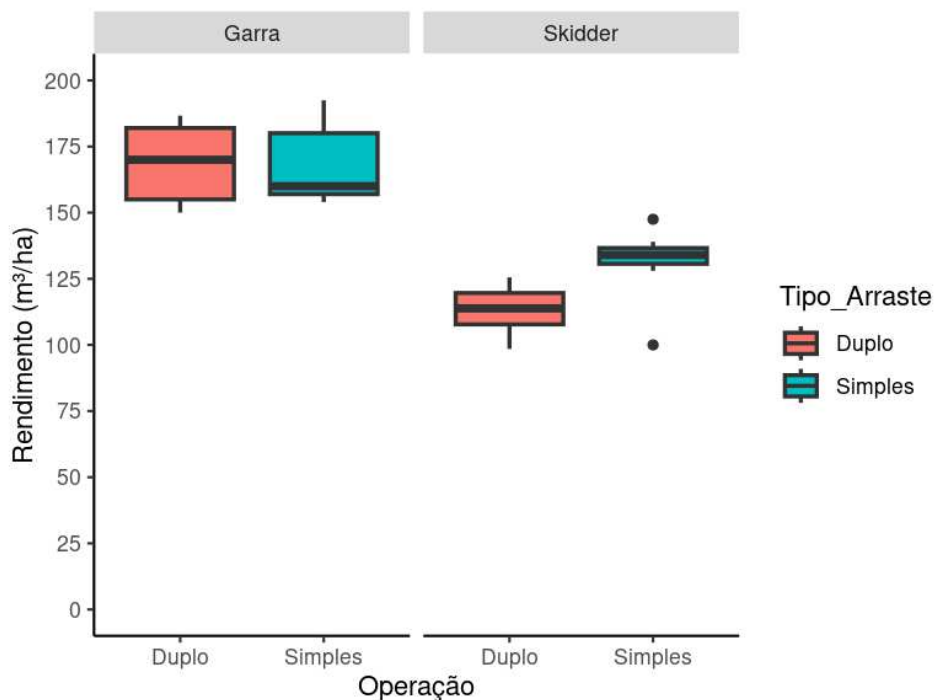


Gráfico 1 - Gráfico de caixas para o rendimento operacional (m^3/ha) entre os tipos de arraste simples (verde) e duplo (laranja) para operações com o *skidder* e garra traçadora.

Levando em consideração a diferença de médias de rendimento do skidder, com 130,87 m³/h para o arraste simples e 113,24 m³/h para o duplo, encontramos 17,63m³/h de ganho no rendimento quando utilizado o arraste simples. Ao considerar um turno de 12 horas na escala *Marshall* com o skidder operando efetivamente por 10 horas no turno, o ganho seria de 176,3 m³/turno, totalizando 352,6m³/dia. Extrapolando o resultado para um mês, o resultado chega a 10.578m³, o que em ano, representa o volume final de 126.936 m³. O impacto gerado considerando esse tipo de arraste influencia não apenas o melhor aproveitamento do tempo, mas no aumento significativo dos lucros da operação.

De forma adicional, foi comparado o desempenho dos operadores das máquinas. Para a operação com skidder, o operador B apresentou maior rendimento (137m³/h) para a operação de arraste simples. O operador A, apesar de apresentar menor rendimento para o arraste simples em comparação ao operador B, apresentou maior destaque na operação de arraste duplo, atingindo 122 m³/h, sendo 15m³/h a mais que o operador B.

O maior rendimento na operação de arraste simples pode ser explicado pelo fato de que essa operação exige apenas uma distância predefinida de 8 metros da bordadura da estrada, evitando assim algumas manobras. Além disso, os operadores possuem maior afinidade com essa modalidade, pois, é a mais utilizada.

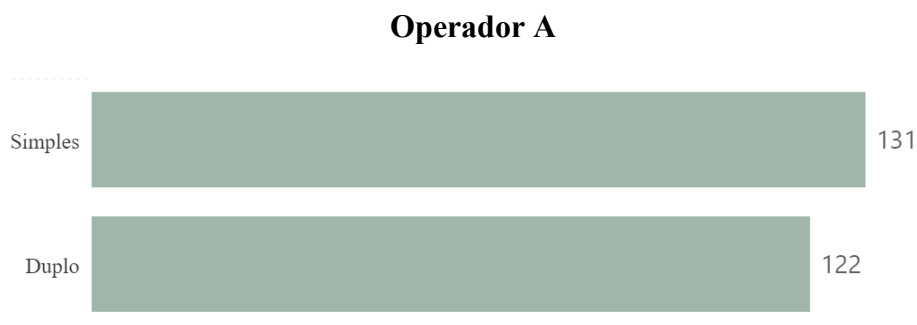


Gráfico 2 - Rendimento médio nas operações de arraste simples e duplo para o operador A

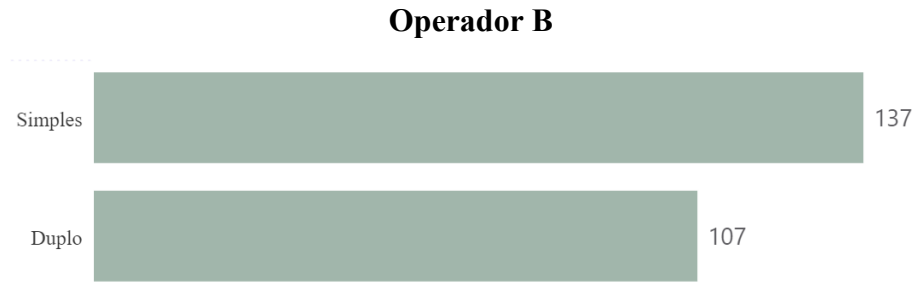


Gráfico 3 - Rendimento médio nas operações de arraste simples e duplo para o operador B.

Para a operação de processamento com a garra traçadora, o operador C demonstrou que não houve variação para ele comparando os dois tipos de pilhas formadas pelo tipo de arraste (Gráfico 5). Essa informação se deve ao fato de que esse operador é o mais experiente da máquina. Os anos de experiência processando as duas formas de arraste, fez com que não houvesse oscilação em seu rendimento de 179m³/h, diferente do operador D, que tinha experiência exclusivamente com a operação de arraste simples.

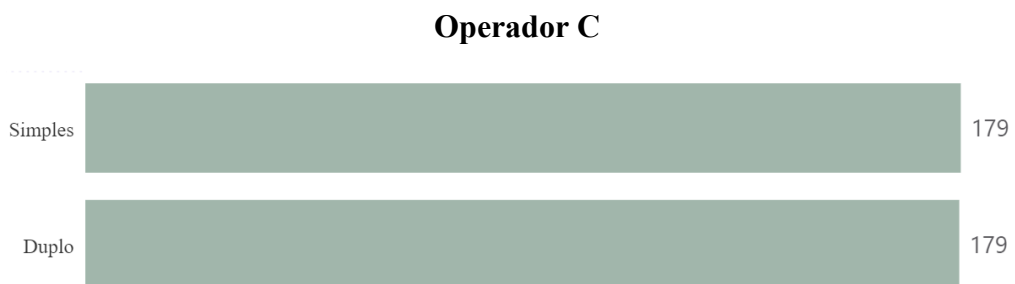


Gráfico 5 - Rendimento médio nas operações de arraste simples e duplo para o operador C.

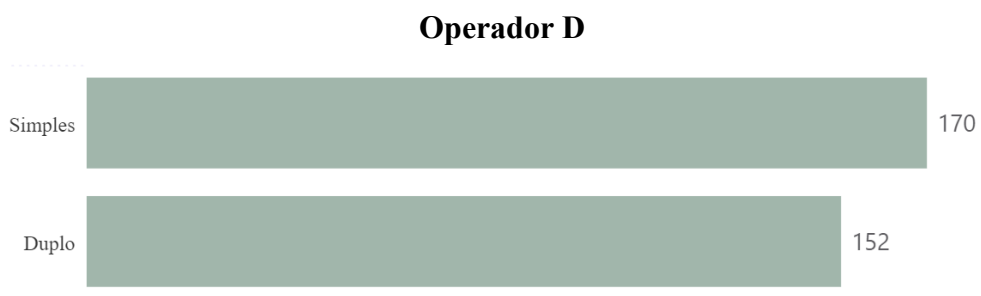


Gráfico 6 - Rendimento médio nas operações de arraste simples e duplo para o operador D.

4. CONCLUSÃO

- O arraste simples é o mais indicado para as operações de skidder e não interfere o processamento com a garra traçadora;
- O aumento significativo na produtividade da operação também se dá pela afinidade dos operadores com o arraste simples;
- As operações de arraste duplo só poderão ocorrer quando a quadra em questão não houver espaço suficiente para o depósito dos feixes com um único arraste;

5. REFERÊNCIAS:

BIANCHI, L.; MOREIRA, J. F.; BATISTA, E. A. C. Evaluation of the operational performance of skidders in the extraction of eucalyptus wood. *Floresta e Ambiente*, v. 29, e20201513, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.151320>.

BATTISTI, R.; OLIVEIRA, R. M.; REIS, M. S. Performance of a skidder in the extraction of pine wood. *Revista Ceres*, v. 68, n. 3, p. 197-205, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737x202168030001>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Características e manejo dos Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SOUZA, L. F.; COSTA, V. M.; ALVES, L. F. Forest harvesting as tool to mitigate climate change impacts in tropical forests: a review. *Forest Ecology and Management*, v. 488, p. 119005, 2021.

SILVA, R. N.; OLIVEIRA, D. L.; LIMA, R. M. Forest harvesting techniques and their environmental impacts: a review. *Scientia Forestalis*, v. 51, n. 1, e20220092, 2023.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). Anuário Estatístico da Produção Florestal 2023. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2024.

MIRANDA, F.; GAMA, J. R.; FREITAS, A. C. A importância socioeconômica e ambiental do setor florestal brasileiro: uma revisão. *Floresta e Ambiente*, v. 28, n. 4, e20180685, 2021.