



ELISA DE SOUZA SIQUEIRA

GANHO POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE NO *FORWARDER*

LAVRAS – MG

2019

ELISA DE SOUZA SIQUEIRA

GANHO POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE NO *FORWARDER*

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso
de Engenharia Florestal, para obtenção do título
de Engenheiro Florestal.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

LAVRAS – MG
2019

ELISA DE SOUZA SIQUEIRA

GANHO POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE NO *FORWARDER*

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso
de Engenharia Florestal, para obtenção do título
de Engenheiro Florestal.

APROVADA em 19 de Junho de 2019.

Prof. Dr. Luis Marcelo Tavares de Carvalho UFLA
Ma. Isabela Braga Belchior UFLA

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

Aos meus pais, irmão, meu noivo e meus amigos que, com muito carinho, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me deu força e perseverança para lutar por meus objetivos.

Agradeço aos meus pais Glória e Edir, por serem a minha durante todos esses anos e me possibilitarem perseguir meus sonhos.

Ao meu noivo Renan, pelo amor, carinho, paciência e compreensão.

Aos meus amigos Lizandra e Thiago, pela amizade sincera, que quero levar por toda a vida.

Agradeço aos amigos de trabalho Fábio Rodrigues, Carlos Toshio, Getúlio Jorge e Ana Beatriz, pela ajuda e apoio durante a realização do meu estágio.

Aos professores da Universidade Federal de Lavras, que sempre estiveram dispostos a contribuir com o meu aprendizado. Em especial, agradeço ao professor Lucas Amaral, pela amizade e por me orientar durante os anos de iniciação científica e agora, em meu trabalho de conclusão de curso.

Enfim, agradeço à todos que fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida.

RESUMO

A colheita florestal é um setor que apresenta alto custo de operação. Seja devido ao maquinário, tamanho da estrutura, produtividade operacional ou ao custo do diesel, esse setor gera um significativo impacto financeiro na empresa. A fim de trabalhar com um dos fatores que elevam o custo final da colheita, a produtividade operacional, este trabalho teve como objetivo verificar se os estudos de tempos e movimentos são eficazes na identificação e correção dos erros e vícios operacionais na operação de baldeio. Com a correção dos vícios, espera-se verificar um aumento na produtividade operacional (m^3/h), na produção total (m^3) e uma redução no custo da madeira (R\$/ m^3). O teste foi aplicado em doze operadores de *forwarder* de um módulo de colheita florestal, com o sistema operacional *Cut-to-length* (madeira de 6-7 metros já descascada), na região norte do estado do Espírito Santo. Para a confiabilidade dos dados, foram realizadas 15 repetições para cada operador, com nível de significância de 5%. Nesse teste, foram contabilizados tempos referentes ao deslocamento vazio do equipamento, carregamento, deslocamento carregado e descarga. Também foram coletados dados de distância total percorrida, vícios de operação, número de garradas necessárias para completar a caixa de carga na fase de carregamento e de descarga, número de garradas vazias. Após a primeira avaliação, os operadores receberam treinamento e foram acompanhados pela equipe de apoio para a correção dos vícios. Ao final desse período, os colaboradores foram novamente avaliados e verificou-se que o tempo de ciclo teve uma redução de 13%. Com esse resultado, houve um aumento na produtividade operacional, acarretando uma produção excedente de 43800 (m^3) por mês.

Palavras-chave: Colheita Florestal. Baldeio. *Cut-to-length*. Estudos de tempo e movimento.

ABSTRACT

The forest harvest is a sector that presents high cost of operation. Whether due to machinery, structure size, operational productivity or the cost of diesel, this industry has a significant financial impact on the company. In order to work with one of the factors that increase the final cost of harvesting, the operational productivity, this work had as objective to verify if the studies of times and movements are effective in the identification and correction of errors and operational vices in the operation of the bucket. With the correction of the defects, an increase in the operational productivity (m^3 / h), total production (m^3) and a reduction in the cost of wood ($\text{R } \$ / \text{m}^3$) is expected. The test was applied to twelve forwarder operators of a forest harvesting module, with a cut-to-length operating mode, in the northern region of the state of Espírito Santo. For the reliability of the data, 15 repetitions were performed for each operator, with significance level of 5%. In this test, times related to empty equipment displacement, loading, displacement and discharge were counted. We also collected data on total distance traveled, operating defects, number of claws needed to complete the loading box during loading and unloading, and number of empty clerks. After the first evaluation, the operators received training and were accompanied by the support team to correct the addictions. At the end of this period, the employees were re-evaluated and it was verified that the cycle time had a reduction of 13%

Keywords: Forest Harvest. Bucket. *Cut-to-length*. Time and motion studies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Etapas do ciclo de operação do <i>Forwarder</i>	15
Figura 2 –	Percentual de tempo de cada fase operacional no tempo total de ciclo.	22
Figura 3 –	Tempo total de ciclo (SIMÕES; FENNER, 2010)	22
Figura 4 –	Comparação entre os percentuais de tempo de cada fase operacional na primeira avaliação x segunda avaliação.	23
Figura 5 –	Avaliação de Simões e Fenner (2010).	24
Figura 6 –	Comparação entre o tempo de ciclo da primeira x segunda avaliação.	25
Figura 7 –	Resultado individual do operador de <i>forwarder</i> que, na primeira avaliação, obteve o maior tempo de ciclo (pior tempo).	26
Figura 8 –	Porcentagem de operadores que atingiram a meta de produtividade no mês avaliado.	26
Figura 9 –	Expectativa de produção (m ³) excedente no módulo de colheita avaliado (frente de baldeio).	27
Figura 10 –	Produção excedente que será obtida, considerando que haja avanço na média de produtividade de todos os quatro módulos de colheita florestal, frente de baldeio.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de execução das atividades da etapa 1	18
-----------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Referencial Teórico	11
2.1	Frente de baldeio	11
2.2	Estudo de tempos e movimentos	12
3	Material e Métodos	14
3.1	Erros operacionais e estudo de tempos e movimentos	14
3.2	Coleta de dados	17
3.3	Indicadores avaliados para o cálculo de ganho de produtividade	19
4	Resultados e Discussão	22
5	Conclusão	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A mecanização das operações de colheita florestal se intensificou a partir da década de 90, devido a fatores como a redução da dependência da mão de obra, melhoria das condições de trabalho, necessidade de um fornecimento regular e cada vez maior de madeira e, principalmente, pela necessidade de redução dos custos de produção, implicando no aumento do rendimento das operações (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

Com a crescente mecanização do setor florestal, segundo Machado et al. (1999), inicialmente, o setor se apropriou do uso de tratores agrícolas adaptados para começar a sua produção. Posteriormente, houve a introdução de equipamentos específicos para o setor florestal, como o *harvester*, o *forwarder* e o *feller-buncher*. Isso possibilitou às indústrias a busca pelo maquinário que melhor atendesse às suas demandas.

Na colheita mecanizada são utilizados, principalmente, dois sistemas florestais, o *Full tree* e o *Cut-to-length*. No sistema *Full tree* (geralmente composto por *Feller*, *Skidder* e Garra Traçadora), tem-se a colheita da madeira realizada em três momentos. Inicia-se com o corte da madeira inteira e com casca com o *feller-buncher*, seguido do arraste das árvores com o *Skidder* e, finalmente, o corte em toras e a formação da pilha com a garra traçadora.

Já no sistema *cut-to-length*, no geral, tem-se duas frentes de trabalho. A primeira, frente de corte conta com o trator *Harvester*, que é utilizado para cortar, processar a madeira (toras de 6-7 metros já descascadas) e organizá-la em feixes, com cerca de oito árvores. A segunda, chamada baldeio, é realizada pelo *forwarder*, que é um trator autocarregável, visa agrupar os feixes de madeira em uma pilha. Neste trabalho, será dado foco ao sistema *cut-to-length*, especificamente à frente de baldeio com o *forwarder*.

Na extração florestal, o uso do trator *forwarder* tem sido intensificado, por causa da sua elevada eficiência operacional, alta capacidade de carga, baixos custos e menores danos ao meio ambiente, em especial em termos de compactação do solo, comparados aos outros sistemas de colheita da madeira utilizados no país (LOPES et al., 2010). Entretanto, para a viabilização de seu uso, os operadores precisam estar devidamente treinados e em sincronia com o equipamento, a fim de evitar erros operacionais e vícios, que acabam influenciando o tempo de ciclo e, conseqüentemente, diminuem a produtividade e elevam o custo da madeira.

Uma forma de treinar a equipe e eliminar os erros operacionais consiste na aplicação de estudos de tempos e movimentos. Estes são capazes de diagnosticar a operação, pois coletam dados referentes ao tempo de ciclo operacional com o auxílio de um cronômetro.

Desta forma, este trabalho teve por objetivo identificar e sanar os principais erros operacionais no processo de baldeio, com o trator *forwarder*, através de estudos de tempos e movimentos, com o intuito de promover o aumento da produtividade (m^3/h), da produção (m^3) e uma redução no custo final da madeira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A atividade de extração foi uma das primeiras etapas da cadeia da colheita florestal a ser mecanizada no país, primeiramente mediante a utilização de tratores agrícolas adaptados e, posteriormente, com a adoção dos *forwarder* (MACHADO et al., 1999). Isso se deve, segundo Minette (1988), à necessidade de reduzir o custo do processo, uma vez que a extração da madeira é ponto crítico da colheita florestal, devido o seu elevado custo. Entretanto esse autor sugere que, com o uso de maquinário específico, o custo pode ser significativamente reduzido, além de proporcionar boas condições de trabalho para os operadores.

Souza e Pires (2009) afirmam que, com a crescente mecanização do setor florestal, as empresas puderam reduzir os seus custos operacionais, expandir suas operações para 24 horas, sete dias por semana, mesmo que em condições adversas de clima, reduzir os impactos ambientais gerados pela atividade, oferecer um produto de maior qualidade e ainda aumentar a sua produtividade. A produtividade das operações de colheita é uma das principais variáveis que condiciona a viabilidade da retirada de madeira dos projetos florestais, sendo, normalmente, inversamente proporcional ao custo por m³ (MALINOVSKI et al., 2006).

Simões e Fenner (2010) propõem que, para que haja aumento da produtividade, além do investimento em equipamentos específicos, é preciso que todas as variáveis que influenciam o processo sejam conhecidas. Para que seja possível focar nessas variáveis e estudar a fundo os seus efeitos no setor, a colheita florestal será dividida em dois processos, a frente de corte e a frente de baldeio. Esta última será fonte de estudo neste trabalho.

2.1 Frente de baldeio

Segundo Quadros (2004), o baldeio é responsável pela retirada da madeira de dentro do talhão e a sua organização em pilhas próximas às estradas de acesso, sem que haja o contato destas com o solo. O equipamento florestal mais utilizado para desempenhar esse trabalho (no sistema *cut-to-length*) é o *Forwarder* que, segundo Linhares et al. (2012), é um trator que possui a função de realizar o transporte primário por autocarregamento.

Quadros (2004) mostra que o *Forwarder* é um trator leve, ágil, de fácil condução e manobrabilidade, possui um chassi especialmente projetado para o trabalho pesado (atividades florestais), pneus de baixo impacto no solo e que exige manutenções preventivas para o seu perfeito funcionamento. Lima e Leite (2002) acrescentam que o trator apresenta uma caçamba em sua traseira, com volume variável, adaptada para receber as toras empilhadas, chamada de

caixa de carga. Justamente por todas essas especificações, o *forwarder* se apresenta como um equipamento que permite uma produção de madeira com um menor custo de extração.

Como sugerem Canto et al. (2011), Lima e Leite (2002) e Bantel (2006), o baldeio realizado com o *forwarder* é composto por ciclos, que são divididos em quatro fases: deslocamento vazio; carregamento da carga; deslocamento carregado e descarga na pilha.

1. **Deslocamento Vazio (DV):** engloba o momento em que o *forwarder*, descarregado, entra de ré no talhão, se desloca até o ponto mais distante e se prepara para iniciar o carregamento;
2. **Carregamento (C):** inicia-se no momento que o equipamento içã a grua para pegar o primeiro feixe de madeira e se encerra quando há o preenchimento da caixa de carga;
3. **Deslocamento Carregado (DC):** o *forwarder*, carregado, se desloca no talhão até o carreador, onde está a pilha de madeira;
4. **Descarga (D):** tempo em que o *Forwarder* leva para liberar toda a madeira de sua caixa de carga na pilha.

Conforme relatado por Minette et al. (2004) e Santos (1995), o *forwarder* possui o tempo de carga (carregamento) como o elemento que despense mais tempo no ciclo operacional e sua produtividade é sensível à distância em que o equipamento percorre para completar a sua carga.

Silva et al. (2003) ressaltam que é de extrema importância conhecer a capacidade produtiva e as variáveis que possam interferir no rendimento dos operadores. Sensibilidade do *joystick*, sincronismo do operador com o equipamento, erros e vícios operacionais são exemplos de variáveis capazes de impactar negativamente o desempenho do operador e, conseqüentemente, da operação. Dessa forma, torna-se viável aplicar estudos e testes capazes de identificar e sanar essas variáveis como, por exemplo, o estudo de tempos e movimentos.

2.2 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos tem por objetivo identificar os elementos componentes dos movimentos do operador, visa, principalmente, a melhoria de métodos e posterior fixação do tempo padrão (MACHLINE, 1990). Barnes (1977) sugere que esse método, dentre muitas funcionalidades, indica o tempo ideal para que uma pessoa qualificada e treinada, mantendo um ritmo normal de trabalho, possa desempenhar a sua função.

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

Através do estudo de tempos são obtidas as informações mais importantes para tomada de decisões em relação ao planejamento e execução do trabalho (BANTEL, 2006). De uma forma geral os objetivos do estudo de tempos e movimentos do trabalho envolvem medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realizar determinada tarefa, registrar o resultado do trabalho obtido durante estes tempos (rendimento) e compreender os fatores que exercem influência sobre a atividade desenvolvida (FENNER, 2002 apud BANTEL, 2006, p. 34).

Como sugere Felipe et al. (2012), esse tipo de metodologia é tão difundido e aceito no campo da Engenharia, que pode ser utilizada nos mais diferentes segmentos de produção que envolvem o trabalho humano. Afirmativa presente também na Teoria da Administração Científica iniciada por Frederick W. Taylor (1856 – 1915), que discorre que a metodologia pode e deve ser aplicada em todo ramo que busque, com a avaliação do desempenho de seus colaboradores e a identificação do método mais eficaz, padronizar e otimizar a sua produção, além de reduzir o custo final do seu produto.

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

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas de plantio florestal do norte do Espírito Santo. A área possui plantios de *E.grandis* e *E.urophylla* e está localizada na região de Conceição da Barra - ES, com coordenadas 18° 35' 34" sul de latitude e 39° 43' 55" oeste de longitude. A altitude da região é de 6 metros acima do nível do mar e conta com a presença de um Argissolo Argiloso, em terreno suave ondulado. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Am - clima tropical úmido, com um verão quente e chuvoso e inverno seco e moderado. A temperatura média é de 24°C e a precipitação média anual é de 1333 mm, sendo agosto considerado o mês mais seco, com precipitação de 59 mm e dezembro o mais úmido, com uma média de 1 85 mm de chuva, como mostra o portal (CLIMATE-DATA, 2019).

3.1 Erros operacionais e estudo de tempos e movimentos

O estudo foi realizado para identificar vícios e erros operacionais na operação de baldeio. Nele, foram coletados e cronometrados dados referentes ao tempo de deslocamento vazio, carregamento, deslocamento carregado, tempo de descarga, distância de deslocamento, quantidade de garradas necessárias para completar a caixa de carga no carregamento e para montar a pilha no processo de descarga, vícios operacionais (Figura 1).

Figura 1 – Etapas do ciclo de operação do *Forwarder*



Etapas: A1 e A2) Deslocamento vazio; B1 e B2) Carregamento; C1 e C2) Deslocamento carregado; D1 e D2) Descarga.

Fonte: Do autor (2019).

Foram caracterizados como vícios, os movimentos incorretos com o equipamento e que, em curto ou longo prazo, podem ocasionar problemas estruturais e ou mecânicos no maquinário, lesão ao operador, maior consumo de combustível, menor produtividade (m^3/h), maior desgaste dos pneus, maior consumo de óleo hidráulico e mangueiras, dentre outros.

Seguem abaixo alguns exemplos de vícios operacionais e suas principais consequências:

1. **Garrada vazia:** ao pegar o feixe de madeira, aproveitamos menos que 50% da capacidade da garra. Isso implica em um maior número de garradas para concluir a caixa de carga e, conseqüentemente, maior tempo de carregamento;

2. **Excesso de madeira na garra:** dificuldade no manuseio correto da garra/braço, maior tempo de carregamento;
3. **Inclinação excessiva das toras durante a garrada:** Quanto maior o grau de inclinação, maior o risco de queda das toras e a ocorrência de acidentes, além de causar maior desgaste do equipamento, devendo, portanto, a garra se posicionar no centro de gravidade das toras no momento da execução das operações (LOPES et al., 2010);
4. **Suspensão da carga com o telescópio acionado:** o telescópio do braço do *forwarder* foi projetado para auxiliar o encaixe correto da madeira na pilha. Não suporta a suspensão de peso elevado;
5. **Batidas no fueiro e lança:** provoca problemas nas estruturas do fueiro, lança e na garra, como trincas, amassados, quebras, rompimento de mangueiras. Além disso, Lopes et al. (2010), novamente, nos diz que a colisão da tora no fueiro pode vir a comprometer a segurança da operação;
6. **Carregar de ré:** quanto maior for o deslocamento com o veículo carregado, maior será o esforço do motor e o consumo de combustível. Por isso, o ideal seria se deslocar com o equipamento até o ponto mais distante do talhão e, somente lá, iniciar o carregamento da caixa de carga;
7. **Copinho:** ao pegar o feixe, posicioná-lo na posição vertical e, com a garra fechada, bater o feixe no chão para arrumar a madeira. Rotator da garra e toda a estrutura do braço e lança serão afetados;
8. **Martelinho:** ficar ajeitando o feixe no chão. Há considerável perda de tempo operacional.
9. **Passar sobre o toco:** desconforto para o operador e possível danos aos pneus. Em casos extremos, pode ocasionar o tombamento do equipamento;
10. **Deslocamento excessivo:** maior consumo de combustível e maior tempo de ciclo;
11. **Sujeira excessiva na carga/pilha:** travamento das mesas de entrada de madeira na fábrica de papel e celulose;

12. **Ausência de travesseiro na pilha:** contato direto da madeira com o solo. A madeira seca mais lentamente e corre maior risco de apodrecimento, devido a menor circulação de ar entre as toras e o contato com o solo úmido;
13. **Posicionamento incorreto da grua durante o deslocamento:** interfere no centro de gravidade do equipamento. Em casos extremos, pode ocasionar o tombamento.

3.2 Coleta de dados

Para a coleta de dados, utilizou-se a metodologia proposta por Barnes (1977), que utiliza os estudos de tempos e movimentos para acompanhar e identificar os pontos de melhoria na operação. Esse estudo é caracterizado pelo método de tempos contínuos em que, com o auxílio de um cronômetro digital, conseguimos mensurar o tempo gasto em cada uma das fases do ciclo do *forwarder* (deslocamento vazio, carregamento, deslocamento carregado e descarregamento). Além disso, também utilizamos um formulário específico para registrar as informações, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma de execução das atividades da etapa 1

N° VIAGENS	ATIVIDADES (min)				NÚMERO DE GARRADAS			
	DV	C	DC	D	CARGA	DESCARGA	VAZIA	DMB (m)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
MÉDIA								
VMI								

Legenda: N° VIAGENS= número de viagens realizadas pelo operador durante a aplicação do teste; DV= deslocamento vazio; C= carregamento; DC= deslocamento carregado; D= descarga; DMB= distância média de baldeio; CARGA= número de garradas necessárias para completar a caixa de carga; DESCARGA= número de garradas necessárias para retirar toda a madeira da caixa de carga e colocá-la na pilha; VAZIA= número de garradas que não aproveitaram a capacidade de carga da garra; VMI=volume médio individual.

Fonte: Do autor (2019).

Inicialmente, realizou-se uma amostra piloto, com o intuito de verificar o número ideal de repetições para a confiabilidade dos resultados. Para isso, utilizou-se a fórmula de intensidade amostral (Equação 1):

$$n \geq (t^2 \cdot xCV^2) / E^2 \quad (1)$$

Em que: n= intensidade amostral; t= intervalo de confiança estatístico; CV= coeficiente de variação (%); E= erro amostral máximo (%).

Para a confiabilidade, foram necessárias 15 repetições (n=15) por operador (sendo 12 operadores avaliados) em cada uma das duas avaliações realizadas (amostragem inicial e final), com nível de significância de 5%.

O estudo foi dividido em dois momentos. Primeiramente, foi realizada a tomada de tempos e movimentos dos operadores, sem que nenhum treinamento prévio fosse aplicado.

Juntamente com a tomada de tempos e movimentos, foram gravados vídeos da operação, evidenciando pontos a serem melhorados.

Esses vídeos foram apresentados para os respectivos operadores após a primeira avaliação, para que estes pudessem visualizar a sua operação e, juntamente com a equipe avaliadora, fossem capazes de estipular metas para extinguir os erros e vícios operacionais detectados nessa primeira etapa. Durante um mês, os operadores foram diariamente orientados e treinados a realizar uma operação mais limpa e livre de vícios. Os treinos e orientações foram aplicados em forma de diálogo diário de segurança (DDS), nos exemplos de erros coletados com a gravação dos vídeos, através do acompanhamento da operação no campo, dentre outros meios.

Seguido esse tempo, após a identificação e a correção dos erros e vícios, uma nova avaliação foi realizada, nos mesmos critérios da primeira avaliação. Com isso, foi possível identificar se, de fato, esses fatores possuem um grande impacto na produtividade operacional e, conseqüentemente, no preço final do m³ de madeira.

3.3 Indicadores avaliados para o cálculo de ganho de produtividade

Neste trabalho, iremos nos basear nos principais indicadores utilizados pela empresa:

- **Disponibilidade Mecânica (DM):** porcentagem de tempo em que um equipamento ficou disponível para a utilização, sem intervenções mecânicas, em relação ao tempo total programado. Segundo Simões e Fenner (2010) é a proporção de tempo em que o equipamento fica livre das paradas com reparos e manutenção (Equação 2):

$$DM(\%) = [(HT - HM)/HT] * 100 \quad (2)$$

Em que: HT= horas totais de trabalho; HM= horas de manutenção

- **Eficiência Operacional (EO):** é a porcentagem de tempo utilizado para trabalho em relação ao tempo em que o equipamento ficou disponível. Horas trabalhadas, dentro do que foi planejado para os operadores. De acordo com Simões e Fenner (2010), a fórmula para se calcular a EO é (Equação 3):

$$EO(\%) = (HE/HT) * 100 \quad (3)$$

Em que: HE= hora efetiva de trabalho; HT= horas totais de trabalho.

- **Índice de Utilização (IU):** porcentagem de tempo trabalhado sobre o total de tempo programado. Hora efetiva de trabalho (hora de máquina disponível x tempo de operador disponível) (Equação 4):

$$IU(\%) = DM \times EO \quad (4)$$

Em que: DM= disponibilidade mecânica (%); EO= eficiência operacional(%).

- **Produtividade (m³/h):** é calculada a partir da produção (m³) por turno/dia do operador frente ao tempo de trabalho efetivo. Logo, temos a fórmula (Equação 5):

$$Pd = V(t)/H(t) \quad (5)$$

Em que: Pd = produtividade (m³/h); V(t) = Volume total (m³); H(t) = Horas trabalhadas (h).

- **Produção (m³):** volume total de madeira produzido no turno, dia, mês ou ano (Equação 6):

$$P(t) = V(t) \quad (6)$$

Em que: P(t)= produção total; V(t)= volume total (m³).

Para calcular o ganho de produção potencial, caracterizado pelo aumento do volume (m³) de madeira produzido num mesmo período de tempo, utilizou-se:

- **Diferença entre os tempos de ciclo (Equação 7):**

$$D = T_p - M \quad (7)$$

Em que: D= diferença entre os tempos; T_p= tempo praticado na segunda avaliação (min); M= meta de tempo de ciclo (min).

- **Viagens a mais por dia (Equação 8):**

$$Vi = IU * D \quad (8)$$

Em que: V_i = viagens excedentes (viagens/dia); I_U = índice de utilização do mês avaliado (%);
 D = diferença entre tempos de ciclo.

- **Ganho Potencial (Equação 9):**

$$GP = DO * V_i * V_c \quad (9)$$

Em que: DO = número de dias operacionais do mês avaliado; V_i = viagens excedentes (viagens/dia); V_c = volume da caixa de carga do *forwarder* (m^3).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

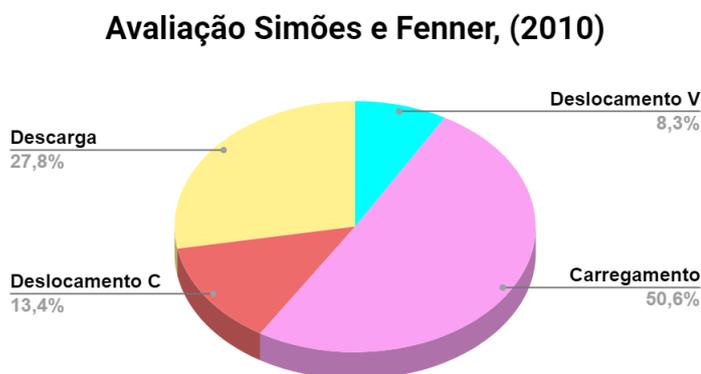
Antes do treinamento, o deslocamento vazio correspondia a 10,8% do tempo total de ciclo, o carregamento 49,6%, deslocamento carregado 7,7% e a descarga 31,9%. O deslocamento médio era de 164,9 metros. Esses valores se diferem do que é exposto por Simões e Fenner (2010), que verificou um deslocamento vazio de 8,3%, carregamento 50,6%, deslocamento carregado 13,4% e descarga 27,8% do tempo total de ciclo, com um deslocamento médio de 150 metros. Figura 2 e Figura 3.

Figura 2 – Percentual de tempo de cada fase operacional no tempo total de ciclo.



Legenda: Deslocamento V= deslocamento vazio; Deslocamento C= deslocamento carregado.
Fonte: Do autor (2019).

Figura 3 – Tempo total de ciclo (SIMÕES; FENNER, 2010)



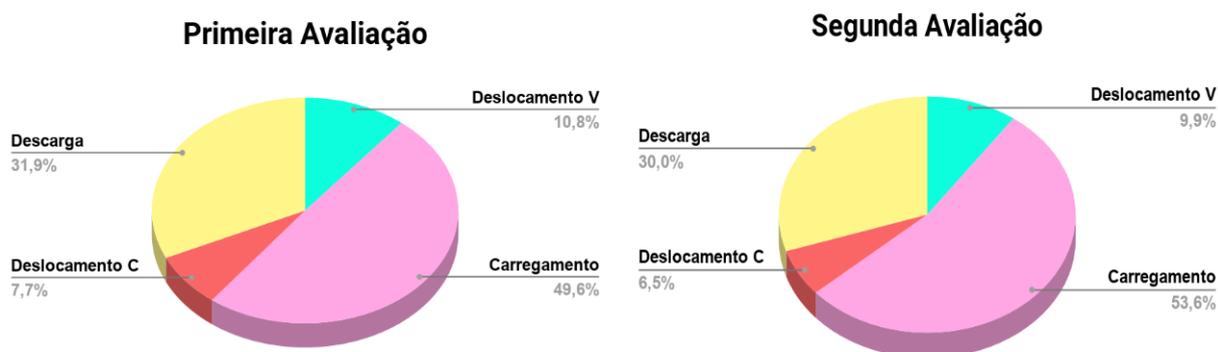
Legenda: Deslocamento V= deslocamento vazio; Deslocamento C= deslocamento carregado.
Fonte: Adaptado do texto de Simões e Fenner (2010).

Dessa forma, foi possível verificar quais fases do ciclo deveriam ser melhoradas e quais vícios estavam cooperando para esse resultado. Dentre os principais vícios corrigidos nas quatro fases estão:

- **Fases de deslocamento vazio e carregado:** o deslocamento excessivo com o equipamento. Os operadores fizeram leitura e interpretação diária do microplanejamento e revisão dos procedimentos previstos pela empresa. Dessa forma, foi possível identificar as melhores rotas de deslocamento, evitando o deslocamento excessivo com o equipamento e padronizando a operação (entrar no talhão deslocando com a caixa de carga vazia, se deslocar até o ponto mais distante e, só a partir daí, começar o carregamento);
- **Fases de carregamento e descarga:** Através dos vídeos gravados durante a primeira avaliação, foi possível mostrar aos operadores a operação correta de carregamento, evitando garradas vazias ou com excesso de madeira, batidas no fueiro e na lança, inclinação excessiva das toras durante a garrada e, conseqüentemente, queda das toras, falta de sincronia entre operador e equipamento.

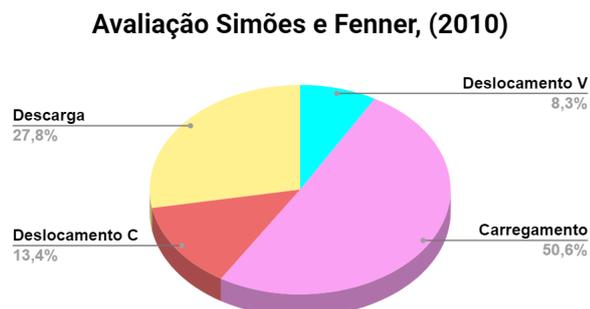
Após a correção dos vícios e o acompanhamento dos operadores por um mês para a efetivação do treinamento, o estudo de tempo e movimento foi aplicado novamente e apresentou o seguinte resultado. Figura 4.

Figura 4 – Comparação entre os percentuais de tempo de cada fase operacional na primeira avaliação x segunda avaliação.



Fonte: Do autor (2019).

Figura 5 – Avaliação de Simões e Fenner (2010).



Fonte: Adaptado do texto de Simões e Fenner (2010).

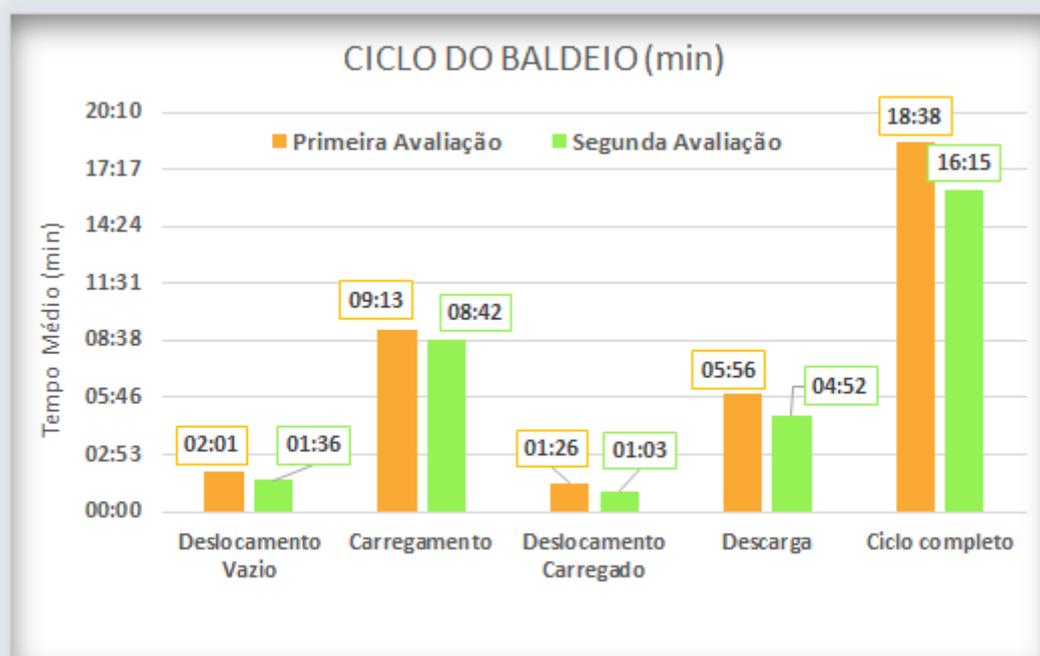
Após a correção dos vícios, ao comparar a primeira e a segunda avaliação, verificou-se uma redução nos percentuais de tempo das fases de deslocamento vazio (-0,9%), deslocamento carregado (-1,2%) e de descarga (-1,9%). Já a fase de carregamento, apresentou um acréscimo (+4%). Esse acréscimo é aceitável, uma vez que, segundo Santos e Machado (2001), essa fase pode compreender até 60% do tempo de ciclo.

Já ao comparar a segunda avaliação com a de Simões e Fenner (2010), verificou-se que, apesar dos percentuais da segunda avaliação estarem bem próximos ao do autor e de terem apresentado um decréscimo com relação à primeira avaliação, ainda há espaços de melhoria na operação. Assim, para que os resultados atinjam o patamar estipulado por Simões e Fenner, essa pesquisa deve ser continuada.

Com relação ao deslocamento médio, houve uma diminuição de 24,62%, saindo de 164,9 metros na primeira avaliação para 124,3 metros na segunda avaliação. Esse deslocamento é menor que o encontrado por Simões e Fenner, que era de 150 metros. Com isso, foi possível verificar que a correção de vícios empregada foi eficaz na redução do deslocamento médio com o equipamento.

Ao analisar o tempo total de ciclo, foi identificado um decréscimo de 13% ao comparar as duas avaliações conduzidas nesse estudos (Figura 6).

Figura 6 – Comparação entre o tempo de ciclo da primeira x segunda avaliação.



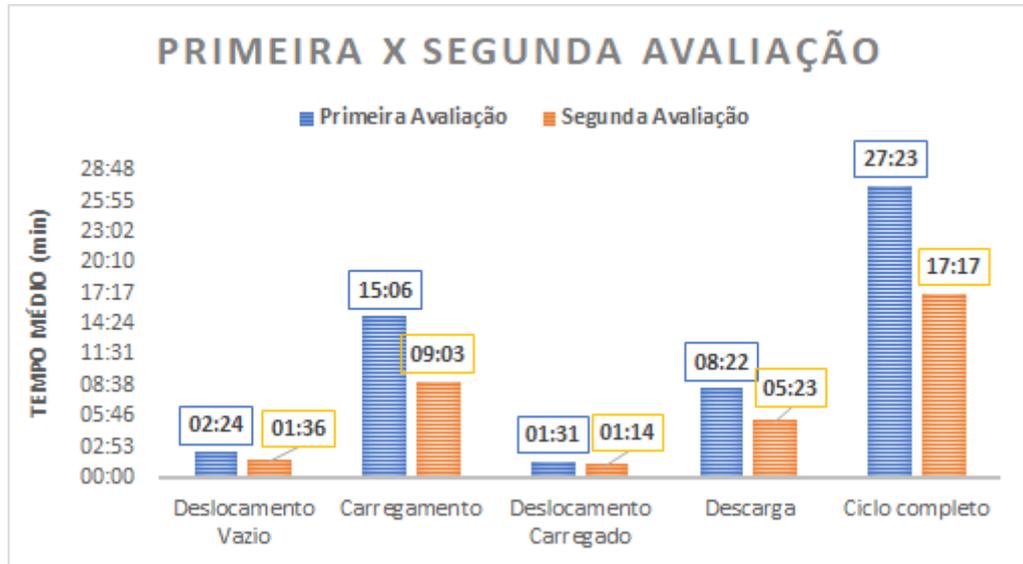
Fonte: Do autor (2019).

O tempo total de ciclo foi de 00:18:38 para 00:16:15. O deslocamento vazio apresentou uma redução de 21%, o carregamento, 6%, o deslocamento carregado, 27% e a descarga, uma redução de 18%. Esse decréscimo fica ainda mais evidente no tempo individual por operador, conforme Figura 7.

Com base nos dados da Figura 7, fica evidente a evolução que o operador apresentou após a correção dos vícios e erros operacionais. Dentre os maiores vícios, estavam o deslocamento excessivo, número de garradas vazias e falta de sincronia com o equipamento. Com o treinamento aplicado após a primeira avaliação, houve uma otimização de 37% do seu tempo de ciclo, reduzindo de 00:27:23 para 00:17:17. Consequentemente, foi possível abaixar a média geral do grupo, uma vez que tratamos os resultados que a impulsionavam para cima (para um maior tempo).

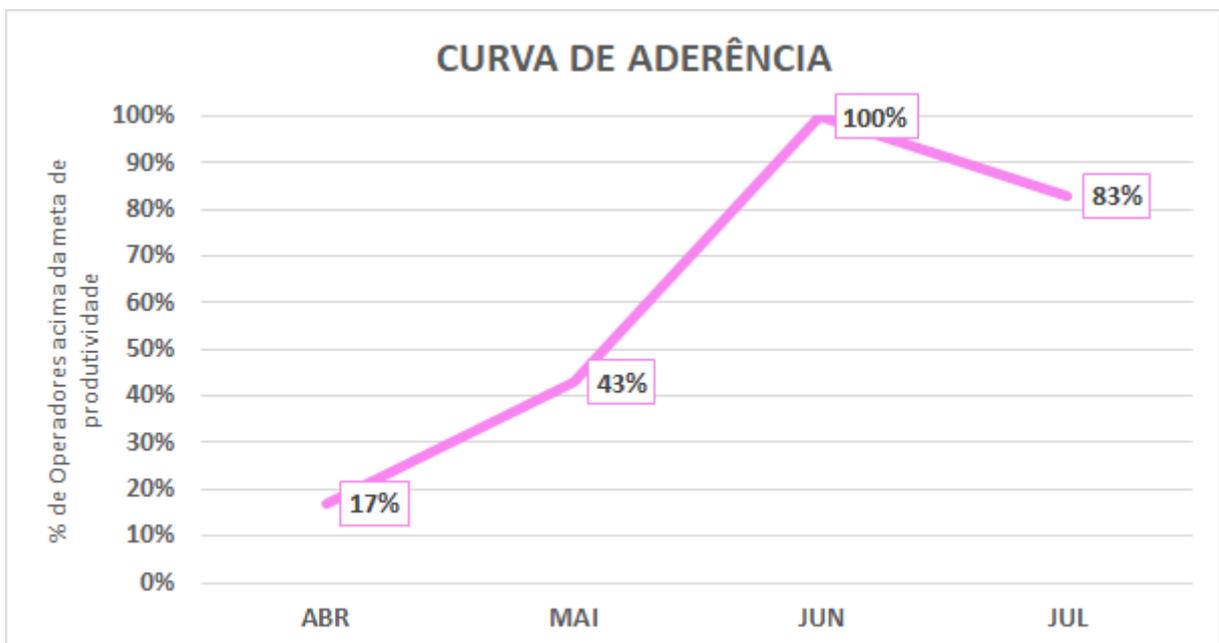
O baldeio trabalha com uma vasta gama de indicadores, sendo a produtividade um deles. A meta de produtividade (viagens/hora ou ciclo/hora) prevista para o grupo avaliado era de três viagens/hora. Logo, o tempo máximo de ciclo para que a meta fosse alcançada era de 00:20:00. O gráfico abaixo mostra a porcentagem de operadores que obtiveram resultados acima ou iguais a meta ao longo dos meses (Figura 8).

Figura 7 – Resultado individual do operador de *forwarder* que, na primeira avaliação, obteve o maior tempo de ciclo (pior tempo).



Fonte: Do autor (2019).

Figura 8 – Porcentagem de operadores que atingiram a meta de produtividade no mês avaliado.



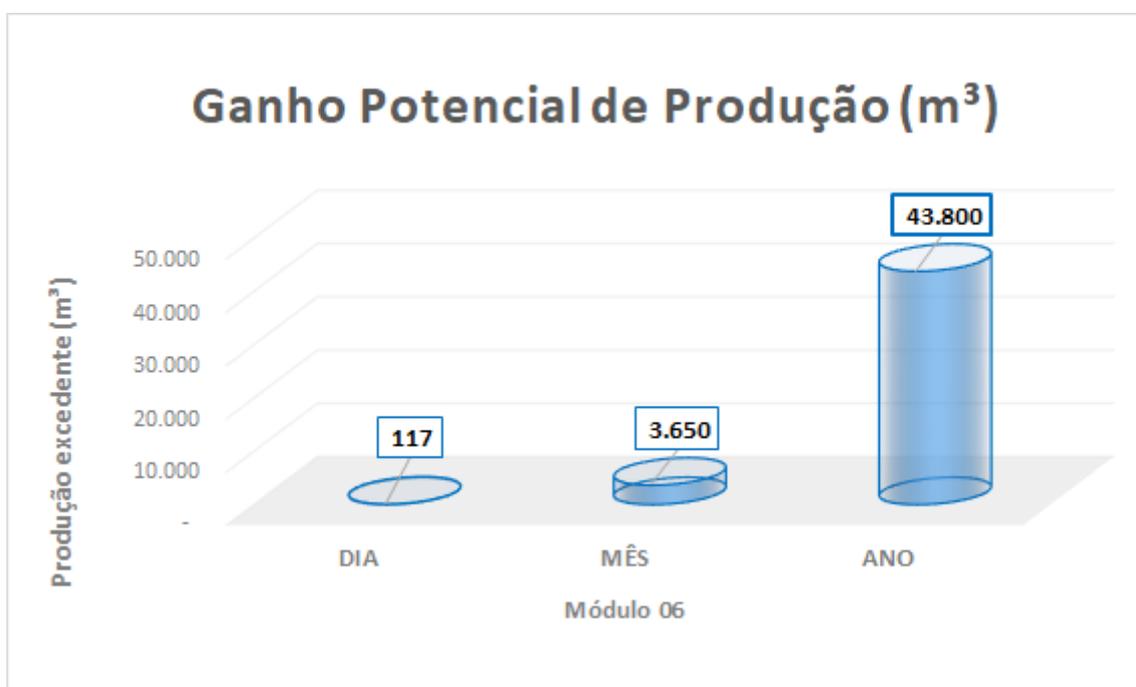
Fonte: Do autor (2019).

O trabalho de tempo e movimento foi iniciado no mês de abril e teve fim no final de junho. Em abril, apenas 17% dos operadores atingiram a meta de produtividade. Já em Junho, quando o estudo foi concluído, 100% dos operadores conseguiram atingir a meta estabelecida.

Entretanto, ao observar o mês de julho, onde os operadores não foram acompanhados diariamente como nos meses da realização do teste, verificou-se uma queda no resultado de produtividade (queda de 17%). Dessa forma, o trabalho sugere que, o estudo de tempo e movimento e o acompanhamento dos operadores deve ser uma atividade rotineira do técnico operacional, para que os resultados sejam efetivos.

Considerando, novamente, as médias de tempo de ciclo que foram obtidas no resultado da segunda avaliação, onde houve a redução de 00:18:38 para 00:16:15 (ganho de 13%), verifica-se um ganho potencial de produção (m^3) previsto para o módulo de colheita avaliado (Figura 9).

Figura 9 – Expectativa de produção (m^3) excedente no módulo de colheita avaliado (frente de baldeio).

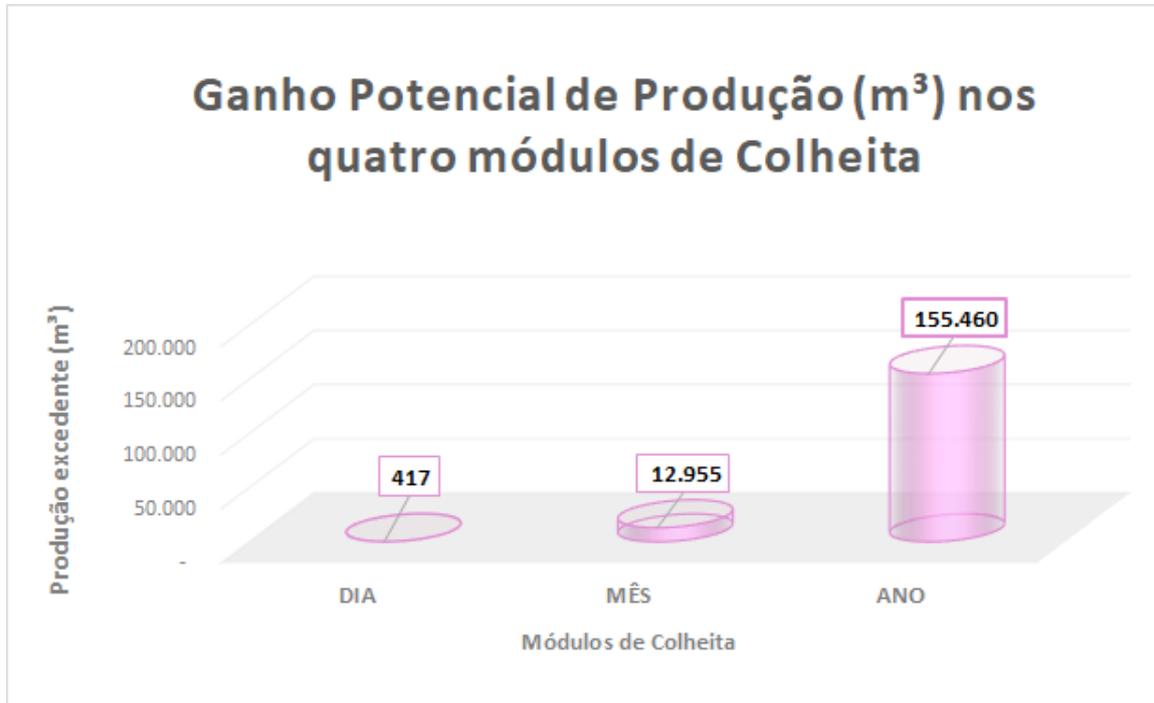


Fonte: Do autor (2019).

Hoje, a empresa em questão conta com quatro módulos de colheita. Caso todos os módulos consigam evoluir em suas médias de produtividade, o ganho de produção será ainda mais significativo (Figura 10).

Esse resultado, além de promover um aumento significativo na produção (m^3) mensal, ainda é capaz de reduzir o preço do m^3 de madeira, uma vez que com uma maior produtividade, há a diluição do custo.

Figura 10 – Produção excedente que será obtida, considerando que haja avanço na média de produtividade de todos os quatro módulos de colheita florestal, frente de baldeio.



Fonte: Do autor (2019).

Vale ressaltar que os resultados aqui demonstrados foram obtidos apenas com o treinamento dos operadores de forwarder. Dessa forma, evidencia-se a importância de se acompanhar e treinar a operação periodicamente.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste estudo permitiu evidenciar o impacto negativo que os vícios operacionais geram na operação de baldeio e como a eliminação dos erros podem elevar a produtividade operacional. Conforme visto, após a correção dos erros operacionais, o tempo médio de ciclo teve uma redução de 13%. Esse valor corresponde a uma diminuição de 00:02:23 em cada ciclo. Em relação ao deslocamento médio do equipamento, houve uma redução de 24,62%. Esse resultado coopera diretamente para a realização de ciclos mais ágeis.

Dessa forma, com a redução do tempo de ciclo, a produtividade operacional aumentará, uma vez que o operador será capaz de realizar mais ciclos (maior volume de madeira) em um mesmo espaço de tempo. A produção anual terá um excedente de mais de 155 mil m³ de madeira. Vale ressaltar que, para a obtenção desses resultados, apenas treinamentos e correções de erros foram aplicados à equipe.

É de extrema importância ressaltar que, durante a avaliação, não ocorreram gastos da empresa com novos equipamentos ou em novas ferramentas tecnológicas para alavancar a diminuição do tempo de ciclo operacional. Os resultados aqui demonstrados foram obtidos apenas com o treinamento dos operadores de forwarder. Dessa forma, evidencia-se a importância de se acompanhar e treinar a operação periodicamente.

Com isso, para que os resultados sejam efetivos, recomenda-se que o estudo de tempos e movimentos e o acompanhamento dos operadores sejam atividades rotineiras do técnico operacional responsável pelo setor.

REFERÊNCIAS

- BANTEL, C. A. Análise de extração de madeira de eucalipto com forwarder em floresta de primeira e segunda rotação. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2006.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. [S.l.]: Editora Edgard Blucher, 1977.
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de *Harvesters* na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 62–74, 2002.
- CANTO, J. Lorenzi do et al. Avaliação de um sistema de cavaqueamento de ponteiros de eucalipto para aproveitamento energético. **Revista Árvore**, Universidade Federal de Viçosa, v. 35, n. 6, 2011.
- CLIMATE-DATA. 2019. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/espirito-santo/conceicao-da-barra-43469>>. Acesso em: 05/13/19.
- FELIPPE, A. D. et al. Análise descritiva do estudo de tempos e métodos: uma aplicação no setor de embaladeira de uma indústria têxtil. **IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Anais,...**, SEGet, 2012.
- FENNER, P. Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira. **Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas**, 2002.
- LIMA, J. S. d. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. (Ed.). **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: UFV: Imprensa Universitária, 2002. v. 2, p. 33–54.
- LINHARES, M. et al. Eficiência e desempenho operacional de máquinas harvester e forwarder na colheita florestal. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 10–1590, 2012.
- LOPES, E. da S. et al. Avaliação do desempenho de operadores no treinamento com simulador de realidade virtual forwarder. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 177–187, 2010.
- MACHADO, C. C. et al. Simulação e análise da produtividade de *forwarders* de diferentes capacidades de carga. In: **Anais do 4 Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**. Viçosa: UFV: [s.n.], 1999.
- MACHLINE, C. **Manual de administração da produção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1990. v. 1.
- MALINOVSKI, R. A. et al. 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**, v. 36, n. 2, 2006.
- MINETTE, L. J. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (forwarders), na extração de madeira de eucalipto**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Viçosa., 1988.
- MINETTE, L. J. et al. Análise técnica e econômica do forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, SciELO Brasil, v. 28, n. 1, p. 91–97, 2004.
- QUADROS, D. S. d. **Apostila de Colheita Florestal**. 2004.

SANTOS, S. Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira. **Viçosa: UFV**, 1995.

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

SILVA, C. B. d. et al. Avaliação ergonômica do feller-buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Universidade Federal de Lavras, v. 9, n. 1, 2003.

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

SOUZA, M. A. de; PIRES, C. B. Colheita florestal: mensuração e análise dos custos incorridos na atividade mecanizada de extração. **CEP**, v. 93, p. 000, 2009.