



ARTIGO ORIGINAL

Diego Weslly F. do N. Santos<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA), Avenida  
Aqueanta Sol, s/n, 37200-900, Lavras - MG, Brasil.

\* Autor correspondente:  
E-mail: diegoweslley89@gmail.com

**PALAVRAS-CHAVE**

Emissão de poluentes  
Ergonomia  
Forwarder  
Harvester

**KEYWORDS**

Emission of pollutants  
Ergonomics  
Forwarder  
Harvester

## Desempenho operacional de máquinas florestais em função do número de dias da escala de trabalho

### *Operational performance of forest machines according to the number of days of the work schedule*

**RESUMO:** Escalas de trabalhos com grandes quantidades de dias podem reduzir a produtividade dos operadores, aumentar o consumo de combustível e intensificar a ocorrência de doenças laborais. Mediante isso, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar a influência da quantidade de dias da escala de trabalho de operadores de harvester e forwarder sobre parâmetros técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos. A pesquisa foi realizada na região do sul do estado da Bahia, Brasil, em um povoamento florestal com volume médio de 0,18 m<sup>3</sup> por árvore. A pesquisa foi realizada na escala de trabalho 4x2, sendo as informações coletadas no primeiro turno, que iniciava às 6h00min e era finalizado às 15h00min. Ao longo da jornada de trabalho foi analisado a produtividade, demanda energética, custo de produção, quantidade de dióxido de carbono e ocorrência de fadiga. A quantidade de dias da escala de trabalho influenciou de forma significativa nos valores de produtividade, demanda energética, custo de produção e dióxido de carbono. Os menores valores de produtividade do harvester, 18,30 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, e forwarder, 67,62 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, foram obtidos no quarto dia da jornada de trabalho. A utilização de escala de trabalho de operadores de harvester e forwarder com três dias torna as operações de colheita florestal mais sustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental.

**ABSTRACT:** Work schedules with large numbers of days can reduce operator productivity, increase fuel consumption, and intensify the occurrence of occupational diseases. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of the number of days in the work schedule of harvester and forwarder operators on technical, economic, environmental and ergonomics parameters. The research was carried out in the southern region of the state of Bahia, Brazil, in a forest stand with an average volume of 0.18 m<sup>3</sup> per tree. The research was carried out on the 4x2 scale of work, with the information collected in the first shift, which started at 6:00 am and ended at 3:00 pm. Throughout the working day, productivity, energy demand, production cost, amount of carbon dioxide and fatigue were analyzed. The number of days on the work schedule significantly influenced the values of productivity, energy demand, production cost, and carbon dioxide. The lowest values of productivity of the harvester, 18.30 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, and forwarder, 67.62 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, were obtained on the fourth day of the workday. The use of a three-day harvester and forwarder operator work schedule makes forest harvesting operations more economically and environmentally sustainable.

Recebido em: 09/11/2020  
Aceite em: 02/03/2021

## 1 Introdução

As máquinas florestais harvester e forwarder são extensivamente empregadas na colheita de madeira de florestas plantadas no Brasil. Harvester é empregado no corte e processamento das árvores, enquanto o forwarder é utilizado para transportar a madeira do interior do talhão até as margens das estradas ou pátio intermédio. Essas máquinas são manuseadas por operadores, que acionam seus comandos por meio de botões e manipuladores eletrônicos. A operação exige, do operador, alto nível de concentração, atenção e movimentos simultâneos, rápidos e repetitivos (Almeida *et al.*, 2015).

Operadores de máquinas florestais trabalham em um sistema de escala de trabalho, o qual varia de acordo com as características intrínsecas de cada empresa. Algumas empresas florestais adotam o sistema 4x2, 5x1, 5x2 e 6x1, com dois ou três turnos de trabalho. Nesses casos, o primeiro dígito refere-se à quantidade de dias trabalhados continuamente e o segundo dígito é referente aos dias de folga. Escalas de trabalhos longas podem reduzir a produtividade dos operadores, aumentar o consumo de combustível e intensificar a ocorrência de doenças laborais.

A redução da produtividade e o aumento do consumo de combustível das máquinas ocasiona redução da eficiência energética, aumento do custo de produção e aumento da emissão de gases de efeito estufa (Santos *et al.*, 2020b). Conforme Zhang *et al.* (2016), a produtividade e a demanda energética são os fatores mais influentes na emissão de gases poluentes e no custo de produção. As doenças ocupacionais em operadores de máquinas florestais ocorrem devido a fatores como: longos períodos em posição fixa ergonomicamente inadequada, intensidade do trabalho, movimentos repetitivos de ciclo curto, pausas mal definidas, exigência de atenção, concentração e responsabilidade e falta de reconhecimento pela empresa (Gerasimov & Sokolov, 2014). Dessa forma, a escala de trabalho deve ser planejada com base em critérios ergonômicos, de modo que não afete a produtividade, o custo de produção e não intensifique doenças laborais.

Mediante ao exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da quantidade de dias da escala de trabalho de operadores de harvester e forwarder sobre parâmetros técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos.

## 2 Material e Métodos

A pesquisa foi executada em áreas de operações de colheita florestal, localizadas na região do sul do estado da Bahia, Brasil, latitude 17°50'32" S e longitude 39°49'59" W. Conforme a classificação de Köppen (1948), a região possui Clima Tropical Úmido (Af), com a ocorrência de precipitação significativa em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida. A região apresenta temperatura média anual de 24,4°C e precipitação pluviométrica média anual de 1.350 mm (Souza, *et al.*, 2013).

A coleta de dados foi realizada entre os meses de ja-

neiro e maio de 2019. Os testes foram conduzidos na ausência de chuva e em áreas com declividade média de 2%. As áreas de coleta de dados eram povoadas com clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, plantados em espaçamento de 3 metros entre linhas e 2,5 metros entre plantas. Em média as árvores foram colhidas com 75 meses de idade e volume médio individual de 0,18 m<sup>3</sup> árvore<sup>-1</sup>. O volume individual das árvores (VMI) foi determinado por meio dos sensores de diâmetro e comprimento existentes no cabeçote do harvester. Posteriormente o VMI era calculado pelo sistema operacional da máquina MaxiXplorer.

A empresa florestal adotava um sistema de escala de trabalho 4x2, com dois turnos de trabalho. O primeiro turno iniciava às 06h00min e era finalizado às 15h00min. O segundo turno de trabalho iniciava às 15h00min e era encerrado às 00h00min. As avaliações foram realizadas apenas no primeiro turno de trabalho, sendo as informações coletadas do primeiro ao quarto dia da escala de trabalho. Os dados foram coletados de 12 operadores, sendo 6 operadores de harvester e 6 de forwarder, com idade média de 35 anos e tempo médio trabalhado na empresa de 5 anos.

A pesquisa foi executada em um sistema de colheita florestal de toras curtas (*cut to length*) composto pelas máquinas harvester e forwarder. O harvester realizava o corte, destopamento, desganhamento, descascamento, seccionamento e empilhamento dos toretes de 6,20 metros de comprimento. A largura de trabalho era de 9 metros, sendo realizado o corte de 4 linhas de árvores por passada da máquina. Já forwarder realizava a extração da madeira do interior dos talhões até as margens das estradas, com distância média de extração de 150 metros.

O harvester utilizado era formado por uma escavadora hidráulica da marca Komatsu, modelo PC200F-8M0 e o cabeçote modelo 370E da Komatsu. A PC200F-8M0 era uma máquina de esteiras, equipada com o motor diesel Komatsu SAA6D107E-1 de 6 cilindros e 110 kW de potência nominal. O forwarder utilizado era marca Komatsu, modelo 895 com tração nas oito rodas. A máquina era equipada com o motor AGCO power 74CW3 de 6 cilindros e 193 kW de potência a 1.950 rpm. A caixa de carga tinha capacidade para 23 metros cúbicos de madeira.

Para cada dia da escala de trabalho foram demarcadas 24 parcelas experimentais para um harvester e 24 parcelas experimentais para um forwarder. Foi utilizada amostragem casual simples para demarcação das parcelas experimentais. Em cada parcela foi analisado a ocorrência de falhas de plantio, árvores mortas, árvores quebradas e árvores bifurcadas. Quando comprovado a existência de alguma das irregularidades citadas, a parcela era realocada. As parcelas experimentais do harvester tinham formato retangular, dispostas em quatro linhas com 25 árvores cada, totalizando 100 árvores e 540 m<sup>2</sup> por parcela. Com relação ao forwarder, cada parcela experimental era representada por um ciclo operacional da máquina, ou seja, tempo gasto para máquina realizar o deslocamento vazio, carregamento, deslocamento carregado e descarregamento.

Os parâmetros técnicos analisados foram a produtividade (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>), considerando as interrupções, e demanda energética (l m<sup>-3</sup>), calculados por meio das equações 1 e 2,

respectivamente (Santos *et al.*, 2020a). O volume nas parcelas do harvester foi calculado por meio do produto entre o número de árvores presentes na parcela e volume individual médio das mesmas. O volume por carga do forwarder foi obtido por meio do quociente entre o volume total presente no talhão e o número de cargas feitas pela máquina no referido talhão. O tempo gasto por parcela foi medido por um cronômetro digital da marca Volo, modelo VL 1809. Para mensurar a quantidade de combustível consumida em cada parcela experimental foi instalado um fluxômetro no sistema de alimentação de combustível de harvester e forwarder. Foi utilizado o medidor de fluxo da marca FLUWMATE M-III®, modelo LSF41C. Juntamente ao fluxômetro foi instalado um visor gráfico (indicador) da marca TechMeter, modelo LCT.

$$Pr = \frac{Vp}{Tp} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: Pr = produtividade ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ); Vp = volume de madeira na parcela ou por carga ( $\text{m}^3$ ); e Tp = tempo gasto na referida parcela (h).

$$De = \frac{Ch}{Pr} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que: De = demanda energética ( $\text{l m}^{-3}$ ); Ch = consumo horário de combustível ( $\text{L h}^{-1}$ ) e Pr = produtividade ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ).

O custo de produção, ou seja, parâmetro econômico, foi calculado por meio da equação 3. O custo operacional foi calculado por meio do somatório dos custos fixos e variáveis (Miyata, 1980). Com relação aos custos fixos, determinou-se o custo com depreciação, juros, seguro, segurança, pessoal administrativo, salário do operador e custo com pessoal de manutenção. O custo variável calculou-se o custo com combustível, óleo hidráulico, óleo lubrificante, graxa, óleo de corrente, peças de reposição e organização da área do módulo. Utilizou-se uma taxa de câmbio de 1 US\$ = R\$ 5,36, cotado no dia 04/08/2020.

$$Cp = \frac{Cop}{Pr} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: Cp = custo de produção (US\$  $\text{m}^{-3}$ ); Cop = custo operacional (US\$  $\text{h}^{-1}$ ); e Pr = produtividade ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ).

O parâmetro ambiental analisado foi a quantidade de dióxido de carbono ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ) emitido por harvester e forwarder, sendo calculado por meio da equação 4 (Santos *et al.*, 2020a). O fator de emissão (FA) foi estabelecido conforme determinado pela Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006).

$$QE = \frac{FA \cdot Ch \cdot Pcc}{Pr} \quad \text{Eq. 4}$$

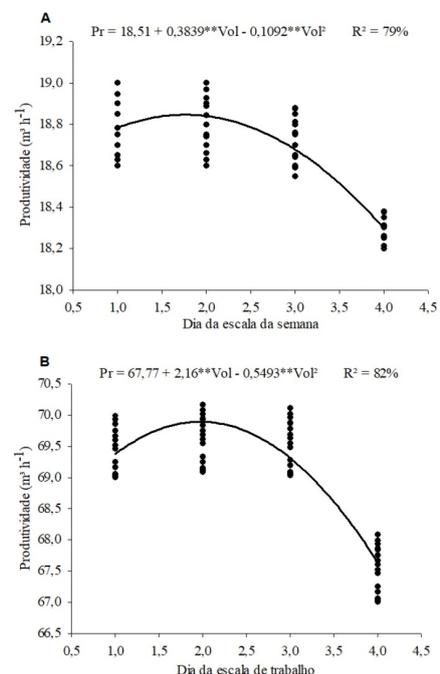
Em que: QE = quantidade de dióxido de carbono ( $\text{kg m}^{-3}$ ); FA = fator de emissão ( $\text{Kg TJ}^{-1}$ ); Ch = Consumo horário de combustível ( $\text{Kg h}^{-1}$ ); Pcc = Poder calorífico ( $\text{TJ kg}^{-1}$ ); e P = produtividade ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ).

O parâmetro ergonômico analisado foi a ocorrência ou ausência de fadiga nos operadores das máquinas. A análise foi realizada nos quatro dias da jornada de trabalho por meio da aplicação do questionário Bipolar Couto (2012). Os operadores responderam ao questionário no início, meio e fim da jornada de trabalho e relataram seu estado pessoal em relação a quatorze itens. Valores próximos de um, indicavam inexistência de qualquer incômodo ou dor, já valores vicinais a sete apontavam incômodo ou dor de alta intensidade.

Os dados foram analisados por meio de análise de regressão simples, sendo a variável independente os dias da jornada de trabalho (1º; 2º; 3º; e 4º) e as variáveis dependentes a produtividade, demanda energética, custo de produção e dióxido carbono. Os preditores dos modelos de regressão foram selecionados de acordo como a estimação de Stepwise (Hair *et al.*, 2009).

### 3 Resultados e Discussão

O número de dias da escala de trabalho apresentou efeito significativo e quadrático sobre os valores de produtividade dos operadores de harvester (Figura 1A) e forwarder (Figura 1B). Os valores de produtividade de operadores de harvester no primeiro, segundo, terceiro e quarto dia da jornada de trabalho foram de 18,78; 18,84; 18,68; e 18,30  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ , respectivamente. Já os valores de produtividade dos operadores de forwarder foram de 69,38; 69,89; 69,31; e 67,62  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$  no primeiro, segundo, terceiro e quarto dia de trabalho, respectivamente.



**Figura 1.** Modelos ajustados de produtividade (Pr) em função do dia de escala de trabalho de operadores de harvester (1A) e forwarder (1B). vol = volume ( $\text{m}^3 \text{árvore}^{-1}$ ); \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade; e  $R^2$  = coeficiente de determinação.

**Figura 1.** Models fitted for productivity (Pr) as a function of the work schedule day for harvester operators (1A) and forwarder (1B). vol = volume ( $\text{m}^3 \text{tree}^{-1}$ ); \*\* = significant at the 1% probability level; and  $R^2$  = coefficient of determination.

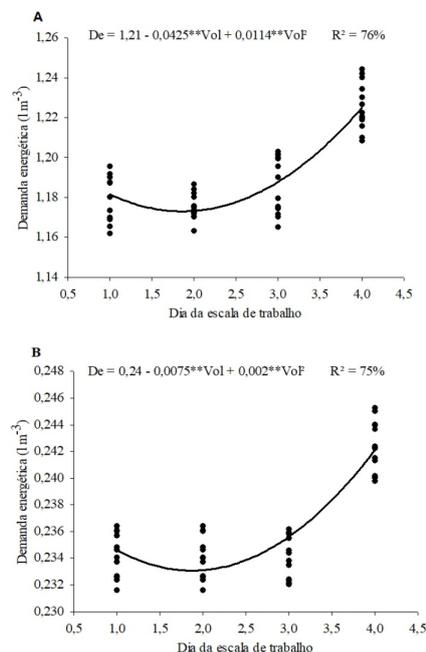
A produtividade do harvester e forwarder nos três primeiros dias da escala de trabalho são semelhantes. Contudo a produtividade do harvester, no terceiro dia da escala de trabalho, foi 2,1% a mais quando comparada ao valor do quarto dia. Com relação ao forwarder, o valor de produtividade no terceiro dia da escala de trabalho foi 2,5% a mais, quando comprada ao valor do quarto dia. Os valores inferiores de produtividade no quarto dia da escala de trabalho podem estar relacionados ao cansaço acumulado dos operadores, que pode ocasionar fadiga e desgaste físico e psicológico. De forma a minimizar o problema, pode-se reduzir a quantidade de dias da escala de trabalho ou aumentar a quantidade de pausas durante a jornada de trabalho.

De acordo com Santos *et al.* (2020c) é necessário aumentar as pausas durante a jornada de trabalho de operadores de forwarder, de forma a reduzir a ocorrência de doenças ocupacionais. Os operadores de máquinas florestais estão susceptíveis a lesões no pescoço, braços e coluna cervical, causados pela intensidade excessiva no trabalho e ficarem muito tempo em posições fixas ergonomicamente incorretas (Gerasimov e Sokolov, 2014). A eficiência dos operadores era avaliada por meio de metas de produtividade, que levavam em consideração apenas o volume das árvores. Fatores como declividade, espaçamento de plantio e distância de extração que influenciam no rendimento operacional não eram considerados (Carmo *et al.*, 2015). Com a finalidade de atingir a meta estabelecida pela empresa, alguns operadores reduziam as pausas ergonômicas durante a operação, enquanto outros não realizam pausas como recomendado. Conforme Graça *et al.* (2006) o trabalho organizado no sistema de metas de produção não é ergonomicamente indicado, pois as metas, juntamente com a ausência de pausas, estão diretamente relacionadas com as desordens musculoesqueléticas.

Os valores de demanda energética sofreram efeito significativo e quadrático do dia de escala de trabalho de operadores de harvester (Figura 2A) e forwarder (Figura 2B). No que se refere ao harvester os valores de demanda energética foram de 1,18; 1,17; 1,19; e 1,22 l m<sup>-3</sup> no primeiro, segundo, terceiro e quarto dia da jornada de trabalho, respectivamente. Com relação ao forwarder os valores foram de 0,235; 0,233; 0,236; e 0,242 l m<sup>-3</sup> no primeiro, segundo, terceiro e quarto dia de trabalho, respectivamente.

O maior valor de demanda energética do harvester e forwarder no quarto dia da escala de trabalho, ocorreu devido ao aumento do consumo horário de combustível e redução da produtividade. O harvester consumiu em média 1,5% a menos de combustível nos três primeiros dias da escala de trabalho, quando comparado ao valor do quarto dia. Com relação ao forwarder o consumo horário de combustível nos três primeiros dias da escala de trabalho foi 1% a menos, quando comparado ao valor do quarto dia. Provavelmente os operadores estavam desatentos no quarto dia da jornada de trabalho, devido ao cansaço acumulado, o que resultou na utilização de acelerações inadequadas e acionamento por mais tempo do que o necessário dos componentes das máquinas, a

exemplo do sabre, rolos alimentadores e grua hidráulica. Conforme Ackerman *et al.* (2014) o consumo horário de combustível depende da potência requerida pelo motor e da habilidade, treinamento e nível de concentração do operador.

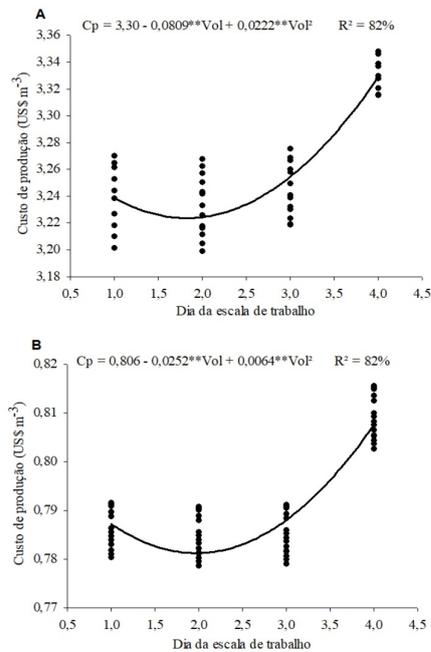


**Figura 2.** Modelos ajustados de demanda energética (De) em função do dia de escala de trabalho de operadores de harvester (2A) e forwarder (2B). vol = volume (m<sup>3</sup> árvore<sup>-1</sup>); \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade; e R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

**Figure 2.** Models fitted of energy demand (De) as a function of the work schedule of harvester operators (2A) and forwarder (2B). vol = volume (m<sup>3</sup> tree<sup>-1</sup>); \*\* = significant at the 1% probability level; and R<sup>2</sup> = coefficient of determination.

No primeiro, segundo, terceiro e quarto dia da escala de trabalho custo de produção do harvester foi de 3,24; 3,23; 3,26; e US\$ 3,33 m<sup>-3</sup>, respectivamente. Já os valores do forwarder foram de 0,78; 0,79; 0,78; e US\$ 0,81 m<sup>-3</sup> no primeiro, segundo, terceiro e quarto dia de trabalho, respectivamente. Em ambos os casos, a variável sofreu efeito significativo e quadrático do dia da escala de trabalho (Figura 3).

A colheita de madeira com harvester e forwarder, apresentou um custo de produção médio, nos três primeiros dias da escala de trabalho, de US\$ 4,02 m<sup>-3</sup>. O valor é 2,8 % inferior ao apresentado no quarto dia da escala de trabalho. A realização da colheita florestal com escala de trabalho com três dias, economizaria US\$ 0,12 m<sup>-3</sup> de madeira colhida. O incremento do custo de produção no quarto dia da escala de trabalho, resultou do aumento do custo operacional das máquinas, devido ao maior consumo horário de combustível. Conforme Robert *et al.* (2018) o custo com combustível tem grande representatividade no custo operacional das máquinas florestais, podendo representar até 15% do total, sendo necessário a adoção de medidas mitigadoras.



**Figura 3.** Modelos ajustados de custo de produção (Cp) em função do dia de escala de trabalho de operadores de harvester (3A) e forwarder (3B). vol = volume (m<sup>3</sup> árvore<sup>-1</sup>); \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade; e R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

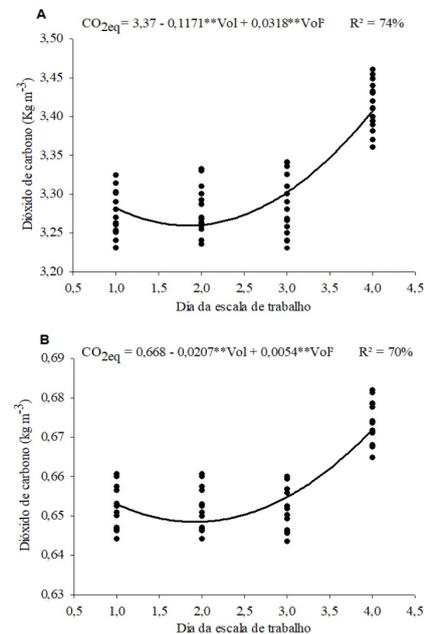
**Figure 3.** Models fitted of production cost (Cp) as a function of the work schedule of harvester operators (3A) and forwarder (3B). vol = volume (m<sup>3</sup> tree<sup>-1</sup>); \*\* = significant at the 1% probability level; and R<sup>2</sup> = coefficient of determination.

Ocorreu efeito significativo e quadrático dos dias da escala de trabalho sobre os valores de dióxido de carbono emitidos por harvester (Figura 4A) e forwarder (Figura 4B). No primeiro, segundo, terceiro e quarto dia trabalhado os valores de CO<sub>2eq</sub> emitidos pelo harvester foram de 3,28; 3,26; 3,30; e 3,41 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente. Já o forwarder, emitiu 0,653; 0,648; 0,655; e 0,672 kg m<sup>-3</sup> de CO<sub>2eq</sub> no primeiro, segundo, terceiro e quarto dia da escala de trabalho, respectivamente.

No quarto dia da escala de trabalho harvester e forwarder emitiram 4,08 kg m<sup>-3</sup> de CO<sub>2eq</sub>, valor 3,3% superior ao emitido no terceiro dia da escala de trabalho. Ao analisar os valores mensais, harvester e forwarder emitiram para atmosfera 163 kg a menos de dióxido de carbono mensalmente, caso a escala de trabalho com três dias fosse adotada. No quarto dia da escala de trabalho ocorreu maior consumo horário de combustível das máquinas e menor produtividade, acarretando assim no aumento da emissão de dióxido de carbono. A produtividade e o consumo de combustível de máquinas florestais são os fatores mais influentes na emissão de gases poluentes para atmosfera, sendo o primeiro um fator positivo e o segundo um fator negativo (Zhang *et al.*, 2016). O alto consumo de combustível contribui para o aumento da emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono e metano (Prinz *et al.*, 2018).

No primeiro dia da escala de trabalho, os operadores de harvester e forwarder, não aparentaram cansaço físico e mental (Tabela 1 e 2). No quarto dia da escala de

trabalho, ficou evidente a ocorrência de fadiga nos operadores de harvester e forwarder (Tabela 3 e 4), com predominância de cansaço físico, mental e visual, dificuldades de concentração e dores nos músculos do pescoço, ombro, braço, punho e mãos do lado esquerdo e direito.



**Figura 4.** Modelos ajustados de custo de dióxido de carbono (CO<sub>2eq</sub>) em função do dia de escala de trabalho de operadores de harvester (4A) e forwarder (4B). vol = volume (m<sup>3</sup> árvore<sup>-1</sup>); \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade; e R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

**Figure 4.** Models fitted of cost of carbon dioxide (CO<sub>2eq</sub>) as a function of the work schedule of harvester (4A) and forwarder (4B) operators. vol = volume (m<sup>3</sup> tree<sup>-1</sup>); \*\* = significant at the 1% probability level; and R<sup>2</sup> = coefficient of determination.

Os valores negativos de produtividade, demanda energética, custo de produção e emissão de dióxido de carbono no quarto dia da escala de trabalho estão relacionados à fadiga e desgaste físico e psicológico dos operadores de harvester e forwarder. Dessa forma, escala de trabalhos com grande quantidade de dias compromete a produtividade e pode intensificar a ocorrência de doenças ocupacionais nos operadores. Para Gerasimov & Sokolov (2014) a visibilidade e postura de trabalho são os fatores mais influentes no rendimento de trabalhadores. Além disso, a operação com máquinas florestais se caracteriza como repetitiva, monótona, isenta de atividade de lazer e de alta exigência cognitiva e motora (Almeida *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2020c;). Dessa forma, é necessária a adoção de medidas mitigadoras, a exemplo da redução do número de dias da escala de trabalho, redução da quantidade de horas da jornada de trabalho e aumento de pausas durante a operação.

**Tabela 1.** Resultados obtidos a partir do questionário Bipolar no primeiro dia da escala de trabalho de operadores de harvester.

**Table 1.** Results obtained from the Bipolar questionnaire on the first day of the harvester operators' work schedule.

	1	2	3	4	5	6	7	
Descansado		x						Cansado
Boa concentração		x						Dificuldade de concentrar
Calmo			x					Nervoso
Produtividade normal		x						Produtividade comprometida
Descansado visualmente			x					Cansaço visual
Ausência de dor nos músculos do pescoço e ombros				x				Dor no músculo do pescoço e ombro
Ausência de dor nas costas					x			Dor nas costas
Ausência de dor na região lombar						x		Dor na região lombar
Ausência de dor nas coxas							x	Dor nas coxas
Ausência de dor nas pernas							x	Dor nas pernas
Ausência de dor nos pés							x	Dor nos pés
Ausência de dor de cabeça							x	Dor de cabeça
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado direito							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado direito
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo

**Tabela 3.** Resultados obtidos a partir do questionário Bipolar no quarto dia da escala de trabalho de operadores de harvester.

**Table 3.** Results obtained from the Bipolar questionnaire on the fourth day of the harvester operators' work schedule.

	1	2	3	4	5	6	7	
Descansado							x	Cansado
Boa concentração							x	Dificuldade de concentrar
Calmo						x		Nervoso
Produtividade normal							x	Produtividade comprometida
Descansado visualmente							x	Cansaço visual
Ausência de dor nos músculos do pescoço e ombros							x	Dor no músculo do pescoço e ombro
Ausência de dor nas costas							x	Dor nas costas
Ausência de dor na região lombar							x	Dor na região lombar
Ausência de dor nas coxas							x	Dor nas coxas
Ausência de dor nas pernas							x	Dor nas pernas
Ausência de dor nos pés							x	Dor nos pés
Ausência de dor de cabeça							x	Dor de cabeça
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado direito							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado direito
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo

Além do desgaste oriundo da operação com as máquinas, os operadores eram submetidos ao traslado da cidade até as áreas de operações de colheita florestal, com distância média de 60 km. Em média, era necessário sair de suas residências às 4h00min e retornavam às 17h00min. Durante o trajeto alguns operadores dormiam com o corpo mal posicionado, o que intensificava o desgaste físico. A depender da dinâmica da colheita florestal, os operadores ficavam em áreas isoladas, restritos à cabine da máquina, onde, por muitas vezes realizavam as refeições. Tal situação contribuía para monotonia no trabalho.

## 4 Conclusão

A redução do número de dias da escala de trabalho de operadores de harvester e forwarder torna as operações de colheita florestal mais sustentável do ponto de vista técnico, econômico, ambiental e ergonômico. Escala de

**Tabela 2.** Resultados obtidos a partir do questionário Bipolar no primeiro dia da escala de trabalho de operadores de forwarder.

**Table 2.** Results obtained from the Bipolar questionnaire on the first day of the forwarder operators' work schedule.

	1	2	3	4	5	6	7	
Descansado							x	Cansado
Boa concentração							x	Dificuldade de concentrar
Calmo							x	Nervoso
Produtividade normal							x	Produtividade comprometida
Descansado visualmente							x	Cansaço visual
Ausência de dor nos músculos do pescoço e ombros							x	Dor no músculo do pescoço e ombro
Ausência de dor nas costas							x	Dor nas costas
Ausência de dor na região lombar							x	Dor na região lombar
Ausência de dor nas coxas							x	Dor nas coxas
Ausência de dor nas pernas							x	Dor nas pernas
Ausência de dor nos pés							x	Dor nos pés
Ausência de dor de cabeça							x	Dor de cabeça
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado direito							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado direito
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo

**Tabela 4.** Resultados obtidos a partir do questionário Bipolar no quarto dia da escala de trabalho de operadores de forwarder.

**Table 4.** Results obtained from the Bipolar questionnaire on the fourth day of the forwarder operators' work schedule.

	1	2	3	4	5	6	7	
Descansado							x	Cansado
Boa concentração							x	Dificuldade de concentrar
Calmo							x	Nervoso
Produtividade normal							x	Produtividade comprometida
Descansado visualmente							x	Cansaço visual
Ausência de dor nos músculos do pescoço e ombros							x	Dor no músculo do pescoço e ombro
Ausência de dor nas costas							x	Dor nas costas
Ausência de dor na região lombar							x	Dor na região lombar
Ausência de dor nas coxas							x	Dor nas coxas
Ausência de dor nas pernas							x	Dor nas pernas
Ausência de dor nos pés							x	Dor nos pés
Ausência de dor de cabeça							x	Dor de cabeça
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado direito							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado direito
Ausência de dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo							x	Dor no braço, punho ou na mão do lado esquerdo

trabalho para operadores de harvester e forwarder com três dias é o ideal para as condições de operacionais analisadas.

## Referências

ACKERMAN, P.; BELBO, H.; ELIASSON, L. JONG, A.; LAZDINS, A.; LYONS, J. The cost model for calculation of forest operations costs. **International Journal of Forest Engineering**, v. 25, n. 1, p. 75 - 81, 2014. DOI: 10.1080/14942119.2014.903711.

ALMEIDA, S. F.; ABRAHAO, R. F.; TERESO, M. J. A. Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em máquinas de colheita florestal. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 1 - 8, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521011446.

CARMO, F. C. A.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Otimização do uso do trator florestal

forwarder em função da produtividade, custos e capacidade de carga. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 561 - 566, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000300017.

COUTO, H. A. **Índice TOR-TOM: 25 aplicações práticas na análise ergonômica, na avaliação de risco ergonômico, na prescrição de ações corretivas e no gerenciamento da produtividade segura**. 2 ed. Belo horizonte: ERGO editora, 2012. 360 p.

GRAÇA, C. C.; ARAÚJO, T. M.; SILVA, C. E. P. Desordens musculoesqueléticas em cirurgias dentistas. **Revista Sitientibus**, v. 10, n. 34, p. 71-86, 2006.

GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A. Ergonomic evaluation and comparison of wood harvesting systems in Northwest Russia. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 2, p. 318 -338, 2014. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.04.018.

HAIR JÚNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Mobile Combustion**. Disponível em: [https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf). Acesso em: 05 de janeiro de 2020.

KÖPPEN, W. **Climatologia com un studio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura econômica, 1948. 478 p.

MIYATA, E. S. **Determining fixed and operating costs of logging equipment**. **Research Industrial Engineer**, Michigan: Department Of Agriculture Forest Service, 1980. Disponível em: [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr\\_nc055.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_nc055.pdf). Acessado em: 10 de outubro de 2020.

PRINZ, R.; SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; ROUTA, J.; ASIKAINEN, A. Modifying the settings of CTL timber harvesting machines to reduce fuel consumption and CO2 emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, p. 208-217, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.06.210.

ROBERT, R. C.; BROWN, R. O.; RUY, C. C. Análisis económico de la cosecha mecanizada en repoblaciones de Eucalyptus spp. en sitios montañosos. **Madera y bosques**, v. 24, n. 3, p. 1-12, 2018. DOI: 10.21829/myb.2018.2431621.

SANTOS, D. W. F. N.; VALENTE, D. S. M.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; CECON, P. R. Modeling technical, economic and environmental parameters of a forwarder in a Eucalyptus forest. **International Journal of Forest Engineering**, v. 31, n. 1, 2020a. DOI: 10.1080/14942119.2020.1786791.

SANTOS, D. W. F. N.; VALENTE, D. S. M.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; CECON, P. R. Technical, Economic, and Environmental Parameters of Excavator-Based Harvester in Function of Engine Speed and Hydraulic Pump Flow. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 41, n. 2, 2020b. DOI: 10.5552/crojfe.2020.761.

SANTOS, D. W. F. N.; VALENTE, D. S. M.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Influence of pump pressure and engine speed on ergonomic parameters of forwarders operators. **Revista árvore**, v. 44, n. 1, 2020c. DOI: 10.1590/1806-908820200000025.

SOUZA, S. O.; VALE, C. C.; NASCIMENTO, F. H. Bacia do rio Peruípe (BA): ensaio de classificação morfométrica por meio de dados SRTM. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 47, p. 208 - 221, 2013.

ZHANG, F.; JOHNSON, D. M.; WANG, J.; YU, C. Cost, energy, use and GHG emissions for forest biomass harvesting operations. **Energy**, v. 114, p. 1053-1062, 2016. DOI: 10.1016/j.energy.2016.07.086.

**Contribuição de autoria:** Diego Weslly Ferreira do Nascimento Santos: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Obtenção de Financiamento, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Recursos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita – Primeira Redação e Escrita – Revisão e Edição.

**Conflito de interesse:** O autor declara não haver conflito de interesse.

**Editor de seção:** Thiago de Paula Protásio