



O desempenho do *forwarder* no corte final de pinus melhora com a extração de um sortimento por viagem?

Marcelo Bonazza¹
Jean Alberto Sampietro²
Julio Eduardo Arce³
Mario Dobner Júnior⁴

¹Universidade Federal de Santa Catarina (marcelo.bonazza@ufsc.br) ²Universidade do Estado de Santa Catarina (jean.sampietro@udesc.br), ³Universidade Federal do Paraná (jarce@ufpr.br), ⁴Florestal Gateados LTDA (mario@gateados.com.br)

RESUMO: Este trabalho objetivou comparar o desempenho de *forwarder* em diferentes métodos de trabalho no corte final de pinus aos 33 anos. O estudo foi conduzido em áreas de relevo plano de uma empresa na região serrana de Santa Catarina e foi avaliado um *forwarder* 8x8 com semiesteiras. Empregou-se delineamento em blocos casualizados com três repetições para testar o efeito dos seguintes tratamentos: extração de 1 sortimento por viagem (T1); extração de 2 sortimentos por viagem (T2); e extração de 3 ou mais sortimentos por viagem (T3). Estudo de tempos e movimentos ao nível de elemento do ciclo foi realizado para mensurar os tempos consumidos e a produtividade. Os tratamentos influenciaram significativamente os tempos com carregamento, descarregamento e viagens durante carga e descarga, resultando em produtividade superior no T2, seguido de T3 e T1 (média de 40,8; 45,1 e 41,3 m³ PMH⁻¹, respectivamente). A diferença de desempenho operacional entre T2 e T3 diminuiu com o aumento da distância de extração, sobretudo considerando-se menores volumes médios por tora. A extração de um sortimento por viagem foi o método de trabalho de menor desempenho operacional para baldeio de toras com *forwarder* no corte final de pinus, sobretudo, com aumento da distância de extração.

Palavras-chave: colheita de pinus, baldeio de toras, estudo de tempos e movimentos, método de trabalho do *forwarder*.

Introdução

O sistema mecanizado de toras curtas constituído por *harvester* (derrubada e processamento) e *forwarder* (extração), vem sendo o mais utilizado no país e em outros lugares do mundo (Ghaffarian et al., 2012; Sampietro et al., 2022). No entanto, para operações de corte final de povoamentos de pinus manejados em longas rotações (isto é, em torno de 30 anos), existem diversas restrições que limitam o uso de máquinas nesse sistema de colheita.

As condições operacionais de trabalho no corte final de povoamentos nesse tipo de manejo apresentam particularidades como o reduzido número de árvores por hectare (abaixo de 300 árv ha⁻¹) com elevados volumes individuais (acima de 2,0 m³ árv⁻¹) e produção de um elevado número de sortimentos produzidos (até 8 classes de toras).

Tal dinâmica operacional implica na necessidade da utilização de máquinas e procedimentos



operacionais específicos, além de maiores cuidados com segurança no trabalho, visando reduzir gargalos de produção no sistema, uma vez que as operações são executadas em curto espaço de tempo (abaixo de 5 dias), em sistema “quente” (Pitz et al. 2021).

Desse modo, o estudo de tempos e movimentos de atividades de colheita florestal, tem grande importância por ser uma ferramenta fundamental visando correções e alterações no processo de produção, tendo em vista à racionalização e otimização dos recursos utilizados, além de almejar retornos consideráveis em termos de melhoria de processo e redução dos custos.

O objetivo desse estudo foi comparar o desempenho operacional do *forwarder* em diferentes métodos de trabalho no corte final de pinus aos 33 anos de idade.

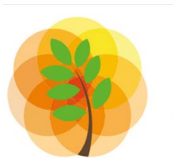
Material e métodos

A pesquisa foi realizada em um plantio de *Pinus taeda* L. com 33 anos de idade localizado no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina. O povoamento era de origem seminal e foi conduzido com 5 intervenções de desbaste e 3 podas. No corte final eram produzidos oito diferentes sortimentos de tora, havendo em média 250 árv. ha⁻¹ com diâmetro à altura do peito e altura total média de 46,8 cm e 36,0 m, respectivamente, e volume médio individual de 2.71 m³ árv⁻¹.

O desempenho do *forwarder* John Deere 1910E de pneus com tração 8x8 equipado com semiesteiras foi avaliado, testando-se três métodos de trabalho (tratamentos): extração de 1 sortimento por viagem (T1); extração de 2 sortimentos por viagem (T2); e extração de 3 ou mais sortimentos por viagem (T3).

O delineamento empregado foi o de blocos casualizados com três repetições, totalizando 9 hectares de área. As distâncias máximas de extração em cada bloco variaram entre 140 e 240 m, de acordo com as características dos povoamentos estudados. Em cada bloco, o *forwarder* foi operado por apenas uma pessoa, para controlar o efeito desse fator.

Estudos de tempo e movimentos ao nível de elementos do ciclo foi conduzido seguindo abordagem experimental e de modelagem (Ackerman et al., 2014). O ciclo de trabalho foi dividido nos seguintes elementos: viagem vazio, carregamento, viagem durante o carregamento, viagem carregado, descarregamento e viagem durante o descarregamento. O tempo consumido nessas atividades foi registrado por meio da técnica de cronometragem de tempo individual com uso de software específico em *tablet* e formulários específicos, nos quais também era realizado o apontamento da distância de extração, a qual era medida com TruPulse 200. O número de toras de cada sortimento foi determinado por contagem no descarregamento e o volume médio delas foi determinado pela cubagem de 30 toras por sortimento pelo método de Smalian.



Os dados foram analisados por estatística descritiva e submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, previamente à realização da análise de variância por modelo linear geral ($p < 0,05$). Também, realizou-se a análise de correlação de Pearson (r , $p < 0,05$) e ajuste de equações por regressão linear múltipla.

Resultados e discussão

Os erros de amostragem foram inferiores a 7% para todos os tratamentos (Tabela 1). Os tratamentos não influenciaram as viagens vazio e carregado ($p = 0,29$ e $0,49$, respectivamente). O consumo de tempo nessas etapas teve correlação positiva com a distância de extração ($r = 0,40$ e $0,42$, respectivamente; $p < 0,01$) e negativa com o volume por ciclo ($r = -0,53$ e $-0,44$, respectivamente; $p < 0,01$).

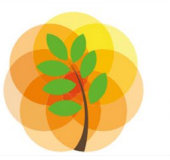
Tabela 1. Erro de amostragem e valores médios dos tempos consumidos no ciclo de trabalho, volume por ciclo e produtividade para os tratamentos estudados.

Parâmetro operacional	Tratamentos		
	1	2	3
Erro de amostragem relativo, %	6,2	6,6	3,5
Tempo médio do elemento (S_x), s m^{-3}			
Viagem vazio	13,2 (1,1)	7,8 (0,5)	7,1 (0,4)
Carregamento	41,9 (2,1)	38,7 (3,0)	35,0 (1,0)
Viagem durante o carregamento	12,5 (1,0)	7,3 (0,7)	5,6 (0,4)
Viagem carregado	10,4 (0,8)	8,8 (0,5)	7,3 (0,4)
Descarregamento	29,9 (1,0)	30,8 (1,3)	33,2 (0,4)
Viagem durante o descarregamento	0,05 (0,02)	0,5 (0,2)	2,8 (0,2)
V_{ciclo} - média, m^3	12,4	17,0	16,5
P_{PMH} - média, $m^3 PMH_0^{-1}$	40,8	45,1	41,3
P_{PMH} - amplitude, $m^3 PMH_0^{-1}$	11,4 - 87,1	10,3 - 78,2	18,0 - 80,0

Legenda: S_x : erro padrão da média; V_{ciclo} : volume por ciclo; P_{PMH} : produtividade em hora-máquina produtiva livre de interrupções.

O carregamento foi o elemento que mais consumiu tempo no ciclo de trabalho do *forwarder* (T1 = 39%; T2 = 41%; T3 = 38%) e foi influenciado significativamente pelos tratamentos ($p < 0,01$), tendendo a diminuir quando um maior número de sortimentos foi extraído em uma mesma viagem (Tabela 1). Isso pode ser associado ao volume de cada sortimento de tora por unidade de área, que se refletiram em um menor V_{ciclo} para o T1 em relação aos demais tratamentos. Contudo, o volume por tora também exerceu influência no tempo consumido no carregamento ($r = -0,62$; $p < 0,01$).

A viagem durante o carregamento também foi influenciada pelos tratamentos ($p < 0,01$). O consumo de tempo nessa etapa aumentou a medida que um menor número de sortimentos foi extraído por viagem (Tabela 1), apresentando relação negativa com o volume por tora ($r = -0,34$; $p < 0,01$) e por



ciclo ($r = -0,59$; $p < 0,01$). Do mesmo modo, o descarregamento e a viagem durante o descarregamento foram influenciados significativamente pelos tratamentos ($p < 0,01$).

Assim como os elementos do ciclo citados, a produtividade do *forwarder* também mostrou dependência do método de trabalho empregado, além de ter sido influenciada pelo volume médio por tora e distância de extração (Figura 1A, B e C). As equações que descreveram a tendência da produtividade para T1 e T2 apresentaram coeficientes de determinação iguais de 0,50, enquanto para T3 o valor foi de 0,46.

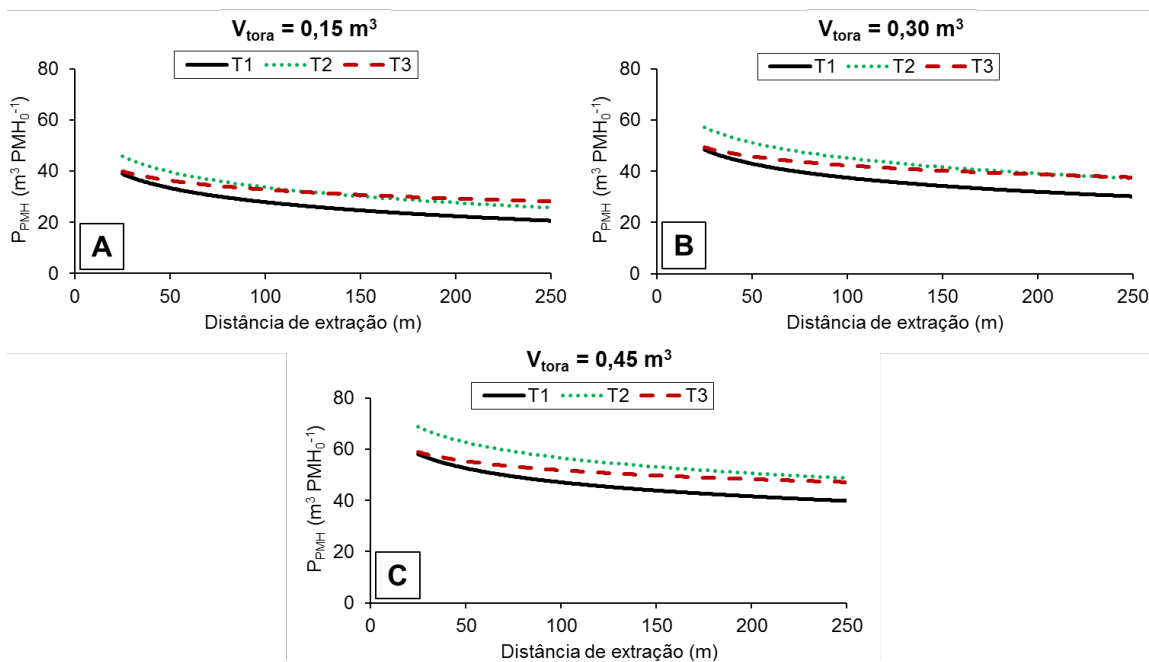
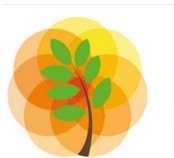


Figura 1. Variação da produtividade (P_{PMH}) do *forwarder* em função da distância de extração para volumes por tora de $0,15 m^3$ (A), $0,30 m^3$ (B) e $0,45 m^3$ (C).

Considerando volume por tora médio de $0,15 m^3$ (Figura 1A), o uso de T2 e T3 seria equivalente numa distância de extração de 130 m, sendo que T2 apresentou maior produtividade para distâncias inferiores a esse valor. Nesse mesmo sentido, para volume por tora médio de $0,30 m^3$ (Figura 1B), o desempenho de T2 é superior até a distância de 220 m. Enquanto que considerando volume por tora de $0,45 m^3$ (Figura 1C), o T2 apresentou o melhor desempenho para toda a amplitude de distâncias de extração estudadas, portanto, sendo o método de trabalho recomendado nas atuais condições operacionais.

Conclusão

A extração simultânea de dois sortimentos (T2) por ciclo de trabalho apresentou melhor desempenho operacional do que o tratamento 3 (extração de três ou mais sortimentos por ciclo de trabalho), principalmente, em menores distâncias de extração e maiores volumes médio por tora.



Enquanto, a extração de um sortimento por ciclo de trabalho (T1) foi o método de trabalho com pior desempenho operacional para baldeio de toras com *forwarder* no corte final de pinus, tendo desempenho ainda menor que os demais tratamentos estudados considerando-se aumento da distância de extração.

Referências bibliográficas

ACKERMAN, P.; GLEASURE, E.; ACKERMAN, S.; SHUTTLEWORTH, B. Standards for time studies for the South African forest industry. South African: ICFR/FESA, 2014. 49 p.

GHAFFARIYAN, M.R.; SESSIONS, J.; BROWN, M. Machine productivity and residual harvesting residues associated with a cut-to-length harvest system in southern Tasmania. *Southern Forests*, v.74, n.4, p.229-235, 2012.

PITZ, N.O.; SAMPIETRO, J.A.; TONETT, E.L.; FERRARI, L.H.; SOARES, P.R.C.; BONAZZA, M.; VARGAS, D.A.; NICOLETTI, M.F.; ROBERT, R.C.G. Performance of a whole tree mechanised timber harvesting system when clear-felling a 32-year-old *Pinus taeda* L. stand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v.51, n.12, 2021. <https://doi.org/10.33494/nzjfs512021x96x>

SAMPIETRO, J.A.; VARGAS, D.A.; SOUZA, F.L.; NICOLETTI, M.F.; BONAZZA, M.; TOPANOTTI, L.R. Comparison of Forwarder Productivity and Optimal Road Density in Thinning and Clearcutting of Pine Plantation in Southern Brazil. *Croatian Journal of Forest Engineering*, v.43, p.65–77, 2022. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1147>

