



Análise técnica e de custos do transporte de biomassa florestal com carreta piso móvel

Carlos Cezar Cavassin Diniz^{1*}, Jaqueline Valerius¹, Clebson Lima Cerqueira¹, Romano Timofeiczuk Junior¹, Joao Carlos Garzel Leodoro da Silva¹, Marcos Favero Costa²

RESUMO: A identificação dos fatores operacionais e sua interferência no custo, pode representar uma grande economia de recursos para as empresas de base florestal. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o transporte de biomassa florestal com o uso de carreta piso móvel. Os dados foram provenientes de estudos de tempos e movimentos utilizando o método contínuo. Foi analisado o tempo efetivo médio do ciclo operacional, a produtividade e o custo de transporte. Foi observado que o tempo médio de transporte para as condições estudadas foi de 3,72 horas, sendo as variáveis relacionadas ao deslocamento os itens que apresentaram os maiores valores. O grau de utilização da operação foi de 73,5% com produtividade de 6,7 toneladas por hora, perfazendo uma produção mensal superior a 3.100 toneladas. Em relação ao custo, foi detectado que os itens relacionados ao salário dos motoristas bem como encargos sociais, gastos com combustível, manutenção e material rodante foram os que mais impactaram no custo da operação, que foi superior a 16 reais por tonelada transportada. É importante salientar que as informações obtidas neste estudo podem servir de base para empresas e investidores que tem a intenção de trabalhar com transporte de biomassa florestal.

Palavras-chave: Logística, Produtividade, Resíduo florestal

Technical and cost analysis of the transport of forestry biomass with a mobile floor

ABSTRACT: Identification of operational factors and their interference in cost can represent a great saving of resources for forest-based companies. In this sense, the objective of this work was to evaluate the transport of forest biomass using a mobile floor. The data were obtain from time and motion studies using the continuous method. The average effective time of the operational cycle, productivity and transportation cost were analyzed. It was observed that the mean transport time for the conditions studied was 3.72 hours, with the variables related to the displacement being the items that presented the highest values. The level of use of the operation was 73.5% with a productivity of 6.7 tons per hour, resulting in a monthly production of more than 3,100 tons. Regarding the cost, it was detected that the items related to drivers' salaries as well as social charges, expenses with fuel, maintenance and rolling stock were the ones that most impacted the cost of the operation, which was higher than 16 reais per ton transported. It is important to point out that the information obtained in this study can serve as a basis for companies and investors that intends to work with forest biomass transport.

Keywords: Logistics, Productivity, Forest residue.

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro possui grande relevância econômica, social e ambiental. Em termos econômicos, é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB industrial no país, além de ser um dos líderes mundiais em produtividade de madeira. Segundo informações da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), o setor florestal tem como desafio intensificar a sua produção para atender à crescente demanda por fibras, madeira e energia e, para a sua expansão, a estratégia de redução de custos é um ponto fundamental o que leva as empresas a buscarem continuamente técnicas para tornarem-se mais eficientes.

Nesse contexto, a busca pela redução de custos e

otimização da etapa de transporte é fundamental, pois este representa um dos principais fatores na composição dos custos, justificando a busca pela eficiência e qualidade em todas as fases do processo (BERGER et al., 2003; RODRIGUES, 2007).

No Brasil, a maior parte do transporte florestal é realizada pelo modal rodoviário, devido a extensa malha viária, oferta de diferentes tipos de veículos e baixo valor de instalação quando comparado a outros modais existentes (MACHADO et al., 2009).

Existem diversos fatores que influenciam o custo e a eficiência do transporte de cargas pelo modal rodoviário, destacando-se os tipos de veículos, a distância de transporte, o valor unitário do frete, as condições operacionais, a capacidade de carga do

veículo, as condições locais e regionais, o tempo e tipos de equipamentos de carregamento e descarregamento (MACHADO et al., 2000; MARQUES, 1994).

Um dos entraves existentes na cadeia produtiva da energia proveniente da biomassa florestal é o transporte dos cavacos entre a floresta e a estação de energia, sendo que os veículos utilizados devem ser muito versáteis para operar em diferentes condições e manter baixos custos operacionais (MANZONE e BALSARI, 2015).

Nesse contexto, a realização de estudos que visem a organização, a racionalização das operações do transporte florestal rodoviário, a identificação dos fatores operacionais e interferência no custo, pode

representar uma grande economia de recursos para as empresas do setor, além de aumentar a eficiência operacional (TONETTO et. al., 2013). Portanto, objetivou-se com esta pesquisa realizar uma análise técnica e de custos do transporte de biomassa florestal utilizando uma carreta piso móvel.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma empresa de base florestal na região dos Campos Gerais, estado do Paraná, Brasil. A distância média de transporte da biomassa foi de 89 km entre os plantios e a fábrica, realizado por uma carreta piso móvel com capacidade de carga de 25,83 toneladas (Figura 1).



Figura 1. Carreta piso móvel utilizada no estudo.

A coleta de dados foi realizada por meio de um estudo de tempos e movimentos permitindo determinar os tempos médios efetivos das atividades parciais do ciclo operacional e a produtividade da composição veicular estudada. O grau de utilização da operação foi obtido junto aos dados históricos da empresa objeto de estudo.

O ciclo operacional do transporte foi subdividido das seguintes atividades parciais: VV - Tempo de viagem vazio; FC - Tempo na fila para carregamento; CA - Tempo de carregamento; EM -

Tempo de enlonação; VC - Tempo de viagem carregado; PE - Tempo de pesagem; FD - Tempo na fila para descarregamento; DE - Tempo de descarregamento.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as equações utilizadas para determinação dos custos fixos e variáveis, sendo o custo total do transporte florestal obtido pelo somatório dos custos fixos e dos custos variáveis.

Tabela 1. Composição do custo fixo da operação de transporte de biomassa florestal.

Custo fixo	Equação
Salário motorista e encargos sociais	$SM = \frac{12 * Nm * (Sf + Es + Di) * Ni}{Hf}$
SM: salário dos motoristas; Nm: número de motoristas; Sf: salário fixo; Es: encargos sociais; Di: valor da diária; Ni: Número ideal de equipamentos; Hf: hora efetiva de trabalho.	
Licenciamento	$Li = \frac{La * Ni}{12}$
Li: Custo com licenciamento; La: Custo da licença anual; Ni: Número ideal de equipamentos.	
Seguro	$S = \frac{Va * Tx * Ni}{Hf}$
S: Custo com seguro; Va: Valor de aquisição do maquinário; Tx: Taxa sobre investimento; Ni: Número ideal de equipamentos; Hf: hora efetiva de trabalho	
Apoio descarregamento	$Ad = Md * Td * (1 + 10\%) * Nv * Ni$
Ad: Custo de apoio descarregamento; Md: Custo das máquinas de apoio ao descarregamento; Td: Tempo de descarregamento; Nv: Número total mensal de viagens; Ni: Número ideal de equipamentos.	
Salário apoio	$Sa = \frac{Sma}{Ni}$
Sa: Custo com salário de apoio; Sma: Soma dos salários da mão de obra de apoio; Ni: Número ideal de equipamentos	

Fonte: Adaptado de Freitas et al. (2004), e Tonetto et al. (2013).

Tabela 2. Composição do custo fixo da operação de transporte de biomassa florestal.

Custo variável	Equação
Combustível	$C = \frac{Pu}{Co}$
C: Custo total de combustível; Co: Consumo médio de combustível; Pu: Preço do óleo diesel S10	
Arla	$AC = \frac{Pu}{Co}$
AC: Custo total com Arla; Co: Consumo médio de arla; Pu: Preço do aditivo arla	
Lavagem e lubrificação	$LL = \frac{(Lav + Lub) * NL}{MM}$
LL: Custo com Lavagem e lubrificação; Lav: Preço da lavagem; Lub: Preço da lubrificação; NL: Número de lavagens e lubrificações mensais; MM: Massa mensal.	
Manutenção	$MR = \frac{Va}{MM}$
MR: custos com manutenção e reparos; Va: valor de aquisição; MM: Massa mensal.	
Pneus	$Cp = \frac{N * (Vp + Vr)}{MM}$
Cp: custo com pneus; N: número de pneus; Vp: Valor pneu novo; Vr: valor reparos do pneu; MM: Massa mensal	
Veículo de apoio	$Vs = \frac{Vm}{MM}$
Vs: Custo com o veículo de apoio; Vm: Manutenção do veículo de apoio; MM: Massa mensal.	
Materiais auxiliares e comunicação	$Ma = \frac{Es + Kv + Em + Ec}{MM}$
Ma: Custo com materiais auxiliares e comunicação; Es: Equipamentos de segurança; Kv: Kits dos veículos; Em: Exames médicos; Ec: Equipamentos de comunicação; MM: Massa mensal.	

Fonte: Adaptado de Freitas et al. (2004), e Tonetto et al. (2013).

O tempo efetivo médio das atividades parciais e do ciclo total foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguindo o delineamento inteiramente casualizado para identificar possíveis diferenças no tempo efetivo médio das atividades sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Para realizar as análises foi utilizado o software R (R CORE TEAM, 2017) e para determinação do melhor valor de “ λ ” à ser utilizado na transformação utilizou-se o pacote “MASS” (VENABLES; RIPLAY, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode ser observado o tempo médio em cada atividade parcial do ciclo operacional do transporte de biomassa florestal. É possível notar que o tempo médio de transporte para as condições do estudo foi de 3,72 horas. Dentre as variáveis do ciclo operacional que consumiram maior tempo, destaca-se os deslocamentos vazio e carregado, além do tempo de espera dos veículos na fila para realização do carregamento.

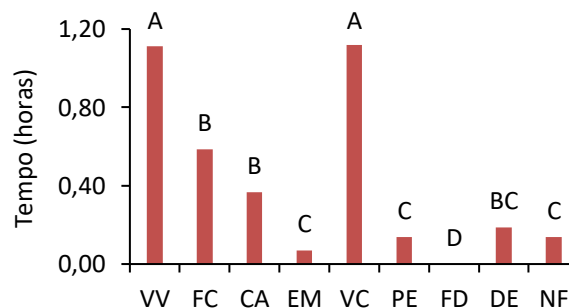


Figura 1. Distribuição dos tempos médios das atividades parciais do transporte de biomassa florestal. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Uma das principais vantagens sobre a utilização da carreta piso movel está na operação de descarregamento da biomassa florestal, uma vez que dependendo das condições do pátio em que a biomassa irá ser entregue, é possível a realização do descarregamento de mais de um veículo por vez, diminuindo o percentual de espera para o descarregamento, que é um dos principais gargalos enfrentados por diversas companhias.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos

indicadores de grau de utilização e produtividade da composição veicular estudada. De acordo com os resultados, o grau de utilização foi de 73,5%, oriundo de uma disponibilidade mecânica de 77,4% e disponibilidade operacional de 95%.

A partir desses indicadores, foi possível determinar além do número de horas em que o veículo de transporte de biomassa florestal operou, a produtividade por hora efetiva trabalhada bem como a produção do mesmo.

Tabela 3. Indicadores operacionais do transporte de biomassa florestal utilizando carreta piso móvel.

Variáveis	Valores
GU (%)	73,5
Horas disponíveis/mês	630
Horas efetivas/mês	463
Produtividade (t.h-1)	6,7
Produção (t.mês)	3.114

Apesar da capacidade de carga da carreta piso móvel apresentar valor inferior ao comumente obtido por composições veiculares bitrem, os resultados do estudo mostram que, com as condições encontradas na presente pesquisa, é possível atingir um valor de produção mensal considerável, que tende a atender a demanda encontrada por diversas empresas que utilizam a biomassa florestal em seus processos.

Na Tabela 4, observa-se que o maior custo é encontrado nos custos variáveis, com um percentual de aproximadamente 42%. Também foi verificado que dentre o custo fixo, o item que apresentou maior custo por tonelada transportada está relacionado com o salário dos motoristas e encargos sociais, enquanto os demais itens apresentaram custo inferior a 0,72 reais por tonelada.

Tabela 4. Custos alcançados pelos modelos durante o estudo.

Custo	Item	Valores (R\$/t)
Fixo	AS	4,65
	LI	0,1
	S	0,04
	AD	-
	AS	0,1
	SAO	-
Variável	C	4,67
	AC	0,37
	LL	0,17
	MR	3,17
	CP	3,04
	VS	0,29
	MA	0,02
Custo total		16,62

No que se refere aos custos variáveis, o maior custo está relacionado com a quantidade de combustível consumida, seguida das manutenções e custos ligados ao uso de material rodante. É importante salientar que os itens supracitados são variáveis dependentes da quantidade de quilômetros rodados.

É importante salientar que as informações obtidas neste estudo podem servir de base para empresas e investidores que tem a intenção de trabalhar com transporte de biomassa florestal, uma vez que propõem a utilização de uma composição veicular pouco utilizada até o momento.

CONCLUSÕES

A utilização da carreta piso móvel permitiu a otimização da operação de descarregamento uma vez que não foram detectadas filas de espera para a operação supracitada.

As variáveis que consumiram maior tempo do ciclo operacional estão relacionadas ao

deslocamento, ressaltando que a distância média de transporte pode afetar diretamente nos resultados.

O custo variável apresentou maior percentual em relação ao custo fixo, sendo que os itens ligados ao consumo de combustível, manutenção e material rodante foram os itens de maior custo por quilômetros rodados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa pelo fornecimento dos dados e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS

BERGER, R., TIMOFEICZYK, JR. R., CARNIERI, C., LACOWICZ, P. G., JUNIOR, J. S., BRASIL, A. A. Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. *Revista Floresta*, v.33, n.1, p.53-62, 2003.

- FREITAS, L. C., MARQUES, G. M., DA SILVA, M. L., MACHADO, R. R., MACHADO, C. C. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Revista Árvore**, v.28, n.6,p.855-863, 2004.
- IBÁ-INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2017 ano base 2016**. Brasília-DF, 2017.
- MACHADO, C. C., LOPES, E. S., BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. 1ª edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2000. 167p.
- MACHADO, C. C., LOPES, E.S., BIRRO, M. H. **Elementos básicos do Transporte Florestal Rodoviário**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 167p.
- MALINOVSKI, R. A., MALINOVSKI, R. A., MALINOVSKI, J. R., YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Revista Floresta**, v.36, n.2, p.169-182,2006.
- MANZONE, M.; BALSARI, P. The energy consumption and economic costs of different vehicles used in transporting woodchips. **Fuel**, v.139, n.1,p.511-515, 2015.
- MARQUES, R. T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método PERT / CPM**. Viçosa: 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa – UFV
- RODRIGUES, P. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. 4ª edição. São Paulo: Aduaneiras, 2007.
- TONETTO, A. R., FIEDLER, N. C., DA SILVA, N. E., LOPES, E. S., CARMO, F. C. A. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, 2013.