

Desempenho de Tractor Florestal Transportador Autocarregável ("Forwarder")

Jair Rosas da Silva* e Paulo Torres Fenner**

*Pesquisador

Centro APTA de Engenharia e Automação Agrícola. Instituto Agrônomo de Campinas. Caixa Postal 26, 13201-970 Jundiaí, SP. BRAZIL

**Professor

Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP. Campus Botucatu, Caixa Postal 237, 18603-970, SP. BRAZIL

Sumário. O presente trabalho reporta um estudo sobre tempos e movimentos de máquina, com o objectivo de inferir sobre o desempenho de um tractor florestal transportador autocarregável ("forwarder"), em vinte e cinco ciclos de operação comercial de baldeio a curtas distâncias de toros de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de oito anos de idade. O levantamento foi realizado em unidade de produção florestal de relevo suave ondulado, localizada no município de Lençóis Paulista, estado de São Paulo, Brasil, destinada ao suprimento de unidades fabris de painéis de fibra de madeira. Os parâmetros avaliados foram: tempos de carregamento e descarregamento, número de toros transportados, cargas parciais de carregamento e descarregamento e distância de carregamento dentro do ramal. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância com emprego de regressão linear simples, para dados sem repetição, a 5% de significância, com aplicação dos testes 't' e 'F'. Resultados indicam ter ocorrido correspondência funcional entre cargas parciais e tempo de carregamento, segundo modelo polinomial e também entre cargas parciais e tempo de descarregamento, seguindo modelo exponencial. Demais parâmetros estudados não guardaram correlação entre si, demonstrando apresentar um comportamento de variáveis independentes, devido a variabilidades de diversas naturezas.

Palavras-chave: Transporte de madeira; *Eucalyptus grandis*; colheita florestal; rendimento operacional; baldeio

Performance Evaluation of a Wood Forwarding Operation

Abstract. A research of logging machine performance evaluation was carried out testing forwarder model, according to a time-and-motion study in twenty-five operational cycles of wood transportation. The whole forwarder operational cycle includes empty transportation, wood-loading, full transportation and unloading of an eight-year-old *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden harvested in a forest at Lencois Paulista County, Sao Paulo State, Brazil. The parameters evaluated were wood partial charges across loading and unloading time consumption, amount of logs across time of wood loading and unloading, harvested logs distribution across time of wood loading and also time of wood loading across the unloading

one. All values were submitted to regression analysis at 5% significance, under the 't' and 'F' tests application. Wood partial charges and time of loading consumption showed mathematical correlation under a polynomial model pattern, while the parameters wood partial charges and time of unloading consumption also presented relationship, although by following a potential model pattern. All the other analysis tested were not significative, due to some factors concerning variability of logs diameters, logs distribution on the harvested field, loading and unloading pattern and features of the Eucalyptus man-made forest.

Key words: Wood hauling; *Eucalyptus grandis*; mechanical logging; operational evaluation machine

Dégagement d'un Tracteur Forestière Auto Chargement (Forwarder)

Résumé. Le présent travail rapporte une étude sur les temps et mouvements de machines, avec l'objectif d'évaluer le dégagement d'un tracteur forestier auto chargement (forwarder), pendant l'opération commerciale d'extraction de bois en rondis d'Eucalyptus âgés de huit ans, à courte distance. L'étude a été réalisée dans une forêt au relief peu ondulé, localisée sur la Municipalité de Lençois Paulista, Etat de São Paulo, Brésil, destiné à la fabrication de panneaux de fibres de bois d'une entreprise commerciale. Les paramètres d'évaluation étaient: temps de chargement et de déchargement, bois en rondis transportés, charges partielles de chargement et déchargement, distance de chargement sur le rameau. Les valeurs obtenues étaient présentées à analyse de variation avec l'emploi de régression linéaire simple pour les valeurs sans répétitions, avec application de tests "t" et "F". Les résultats indiquent une correspondance fonctionnelle entre charges partielles de bois et temps de chargement suivant le modèle polynôme et aussi entre charges partielles de bois et temps de déchargement, suivant le modèle exponentiel. Autres paramètres étudiés n'ont pas conservé de correspondance fonctionnelle entre eux, démontrant un comportement mathématique de variables indépendantes.

Mots clés: Transport de bois; *Eucalyptus grandis*; récolte forestière; extraction de bois; bénéfice d'exploitation

Introdução

Os tratores florestais autocarregáveis ou "forwarders", originalmente fabricados no Canadá e aperfeiçoados na Escandinávia são, em sua maioria, máquinas articuladas com capacidade de carga entre 5 t a 20 t. A velocidade não é uma característica essencial desse tractor, pois a maior parte de seu tempo é empregada em carga e descarga. Destaca-se em razão de superar condições adversas encontradas no campo (SEIXAS, 2002).

Os autocarregáveis modernos são constituídos basicamente de um tractor florestal com cabina de comando, carreta e grua. A carreta é composta por estrado, fueiros e sistema de frenagem

independente do tractor. A grua é formada por rotator, coluna, braço, lança telescópica, garra e comandos. A capacidade de transporte do autocarregável varia com a potência do motor do tractor e as dimensões da carreta. Geralmente são dotados de rodados de pneumáticos largos do tipo flutuação ou de baixa pressão, podendo ter entre dois a quatro eixos motrizes. Possuem a velocidade máxima de 25 km.h⁻¹ (SUZANO, s.d.), em geral, podendo alguns modelos atingir 45 km.h⁻¹, velocidade de deslocamento utilizada apenas em estradas e sem carga.

Atualmente, em sistemas comerciais intensivos de colheita e transporte de madeira, para abastecimento de unidades industriais, verifica-se a

tendência da adoção de autocarregáveis florestais ("forwarders") principalmente devido à sua maior capacidade de carga e transporte.

Autocarregáveis operando com fustes inteiros podem transportar cargas de 22 toneladas e, com pneus largos especiais, do tipo flutuação, produzem pressão estática ao redor de 47 KPa. Esse tipo de máquina tem habilidade de movimentar madeira colhida até a uma distância de 8 km. Maiores cargas reduzem o número de passagens que seriam requeridas para um mesmo ramal (STOKES e SCHILLING, 1997).

Para condições adversas de trabalho, em terrenos húmidos, encharcados, acidentados ou íngremes, STOKES e SCHILLING (1997) aduzem que autocarregáveis de maior capacidade de transporte têm sido usados com algum sucesso. Acrescentam que na região leste do Canadá "forwarders" com pneus largos especiais apresentam: maior acesso a áreas florestais, sem necessidade de construção de vias; melhoria na estabilidade, segurança e conforto; adaptabilidade da colheita florestal efectuada na estação húmida; menor manutenção e maior produtividade devido à sua habilidade de flutuação; redução, mas não eliminação, de danos residuais ao meio ambiente.

Segundo MACHADO *et al.* (1999) os principais factores que influenciam a produtividade de "forwarders" são a capacidade volumétrica de carga, distância média de transporte, número de linhas em operação no baldeio, desempenho do operador, características da trilha, comprimento do toro, volume dos feixes de toros, volume de madeira por hectare, área da garra da grua, velocidade de operação, tempo do ciclo de operação da lança hidráulica,

disponibilidade mecânica, utilização da máquina e o procedimento operacional adoptado.

Factores condicionantes na operação de baldeio de madeira com uso de "forwarders" também são apontados por MALINOVSKI e MALINOVSKI (2000), a saber: classe de solo, declividade do talhão, presença e intensidade de sub-bosque, espaçamento na entrelinha de plantio, tipo de intervenção na floresta, altura de tocos da colheita anterior, características dos estaleiros, nivelamento de cabina e turno de trabalho.

Assim, considerando-se a tendência de maior utilização do tractor florestal transportador autocarregável em sistemas intensivos de colheita e transporte primário de madeira, esse estudo teve o objectivo de avaliar o comportamento de um modelo de "forwarder" em condições operacionais definidas, consideradas usuais, em transporte primário de toros.

Material e métodos

O estudo foi realizado na unidade de produção florestal Fazenda Rio Claro, situada no município de Lençóis Paulista, Estado de São Paulo, Brasil, localizada nas coordenadas geográficas 22°46' de latitude sul e 48°52' de longitude oeste, de clima tropical, com temperaturas médias anuais do ar atmosférico de 26,5°C.

A área experimental, localizada nos talhões 233 e 237 da referida unidade de produção, pertencente a uma empresa florestal, está assentada sobre solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, segundo EMBRAPA (1999), ou Oxisol, segundo *International Soil Taxonomic* (USDA, 1999), com relevo plano a suave ondulado e declividade

lateral variando entre 2% e 8%. A espécie florestal pesquisada foi *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, oriunda de pomar de sementes clonal, plantio de 1993, colhidos entre sete e oito anos de idade, de primeira rotação e primeiro ciclo, com 1.389 árvores.ha⁻¹ no talhão 233 e 1.575 árvores.ha⁻¹ no 237, espaçamentos de plantio de 3x2 m, áreas basais de 26,83 m².ha⁻¹ no primeiro talhão e 29,35 m².ha⁻¹ no segundo, volumes com casca por ha respectivos de 333,27 m³ e 353,43 m³. O DAP médio era de 0,15 m em ambos os talhões e a altura média do povoamento na fase de colheita, de 24,60 m e 24,0 m, respectivamente.

A colheita foi efectuada com o emprego de um "harvester" composto de uma máquina-base escavadora, motor de seis cilindros e potência bruta de 100 KW, sistema rodante composto de esteiras com 0,71 m de largura, pesando 201 KN. Esta máquina estava equipada com um cabeçote processador com capacidade máxima de corte de árvores com 0,65 m de diâmetro, velocidade de corte entre 4,5-6,0 m.s⁻¹. A grua tinha um alcance máximo de 7,0 m. A operação de colheita florestal consistiu no corte das árvores abatidas, desrama, desponta, traçamento e amontoamento. Não foi efectuado descasque no campo. O sistema de colheita adoptado foi o de toros curtos, com seis metros de comprimento, compreendendo três linhas simultâneas. A madeira foi destinada ao abastecimento das unidades de fabricação de painéis de fibra de madeira.

O modelo do "forwarder" empregado no estudo tem motor Diesel de 6 cilindros em linha, cilindrada total de 6.730 cm³, carroceria projectada originalmente para transporte primário de minério de ferro, com potência bruta

no motor de 190 KW, tracção máxima de 265 KN, capacidade de carga de 210 KN, grua de carregamento e descarregamento, com capacidade bruta de 118 KN.M, com alcance máximo de 8,2 m. Rodado de pneus do tipo flutuação, com a designação dimensional 750/65R-25. A velocidade máxima era de 52 km.h⁻¹, entretanto esta não empregada no transporte florestal.

A avaliação do trabalho do autocarregável foi realizada durante 25 ciclos completos de trabalho, em dois dias de operação.

O desempenho do autocarregável foi avaliado através da determinação de tempos totais efectivos consumidos em movimentos de máquina, consoante as actividades parciais integrantes do ciclo de transporte primário de madeira: deslocamento sem carga, carregamento, deslocamento com carga, descarregamento. Foi adoptada a metodologia do tempo contínuo, referido em centimínutos.

A avaliação de desempenho do "forwarder", efectuada em condições de operação comercial na unidade de produção florestal mencionada, baseou-se na interdependência funcional entre os seguintes parâmetros operacionais: tempos de carregamento e descarregamento em contraponto ao número de toros, tempos de carregamento e descarregamento em função do número de cargas parciais, distâncias e tempos de carregamento, tempos de carregamento e descarregamento.

A interdependência funcional entre os parâmetros avaliados foi obtida a partir de análise de variância para dados sem repetição com emprego de regressão linear simples, segundo GOMES (1987), com aplicação dos testes 't' de Student e teste 'F', a 5% e a 1% de significância.

Resultados e discussão

Interdependência entre número de toros e tempo de carregamento:

A avaliação do "forwarder" pesquisado, nas condições do experimento, demonstrou não haver associação entre os tempos na operação de carregamento da carreta do autocarregável e o respectivo número de toros que constituiu a carga de cada ciclo operacional. A análise de regressão efectuada entre esses parâmetros não foi significativa.

No gráfico de dispersão referente ao número de toros transportados e tempo de carregamento, apresentado na Figura 1, pode-se ver que a distribuição dos pares ordenados dessas variáveis estudadas não apresenta correlação, indicando características próprias de disposição de pontos inerentes à ausência de correlação, conforme apontado por FERREIRA (1996).

Esse resultado pode ser atribuído à variabilidade no número de toros por carga, com amplitude entre 1 e 21, em função de distribuição irregular, embora ordenada, das peças ao longo dos ramais de colheita e da busca de toros com distâncias variáveis entre si, ao peso das cargas parciais, ao distanciamento das cargas erguidas em relação ao centro de gravidade da carreta, em função do alcance máximo de levante da grua e também ao sistema "travesseiro" recentemente adoptado na empresa, constituído por um toro colocado na base do feixe, com o objectivo de reduzir o contacto directo deste com o solo e para facilitar a operação de carregamento do "forwarder", transportando menos impurezas para a unidade industrial. Todos esses factores foram influenciados pela actuação concomitante de quatro operadores no decorrer do período

experimental, cada qual fazendo uso de seu "modus operandi" próprio, resultando em heterogeneidade na padronização temporal das operações de carregamento de madeira, em função de diferenças de crescimento entre as árvores dos povoamentos e, conseqüentemente, influenciando os tempos empregados na operação de carregamento de toros.

Não ocorrendo interdependência entre os factores de produção mencionados, esse resultado indica que a implementação de alguns ajustes pode melhorar a eficiência na operação de carregamento do "forwarder" e, conseqüentemente, reduzir custos operacionais nessa fase, conforme avaliação efectuada por MINETTE *et al.* (2004) em outra marca comercial de "forwarder".

Trabalhando com outro modelo de "forwarder" em baldeio de *Eucalyptus* spp, BANTEL (2006) justifica esse resultado ao argumentar que, quanto menor a árvore, maior o custo operacional por unidade de produção, ao passo em que o uso de toros maiores resulta em menor número de peças para completar uma carga.

Interdependência entre número de toros e tempo de descarregamento:

Na operação de descarregamento também não ocorreu correspondência funcional entre cargas de madeira depositadas na carreta do autocarregável e os respectivos tempos totais de descarregamento de madeira. Esse aspecto foi diagnosticado pela não significância da análise de regressão efectuada entre esses parâmetros, com aplicação dos testes 't' e 'F'.

Também o diagrama de dispersão entre as variáveis: número de toros transportadas e tempo de descarrega-

mento, mostrado na Figura 2, indica que a distribuição dos pares ordenados das variáveis estudadas apresenta características de disposição de pontos próprias à ausência de correlação.

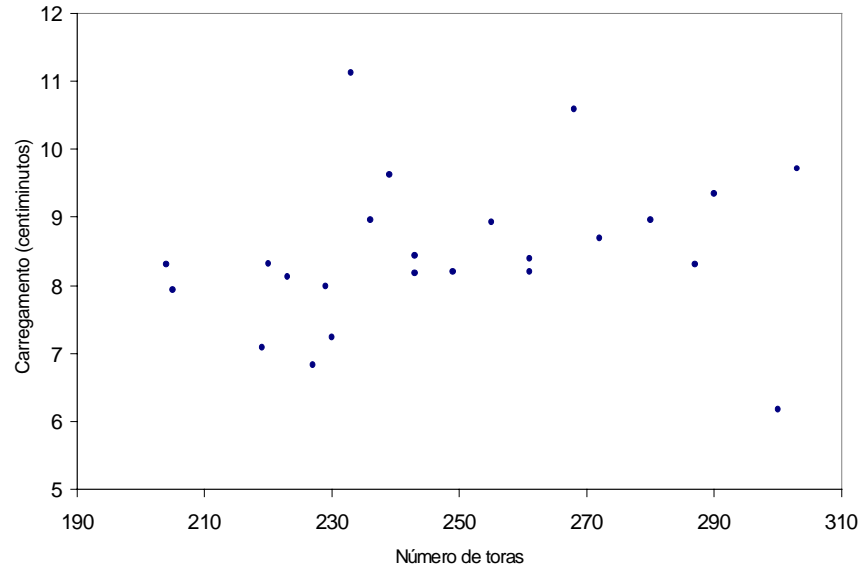


Figura 1 - Diagrama de dispersão entre número de toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e tempo de carregamento para o "forwarder"

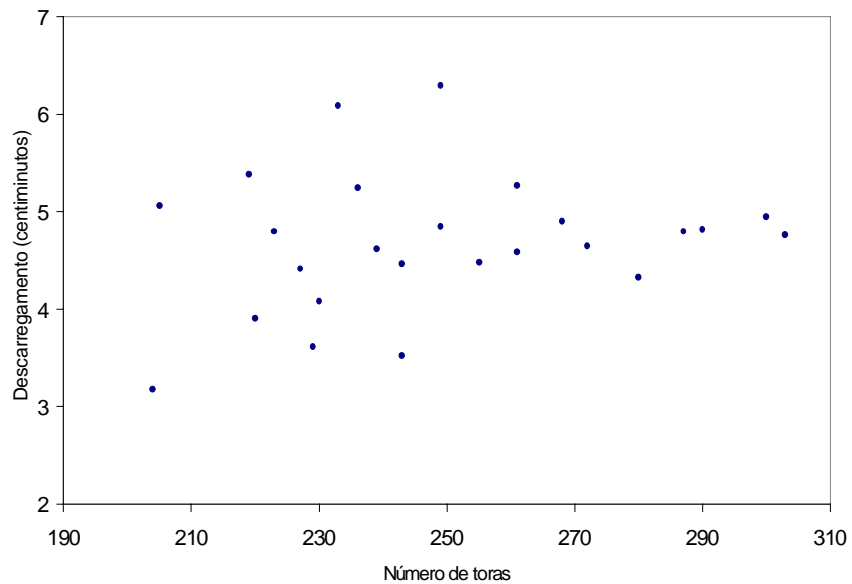


Figura 2 - Diagrama de dispersão entre número de toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e tempo de descarregamento para o "forwarder"

Esse resultado é atribuído a diferenças entre diâmetros de toros em função de crescimento diferenciado de árvores dos povoamentos, a diferentes pesos de volumes semelhantes de cargas descarregadas, a substituição de operadores durante a fase experimental que, em função de diferentes níveis de experiência e treinamento, certamente manejaram a máquina segundo suas características próprias, determinando diferentes tempos na operação de descarregamento de madeira, para semelhantes volumes de toros.

A importância dessa fase do ciclo operacional do autocarregável é enfatizada por MINETTI *et al.* (2002). Este autor considera que os factores que mais influenciam essa etapa do transporte florestal são o comprimento dos toros, o peso específico da madeira, o factor de empilhamento, a capacidade da grua e o volume do feixe, dentre outros.

Interdependência entre cargas parciais e tempo de carregamento:

Foi observada uma interdependência entre as cargas parciais e o tempo de carregamento. A análise de regressão efectuada entre o número de cargas parciais de toros e o respectivo tempo de carregamento do autocarregável, em condições de colheita e transporte comercial, foi significativa no nível de 95% de probabilidade. Não houve significância a 99% de probabilidade, a associação seguiu o modelo polinomial $y = -0,003696X^2 + 0,331272X + 2,965333$.

A associação entre o número de cargas parciais de madeira e o tempo de carregamento da máquina é mostrada graficamente pelo diagrama de dispersão entre as variáveis estudadas, conforme a Figura 3. Esse resultado indica que, para as condições da unidade de produção

florestal ensaiada, as cargas de madeira de seis metros de comprimento efectuadas no "forwarder" estudado constituíram-se em uma variável matemática dependente do tempo operacional efectivo de carregamento da carreta da máquina, segundo um coeficiente de determinação igual a 0,264690.

Embora os toros tivessem diferentes diâmetros e as máquinas tivessem sido operadas por quatro operadores durante o período experimental, esses condicionantes não interferiram no desempenho da operação de carga do autocarregável.

Interdependência entre cargas parciais e tempo de descarregamento:

A análise de regressão, efectuada a 95% de probabilidade, demonstrou diferença estatisticamente significativa entre o número de cargas parciais e o respectivo tempo de descarregamento, a interdependência funcional seguiu o modelo exponencial $y = 0,857305X^{0,537762}$. O diagrama de dispersão entre as variáveis cargas parciais e tempo de descarregamento é mostrado graficamente na Figura 4.

Assim, o número de cargas parciais demonstrou ser uma variável matemática dependente do tempo de descarregamento de madeira, consoante as condições do ensaio, segundo um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,342029.

Conquanto haja diferença no "modus operandi" dos operadores que participaram do ensaio experimental, esse aspecto não afectou significativamente a produtividade do equipamento no que respeita ao número de cargas na operação de descarregamento. Portanto os tempos observados podem ser considerados tecnicamente recomendáveis na operação de descarregamento de madeira.

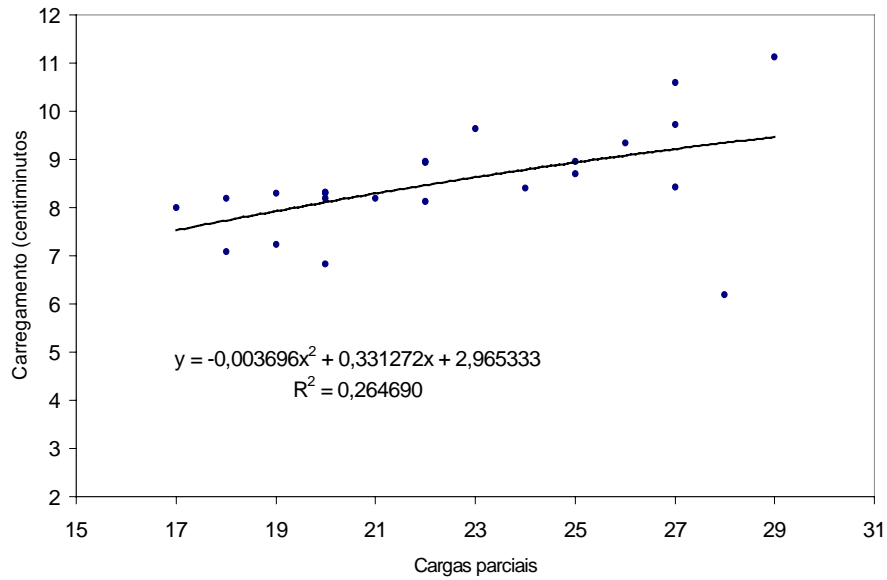


Figura 3 - Diagrama de dispersão, modelo de regressão e coeficiente de determinação entre cargas parciais e tempo de carregamento pelo "forwarder"

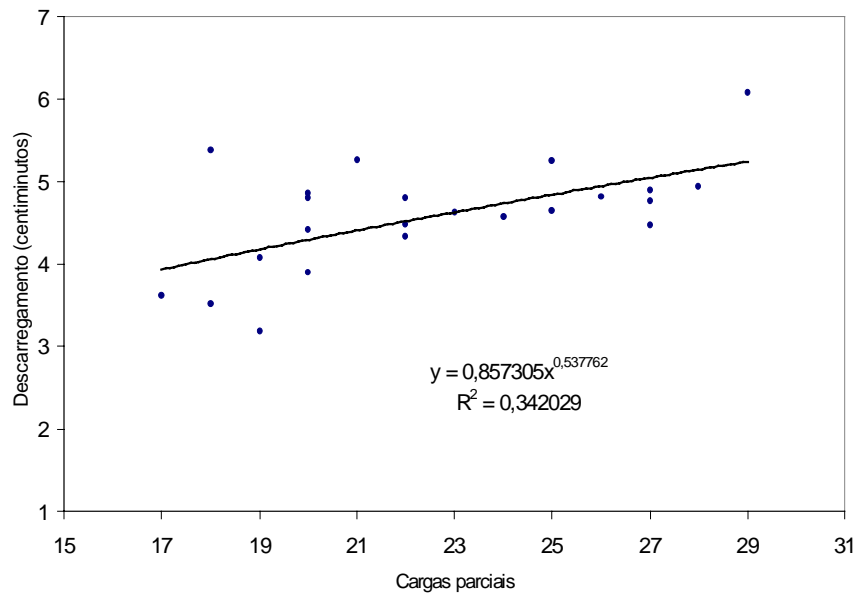


Figura 4 - Diagrama de dispersão, modelo de regressão e coeficiente de determinação entre cargas parciais e tempo de descarregamento pelo "forwarder"

Interdependência entre distância e tempo de carregamento de madeira:

A avaliação de desempenho do equipamento demonstrou não ter ocorrido correspondência funcional entre o tempo despendido na operação de carregamento de madeira em função de distâncias variáveis de acumulação de feixes de toros. O diagrama de dispersão dos valores das variáveis pesquisadas é apresentado na Figura 5, mostrando graficamente a ausência de correlação entre distância e tempo de carregamento de madeira, nas condições do ensaio.

Tal resultado, evidenciado pela não significância de análise de variância com emprego de regressão, com aplicação dos testes 't' e 'F', pode ser atribuído simultaneamente à variabilidade espacial na distribuição de madeira beneficiada nos ramais de colheita, à variabilidade no número de toros colhidos pela grua por carga parcial, a diferenças de diâmetros dentro e entre os feixes de madeira, a suposta variabilidade nos níveis de fertilidade do solo dentro e entre talhões, no nível de melhoramento genético da espécie florestal em estudo, aos diferentes "modus operandi" dos operadores de máquinas, entre outros factores.

Interdependência entre tempos de carregamento e descarregamento de madeira:

Não foi observada diferença significativa na análise de regressão entre os tempos recíprocos despendidos nas operações de carregamento e de descarregamento de madeira, de mesmos feixes de toros nos ramais de colheita.

Tal resultado, evidenciado pela não significância da análise de variância com emprego de regressão, com aplicação dos testes 't' e 'F', pode ser atribuído

simultaneamente à variabilidade espacial da distribuição de madeira beneficiada nos ramais de colheita, à variabilidade do número de toros apanhados pela grua por carga parcial, à diferença de diâmetros dentro e entre os feixes de madeira, a supostos diferentes níveis de fertilidade do solo dentro e entre talhões de colheita, ao nível de melhoramento genético da espécie florestal em estudo, aos diferentes "modus operandi" dos operadores das máquinas, entre outros factores.

A Figura 6 apresenta a dispersão de pares ordenados das variáveis pesquisadas, indicando ausência de correlação visual, diagnosticada pela não significância da análise de regressão entre tempos recíprocos de carregamento e de descarregamento de mesmas cargas de madeira, empregando o autocarregável ensaiado, nas condições do experimento.

Embora tais cargas de madeira tenham sido constituídas pelo número de toros e de cargas parciais na operação de carregamento e tenham sido, de um modo geral, efectuadas pelo mesmo operador, essas variáveis não guardaram entre si uma correspondência funcional, não se constituindo em variáveis matemáticas dependentes entre si, portanto apresentando um comportamento operacional independente de uma em relação à outra.

Esse resultado pode ser atribuído principalmente à variabilidade em número de toros colhidos pela grua nas operações correspondentes e emparelhadas de carregamento e descarregamento, a diferenças entre diâmetros de toros, pelas razões expostas, embora os referidos trabalhos de carga e descarga tenham sido efectuados de um modo geral pelos mesmos operadores.

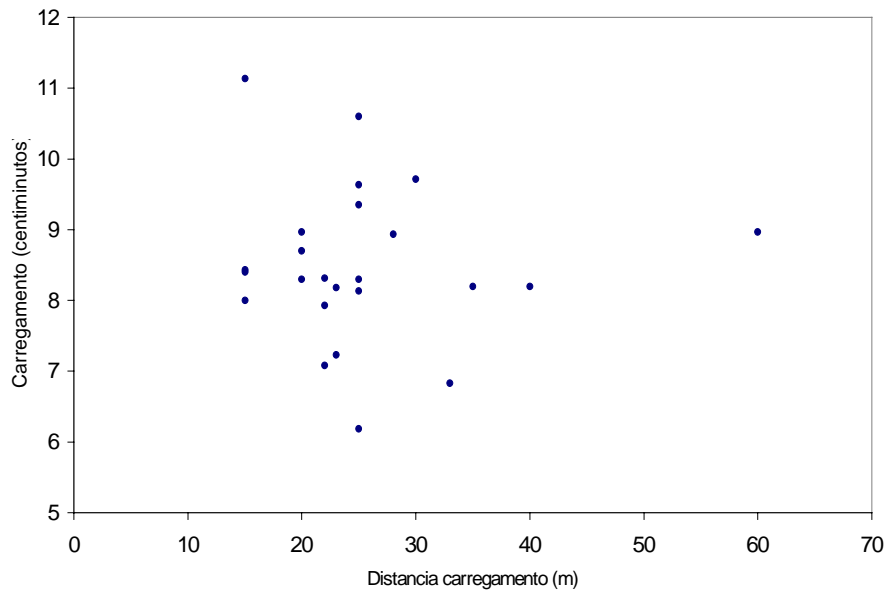


Figura 5 - Diagrama de dispersão entre distância e tempo de carregamento de madeira de *Eucalyptus grandis* para o "forwarder"

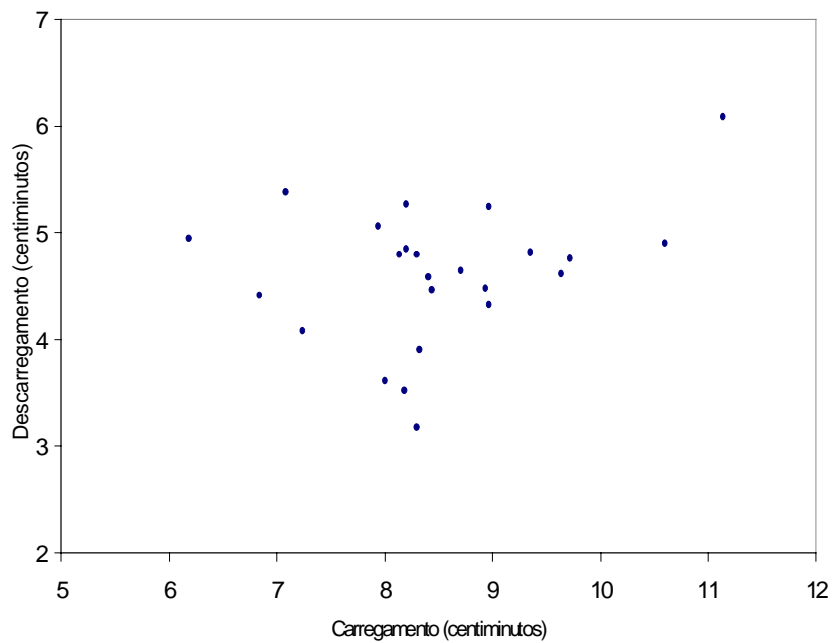


Figura 6 - Diagrama de dispersão entre tempos de carregamento e de descarregamento de madeira de *Eucalyptus grandis*, para o "forwarder"

É possível que um levantamento minucioso dos factores que influenciaram os tempos de carregamento e descarregamento de toros nas condições do presente experimento possam resultar em reciprocidade funcional entre os parâmetros estudados e, conseqüentemente, vir a reduzir tempos operacionais improdutivo, com a possibilidade de minimizar custos no conjunto de operações de transporte primário de madeira, em condições comerciais.

Conclusões

1. Quanto ao factor número de toros transportados:

O facto de não ocorrer correlação entre o número de toros transportados e os tempos de carregamento e de descarregamento do "forwarder", embora se considere a uniformidade de características dos talhões florestais em processo de colheita, pode ser atribuído à grande variabilidade do número de toros transportados por carga, em que, ao se procurar um melhor ajuste entre esses parâmetros, acredita-se que possa ser obtida uma correlação matemática entre as variáveis envolvidas, produzindo uma optimização dessas operações e, conseqüentemente, resultando em redução de tempo de execução e de custos operacionais nessas fases de colheita mecanizada de madeira.

2. Quanto ao factor número de cargas parciais:

O número de cargas parciais de carregamento ou descarregamento de madeira, valor esse independente do número de toros por carga, demonstrou

guardar associação com os tempos operacionais de carregamento e de descarregamento. A identificação de uma interdependência matemática obtida por regressão linear entre os tempos de carregamento e de descarregamento em função do número de cargas de madeira indica a existência de uma correlação lógica entre os parâmetros operacionais avaliados, o que leva a concluir pela ocorrência de um ajustamento funcional entre tais parâmetros e, por conseguinte, em uma operação que tende a uma maior racionalidade operacional e, conseqüentemente, de redução de custos.

3. Quanto aos factores carregamento e descarregamento:

A busca de ajustamento matemático entre as operações de carregamento e de descarregamento não influenciará uma possível optimização do processo de transporte de madeira, por se tratar de operações realizadas independentemente no tempo e no espaço, o que, contudo, poderia ter ocorrido, no caso de se todas essas operações fossem realizadas por um mesmo operador.

Bibliografia

- BANTEL, C.A., 2006 *Análise de extração de madeira de eucalipto com forwarder em floresta de primeira e segunda rotação*. Botucatu. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. 126 pp..
- EMBRAPA, 1999. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 412 pp..

- FERREIRA, P.V., 1996. *Regressão e correlação*. In: Estatística Experimental Aplicada à Agronomia. Maceió: Editora UFAL, pp.489-530.
- GOMES, F.P., 1987. *O uso de regressão na análise de variância*. In: Curso de Estatística Experimental. São Paulo, Ed Nobel, pp. 227-251.
- MACHADO, C.C., BIRRO, M.H.B., MINETTI, L.J., SOUZA, A.P., LIUTH, S.L., 1999. Simulação e análise da produtividade de "forwarders" de diferentes capacidades de carga. In: *Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal, 4*, Campinas. Anais. Viçosa: UFV, pp. 276-283.
- MALINOVSKI, R.A., MALINOVSKI, J.R., 2000. Programa de computação para simulação e controle de operações de colheita de madeira. In: *Seminário de atualização sobre Sistemas de Colheita e Transporte Florestal, 11*, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, pp. 152-196.
- MINETTE, L.J., MOREIRA, F.M.T., SOUZA, A.P., MACHADO, C.C., SILVA, K.R., 2004. Análise técnica e econômica do "forwarder" em três subsistemas de colheita em floresta de eucalipto. *Revista Árvore* **28**(1) : 91-97.
- MINETTE, L.J., SOUZA, A.P., FIEDLER, N.C., 2002. Carregamento e descarregamento. In: MACHADO, C.C. (Editor). *Colheita florestal*. Viçosa: UFV, pp. 129-144.
- SEIXAS, F., 2002. Extração. In: MACHADO, C.C. (Editor). *Colheita florestal*. Viçosa: UFV, pp. 89-128.
- STOKES, B.J., SCHILLING, A., 1997. Improved harvesting systems for wet sites. *Forest Ecology and Management. Elsevier* **90**: 155-160.
- SUZANO, s.d.. Companhia Suzano de Papel e Celulose. *Trator Florestal Volvo A-25C: manual de operação*. Agudos: Duratex Florestal.
- USDA, 1999. *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Second Edition. Washington: United States Department of Agriculture.

Entregue para publicação em Julho de 2008

Aceite para publicação em Outubro de 2008