

Avaliação do desempenho operacional de trator florestal “Feller-Buncher”

Field performance evaluation of a feller-buncher commercial model

Jair Rosas da Silva¹, Paulo Torres Fenner², Angelo Cataneo²

Recebido em 01/09/2006; aprovado em 14/08/2007.

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o desempenho de um trator florestal "feller-buncher" Prentice Blount (modelo Hydro AX-611E) na colheita de madeira de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith, de seis anos, durante as operações de corte, amontoamento, derrubada direcionada e rebaixamento de tocos. A metodologia baseou-se na determinação de tempos e movimentos de máquina em operação de colheita comercial e a respectiva produção de madeira sob a forma de árvores inteiras, utilizando-se a técnica de amostragem rápida. Os resultados indicam que o ciclo operacional completo de colheita de madeira atingiu a média de $60,02 \pm 13,11$ segundos, com a produção respectiva de $4,41 \pm 0,90$ fustes. Não houve correspondência funcional entre o tempo operacional efetivo do ciclo de operações de colheita e o número de árvores colhidas. Esse resultado demonstra que vários fatores associados atuaram no processo de colheita, como as condições da área de trabalho, povoamento florestal, máquina florestal e operador.

PALAVRAS-CHAVE: colheita de madeira, mecanização florestal, toras longas.

SUMMARY

This study was carried out aiming to evaluate the field performance of a Prentice Blount feller-buncher model Hydro AX-611E, according to time and motion observed in wood felling work. The research evaluated harvesting operations including cutting, bunching, felling

and reducing stumps height of a six-year-old *Eucalyptus saligna* smith forest. The methodology used was based on the determination of machine time and movement during commercial harvesting and its respective full-tree wood production. The eucalyptus harvester's whole production cycle had a mean duration of 60.02 ± 13.11 seconds, resulting in a mean production of 4.41 ± 0.90 full-trees. There was no functional association between the harvesting operation time and the number of harvested trees. This result showed that several factors affected the harvesting process, such as the field work conditions, type of forest, harvesting machine and machine operator.

KEY WORDS: harvesting of wood, mechanical logging, full-tree.

INTRODUÇÃO

O desempenho de máquinas florestais é fundamental para que as indústrias do setor possam otimizar as operações, como por exemplo, a de colheita. Várias são as máquinas envolvidas no processo de colheita florestal, dentre as quais o “feller-buncher”, máquina de colhedora geralmente montada sobre rodado de esteiras, devido à severidade das condições de trabalho deve ter vão livre mínimo de 0,50 m ou sobre pneus, em geral de alta flutuação. Efetua o corte de derrubada concomitantemente à sustentação e acumulação de árvores, sendo o órgão ativo uma tesoura de cisalhamento da base do fuste, que nas máquinas atuais vem sendo substituída por disco rotativo serrilhado. As árvores cortadas são

¹ Pesquisador, Dr., Centro de Engenharia e Automação, Instituto Agrônomo de Campinas, APTA, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Odovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto, Km 65, Caixa Postal, 26, 13201-970, Jundiá, SP. jairrosas@iac.sp.gov.br.

² Professor Livre-Docente, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

sustentadas e acumuladas por meio de um conjunto de braços de acionamento hidráulico, que as recolhem inteiras e efetuam a sua derrubada direcionada. São de porte variável conforme a potência, podendo atingir até 200 KN, com velocidade de deslocamento oscilando entre 2,0 km.h⁻¹ e 4,5 km.h⁻¹ e têm capacidade para colher entre três e sete árvores, conforme o seu diâmetro e massa.

Uma tentativa inicial para a construção de uma máquina de colheita florestal com mais de uma função foi o “VIT feller-buncher”, idealizado em 1957 e que necessitou mais de seis anos para ser desenvolvido, conforme descreve Mendonça Filho (1987). Esta máquina foi posteriormente capaz de cortar e empilhar árvores com uma produtividade média de noventa unidades por hora. Outras máquinas foram, em seguida, desenvolvidas, montados em “skidders” ou carregadores frontais, até os modelos atuais, que apresentam aperfeiçoamentos em eletrônica, inovações ergonômicas e de conforto ao operador. As máquinas florestais, em geral e, especificamente o “feller-buncher”, têm sido avaliadas sob diversos aspectos, em diversas partes do mundo, com objetivos diversos, como, por exemplo, avaliar a produtividade, necessidade de manutenção mecânica e eletrônica, danos às árvores remanescentes e ao solo, etc.

Mc Morland (1982), técnico do “Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC)”, avaliou na costa da Colúmbia Britânica dois “feller-bunchers” de esteiras, um Caterpillar modelo 225/235 e um outro, Drott modelo 40, ambos com o mesmo cabeçote cortador com tesoura de cisalhamento de 0,510 m de abertura. Os povoamentos, de segunda rotação, eram constituídos de 85% das árvores de “western hemlock” (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) e 15% de “western redcedar” (*Thuja plicata* Donn ex D. Don.), com diâmetro médio à altura do peito (DAP) de 0,256 m e com volume médio de 0,700 m³ por árvore, sendo que as condições de trabalho não foram as mesmas para as máquinas ensaiadas. A altura média dos tocos foi 0,420 m e o ângulo de amontoamento das árvores foi ao redor de 75°. A primeira máquina apresentou a média geral de abate de 0,930 minutos por árvore e representou 13% do total de tempo despendido na colheita, por árvore e, a segunda, apresentou a média

geral de abate de 1,030 minutos e 2% do tempo. Concluiu-se que o tamanho da árvore teve pouco efeito no tempo total de posicionamento e corte do órgão ativo.

No Canadá foi avaliado em operação de colheita um “feller-buncher” Timbco modelo 2518 com as seguintes características: potência líquida no motor de 132 KW; centro de gravidade mais baixo; cabina que oscila 22° para cada lado e 27° à frente, permitindo derrubada em declives de até 34°, devido ao nivelamento de cabina e adequação de potência à máquina, condição observada durante o estudo e velocidade máxima de 5,6 km.h⁻¹, maior que os demais “feller-bunchers” montados sobre escavadoras. Levesque (1983), autor da pesquisa, aduziu que esse modelo é ergonômico quanto aos dispositivos de controle, instrumentação e nível de ruído, mas deficiente quanto ao acesso, dimensões e segurança da cabina e concluiu que a máquina alcançou bons resultados em termos de produtividade, tendo mostrado sua capacidade de trabalho sob um grande número de condições adversas de operação.

Mendonça Filho (1987) mencionou a avaliação de desempenho de dois tipos de “feller-bunchers”: o primeiro montado sobre carregadora frontal empregada em obras civis, com rodado de esteiras, potência bruta no motor de 46 kW, reservatório de óleo hidráulico com capacidade de 50 L, pesando 66 KN, da marca Caterpillar e o segundo montado sobre “skidder” de rodas, potência bruta no motor de 83 KW, capacidade do reservatório de óleo hidráulico de 80 L, pesando aproximadamente 80 KN, da marca Franklin. Ambos foram equipados com cabeçote cortador Morback, constituído por lâminas de cisalhamento de ação dupla, com abertura máxima de 0,360 m, além dos braços sustentadores e acumuladores. O ensaio foi realizado em floresta de *Pinus taeda* L., de 22 anos de idade na região sudeste dos Estados Unidos. Concluiu-se que o tempo de corte diferiu com o equipamento utilizado, determinado principalmente pela diferença quanto à capacidade dos sistemas hidráulicos; as diferenças observadas nos tempos de movimentação e empilhamento foram decorrentes das características operacionais dos equipamentos, o que influenciou

parâmetros de produtividade estudados e que a máquina montada sobre “skidder” movimentou-se mais rapidamente, porém necessitou de maior espaço para manobras.

Equipe do “Institute for Commercial Forest Research” (ICFR, 1988) avaliou o desempenho do “feller-buncher” Bell, modelo T, triciclo, operando em turnos diários de oito horas em colheita de povoamento de *Pinus taeda* L., com DAP variando entre 0,24 m e 0,40 m, altura entre 20 m e 30 m e distâncias de transporte entre 5 m e 40 m. As principais características técnicas da máquina são as seguintes: montada sobre rodado de pneus, equipada com motor aspirado de quatro cilindros com potência bruta de 57 KW a 2.200 rpm, reservatório de óleo hidráulico com capacidade para 160 L, peso ao redor de 54 KN, conforme Implanor-Bell (s.d.). Constatou-se que a máquina teve a capacidade para processar diariamente 470 árvores com DAP de 0,24 m, ou 450 árvores com DAP de 0,32 m ou ainda 400 árvores com DAP de 0,44 m, com consumo de óleo combustível variando entre 2,0 e 2,5 L/hora/máquina. Informaram ainda que os resultados referiam-se a condições de terreno seco e que, para solo úmido, ocorreu redução de produtividade de 5% em áreas com declive abaixo de 2%.

Lima et al. (1998), em estudo específico sobre determinação do nível de ruído em tratores florestais utilizados na região norte do estado de Minas Gerais – Brasil, avaliaram o “feller-buncher” Prentice Blount Hydro AX-611EX, versão imediatamente posterior à do modelo avaliado no presente estudo, montado sobre pneus, com potência bruta no motor de 105 KW na condição de rotação máxima de 2000 rpm. As leituras do nível de ruído foram realizadas no interior da cabina, na altura do ouvido do operador e à distâncias variáveis entre 1 m e 10 m da máquina. Concluiu-se que o nível de ruído à altura do ouvido do operador foi de 80 dBA, inferior ao valor preconizado pela legislação brasileira, que é de 85 dBA para oito horas de trabalho diários, evidenciando a importância da cabina de proteção e seu isolamento acústico. Constatou-se ainda que o motor e o coletor de gases de escapamento foram as duas maiores fontes de ruídos emitidos pelo “feller-buncher”.

Ferreira (1996) afirmou que o estudo da

regressão exerce papel relevante dentro do campo da estatística experimental, devido à sua larga aplicação na interpretação de resultados experimentais e tem por objetivo determinar a relação existente entre uma característica qualquer de interesse experimental, dependente e uma outra característica independente, tomadas juntas. Por exemplo, quando se aumenta a dose de nitrogênio, aumenta a produção de forragem e verifica-se que a relação entre as duas variáveis é linear, passando entre os pontos de um diagrama de dispersão, porém nem sempre é assim, tornando mais complexo o seu estudo.

Pesquisas relacionadas à avaliação da relação entre tempos e movimentos de tratores derrubadores-acumuladores em operações de colheita florestal e número de árvores abatidas são escassas. Assim, o presente estudo objetivou avaliar a produtividade alcançada por um modelo de “feller-buncher” disponível no mercado brasileiro de máquinas florestais de colheita, em função dos tempos efetivos despendidos em condições de operação de colheita comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Fazenda Paineiras, integrante do Núcleo Florestal 05 da Companhia Suzano-BahiaSul de Papel e Celulose, situada no município de São Miguel Arcanjo, sul do estado de São Paulo, Brasil. A unidade de produção florestal está localizada a 23° 51' de latitude sul, 47° 54' de longitude oeste e altitude de 725 m, tipo climático na classificação de Köppen é Cfa com precipitação média anual de 1.350 mm.

A área da pesquisa, situada no talhão 03 da unidade de inventário florestal G12A, apresentava relevo ondulado, com declive em torno de 8%. O solo predominante na região é Argissolo Hipocrômico distrófico.

O povoamento em fase de colheita comercial, destinado às fábricas de papel e celulose da Companhia Suzano, era de *Eucalyptus saligna* Smith, procedência IPEF, puro e equiânico, de primeiro ciclo e quarta rotação, com seis anos de idade. O povoamento possuía uma densidade populacional de 1.713 plantas por hectare,

encontrando-se com DAP médio de 0,11 m e altura média de 15,96 m, sendo a altura média das árvores dominantes de aproximadamente 21,93 m. O incremento médio anual (IMA) do povoamento era de 38,18 st.ha⁻¹.ano⁻¹.

O “feller-buncher” avaliado era da marca Prentice Blount (Blount, s.d.) modelo Hydro-AX611E, fabricado em Owatonna, estado de Minnesota, EUA. A máquina de colheita florestal era constituída de dois eixos, chassi não articulado, montada sobre pneumáticos de estrutura diagonal, com a designação dimensional 23.1x26 12 PR, massa total de 135 KN em ordem de marcha, acionada por motor de seis cilindros, turboalimentado e pós-resfriado, com potência de 130 KW à rotação máxima de 2500 rpm. O reservatório do sistema hidráulico tinha capacidade para 227 L, com pressão máxima de 36,88 MPa e vazão máxima de 245 L.min⁻¹. A cabina era formada de estrutura de proteção contra capotamento (EPCC), queda de árvores e de animais peçonhentos, de ruídos e de gases de escapamento, ergonômica. A máquina possuía comandos eletrônicos e quatro faróis dianteiros (lâmpadas de halogênio), destinados a operações noturnas.

O órgão ativo frontal derrubador-acumulador, de acionamento hidráulico-elétrico, era constituído por uma serra de disco rotativo, com vinte e quatro dentes revestidos com carbureto de tungstênio (vídea), funcionando a uma rotação máxima de 1300.min⁻¹ e com abertura máxima de 0,56 m. O conjunto de braços tinha acionamento hidráulico e efetuava as funções de derrubada, acumulação e direcionamento de queda, capacidade máxima de reunir cargas lenhosas com 0,37 m² de área de seção transversal e permitindo uma inclinação máxima de 15°.

A avaliação consistiu na determinação de tempos e movimentos efetuados em trinta e três ciclos operacionais completos de colheita, utilizando-se o método de medição de tempo contínuo, englobando o conjunto de operações mecânicas de colheita de forma simultânea. As operações de cada ciclo completo de colheita em uso corrente eram constituídas pelas seguintes fases: aproximação, apreensão e corte de árvore, acumulação de fustes e derrubada direcionada, seguida de rebaixamento de tocos. Durante a fase de avaliação, a máquina efetuou

a colheita de grupos de três a seis árvores, por ciclo operacional. A coleta de dados de tempos e movimentos foi realizada pela aplicação da técnica denominada amostragem rápida ou momentânea, de acordo Mendonça Filho (1987), a qual consiste na medição contínua dos tempos despendidos na operação, utilizando cronômetros digitais marca Timex, com aproximação de 0,01 s, efetuando-se registros de tempos operacionais acumulados obtidos em um total de três horas de observações.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância com emprego da regressão linear simples e pesquisa de modelo de regressão empregando o método dos polinômios ortogonais, efetuada por meio do pacote estatístico “Statistical Analysis System” (SAS, 1967). Os tempos unitários despendidos durante os ciclos operacionais completos de colheita florestal constituiu-se na variável independente “x” e associados aos números de árvores do povoamento cortadas e abatidas constituiu-se na variável dependente “y”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação de desempenho nas condições do experimento realizado no conjunto de operações mecanizadas de corte, amontoamento, derrubada direcionada, acrescido de rebaixamento de tocos em povoamento de quarta rotação de *Eucalyptus saligna* Smith, com emprego do “feller-buncher” Blount modelo Hydro-AX611E demonstrou não ser significativa a regressão testada entre o número de árvores colhidas e os tempos despendidos no conjunto das operações mecanizadas.

O resultado é ainda confirmado pelo valor do coeficiente de determinação mostrado na Tabela 1, o que explica a não ocorrência de correlação entre as variáveis pesquisadas, portanto não ocorreu correspondência funcional entre o número de árvores abatidas e o tempo empregado na operação de colheita. Por outro lado, o valor do coeficiente de determinação ajustado sugere uma possibilidade de ocorrência de correlação baixa e inversa entre os parâmetros, ou seja, uma maior produção de madeira corresponderia menores tempos operacionais efetivos de colheita.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros estatísticos assinalados na análise de variância entre tempos de ciclos operacionais de colheita e número de árvores abatidas.

Parâmetro estatístico	Tempo de operação de colheita (s)	árvores abatidas
Número de observações	33	33
Soma	1980,600	145,500
Média	60,0182	4,4091
Desvio padrão	13,1127	0,8966
Variância	171,9449	0,8039
Coefficiente de variação	21,8480	20,3363
Curtose	0,7810	-0,5665
Assimetria	0,5100	0,1518
Coefficiente de determinação		0,0045
Coefficiente de correlação		0,0671
Coefficiente de determinação ajustado		- 0,0276

O valor do parâmetro estatístico curtose para número de árvores colhidas caracteriza uma condição platicúrtica da curva da função de distribuição das variáveis em relação à distribuição normal, demonstrando ocorrer um achatamento da curva da função matemática que explicaria a associação entre os parâmetros estudados. O valor da assimetria para o fator árvores abatidas indica uma tendência na concentração de valores para o lado esquerdo da curva de distribuição.

Vários fatores podem estar associados aos resultados encontrados, entre os quais: formato irregular da área de colheita; realização do ensaio em ponta de talhão com área reduzida para manobras; presença de veículos estacionados próximo à parcela amostral exigindo do operador maior atenção nas operações; superfície do terreno escorregadia devido à chuva ocorrida no dia anterior e de declividade mais acentuada que das condições habituais de trabalho; desuniformidade das árvores do talhão por tratar-se de corte de quarta rotação; alteração do processo de colheita tradicional pela inclusão da operação concomitante de rebaixamento de tocos remanescentes e, finalmente, o operador encontrava-se em início de treinamento ao nível de operação de colheita comercial. Estes fatores anômalos às condições habituais de colheita em floresta, observados durante a pesquisa, pode ter influenciado os resultados obtidos.

CONCLUSÕES

Não se verificou correspondência funcional entre o tempo operacional efetivo de corte, acumulação, derrubada direcionada e rebaixamento de tocos de *Eucalyptus saligna* Smith e o respectivo número de árvores abatidas.

A ausência de associação funcional entre os parâmetros de produção estudados é atribuída à ação exercida por um conjunto de fatores ligados às condições da área de trabalho, povoamento florestal, modelo de máquina ensaiada e ao nível de treinamento do operador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, P.V. Regressão e correlação. In: FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: Ed. Universidade Federal de Alagoas, 1996. cap. 10. p.489-530.
- IMPLANOR-BELL. **Feller-bunchers de motosserra e de tesoura**. Especificações. Recife: Implementos Agrícolas do Nordeste Indústria e Comércio, [2000?]. 4 p.
- LEVESQUE, R. **Short-term evaluation of the Timbco 2518 feller-buncher in eastern Canada**. Pointe Claire: Forest Engineering Research Institute of Canada, 1983. 27 p. Technical Note N. TN-72.
- LIMA, J.S.S., FERNANDES, H.C., VITÓRIA, E.L.

Determinação do nível de ruído e identificação da fonte em tratores florestais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 55-61, 1998.

MC MORLAND, B. Trials of two feller-**bunchers in Coastal B.C.** Vancouver: Forest Engineering Research Institute of Canada, 1982. 20 p. Technical Note N. TN-57.

MENDONÇA FILHO, W.F. Abate de árvores totalmente mecanizado. In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTOS, 1987, Curitiba, **Anais...** Curitiba, UFPR, 1987. p. 361-385.

Productivity and mechanization. In: ICFR 1988 ANNUAL REPORT. Pietermaritzburg: Institute for Commercial Forest Research, 1988. 81 p.

SAS STAT: guide for personal computers. Version Six Edition. Cary: SAS Institute, 1967. 1028 p.

SPECIFICATIONS of the Hydro-AX611E feller-buncher and attachments. Owatonna: Blount Inc., Forest and Industrial Equipment Division, [2000?]. 4 p.