

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM “SKIDDER” OPERANDO EM DIFERENTES PRODUTIVIDADES E DISTÂNCIAS DE EXTRAÇÃO¹

Economic and technical evaluation of a “skidder” operation at various dragging distances and wood productivity of the operation

Sebastião Eudes Lopes², Haroldo Carlos Fernandes³, Luciano José Minette⁴,
João Cleber Modernel da Silveira⁵, Paula Cristina Natalino Rinaldi⁶

RESUMO

Este trabalho foi conduzido em povoamentos de eucalipto de uma empresa florestal do Estado de Goiás, com o objetivo de avaliar técnica e economicamente o trabalho de um “skidder”. A análise técnica consistiu do estudo de tempos e movimentos, além da produtividade, da disponibilidade mecânica e da eficiência operacional da máquina. A análise econômica consistiu na determinação dos custos operacionais. Utilizou-se um delineamento estatístico em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 6x3x3, (seis operações, três produtividades e três distâncias de arraste), com quatro repetições. Os valores foram submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5% de significância. O melhor rendimento energético foi para a distância de 300 m e uma produtividade da floresta de 100 m³ ha⁻¹.

Termos para indexação: Máquinas florestais; rendimento; composição de custos.

ABSTRACT

This study was carried out in eucalyptus stands of a forestry company in the State of Goiás- Brasil, for the purpose of technical and economic evaluation of a “skidder”. The technical analysis was basically a time-and-motion study. In addition, a study on productivity, mechanical availability, and operational efficiency were also determined for each operation. The economic analysis consisted of determining machine operation costs, as well as evaluating significant interactions. A randomized-block design was used, in a 6x3x3 factorial arrangement (six operations, three productivities, and three ‘dragging’ distances), with four replications. Data were subjected to analysis of variance and to the Tukey test at 5% significance level. The skidder had its best performance in productivity of 100 m³ ha⁻¹ and at distances up to 300 m.

Index terms: Forestry machinery, yield, operational cost composition.

(Recebido em 9 de abril de 2008 e aprovado em 30 de setembro de 2008)

INTRODUÇÃO

A avaliação de sistemas de colheita de madeira, independente do grau de mecanização utilizado, é uma ferramenta fundamental para correções ou qualquer alteração do processo de produção, visando à racionalização e otimização dos recursos utilizados. Trata-se ainda de instrumento indispensável na comparação entre diferentes métodos ou equipamentos.

Para Miyata (1980) o custo operacional dos equipamentos é a base de cálculo para as avaliações econômicas e estudos comparativos entre sistemas, por meio da variação das grandezas de seus parâmetros. Os seus componentes são: valor de aquisição; vida útil; valor residual; taxa de remuneração; seguros e outras taxas; utilização anual; mão-de-obra; combustível e manutenção

dos maquinários (pneus, esteiras, peças). Valverde (1995) utilizou esta metodologia acrescentando o custo de administração.

Seixas et al. (2004) consideram o estudo de tempos e movimentos uma técnica muito importante no desenvolvimento de sistemas de colheita de madeira, pois o tempo consumido por cada um dos elementos do ciclo de trabalho permite: a organização do trabalho, com o objetivo de otimizar o sistema operacional com o mínimo de tempos improdutivos; deduzir a produtividade e o custo por unidade produzida em relação a certos fatores relevantes e, em combinações com medidas ergonômicas, estabelecer o esforço humano requerido por uma das atividades. Birro (2002), avaliando a extração de madeira com “track-skidder” em região montanhosa relatou que aumentando a distância

¹Parte da tese de Doutorado do primeiro autor. Apoio financeiro da FAPEMIG.

²Engenheiro Mecânico. DS em Engenharia Agrícola. DEA/UFV – Viçosa, MG – jatiboca@jatiboca.com.br

³Professor Associado – Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, MG – 36.570-000 – haroldo@ufv.br

⁴Professor Adjunto – Departamento de Engenharia Elétrica e de Produção – Universidade Federal de Viçosa, MG.

⁵Professor Adjunto, IFET – Rio Verde, GO – jmodernel@uol.com.br

⁶Professora Substituta – Doutoranda em Mecanização Agrícola, DEA/UFV – Viçosa, MG – pcnrinaldi@yahoo.com.br

de extração, o deslocamento da máquina passou a ser um item significativo em seu ciclo de operação, afetando significativamente a sua eficiência operacional.

Uma das técnicas utilizadas no planejamento e na otimização das atividades de colheita é o estudo de tempos e movimentos (Andrade, 1998). A análise das operações florestais geralmente está vinculada a dados coletados. Frequentemente, estes dados estão contidos em relatórios de estudos de tempos e movimentos; antes da coleta dos dados, as operações devem ser explicitamente definidas e separadas em nível de elemento (Valverde, 1995). Em função do exposto acima, considerando a necessidade de melhor se conhecer a real capacidade de trabalho do "skidder", objetivou-se com este trabalho fazer uma análise técnica e econômica desta máquina trabalhando em diferentes produtividades e distâncias de arraste.

MATERIALE MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em povoamentos florestais, com *Eucalyptus grandis* W. Hill, de uma empresa mineradora do grupo Anglo-America na região de Niquelândia no estado de Goiás. O município está situado a 14° 28' 26" de latitude sul e 48° 27' 35" de longitude oeste, com 583 m de altitude. A classe de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho distrófico típico álico (Lvd), com textura variando de média a arenosa e relevo plano a suave ondulado. Para avaliar a operação de arraste da madeira, nesse estudo foram consideradas três distâncias: 100 m, 200 m e 300 m, em três níveis de produtividade: 100 m³ ha⁻¹, 200 m³ ha⁻¹ e 300 m³ ha⁻¹. A produtividade do talhão foi fornecida pelo setor de inventário da empresa. A metodologia adotada para o estudo de tempos e movimentos foi segundo Valverde (1995) e Moreira (2000). Também foi efetuada a determinação dos custos operacionais e de produção de cada máquina, obtendo-se assim subsídios para uma avaliação econômica do sistema estudado.

Na etapa de extração foi utilizado um "skidder" da marca Caterpillar, modelo 525 B com 119 kW de potência nominal do motor, capacidade de arraste de 172 kN, área da pinça de 1,04 m², com rodados de pneus 30.5 x 32PR.

Para condução do estudo de tempos, foi feita uma subdivisão dos movimentos executados pela máquina na realização das operações, denominados elementos do ciclo operacional. Os elementos que compuseram o ciclo operacional de arraste com o "skidder" foram: deslocamento sem carga, carregamento, deslocamento com carga, descarregamento e manobras para carga ou descarga.

Deslocamento sem carga: iniciou-se no exato momento em que o "skidder" começava a se deslocar da margem da estrada em direção aos feixes no interior do

talhão e terminou quando, estando próximo ao feixe que seria arrastado, começava a manobra para o carregamento.

Carregamento: iniciou-se quando o "skidder", após manobrar, estava posicionado para o carregamento e acionava a abertura das garras da pinça, terminando quando esta se encontrava carregada e com a base do feixe suspensa.

Deslocamento com carga: iniciou-se exatamente quando o "skidder" começava a se deslocar com a carga parcialmente suspensa e terminou quando chegava próximo às pilhas, na margem da estrada.

Descarregamento: iniciou-se quando, ao se aproximar da pilha na margem da estrada, o operador manobrava e posicionava adequadamente o feixe na pilha, terminando quando o feixe foi liberado da pinça.

Manobras para carga ou descarga: iniciavam-se quando, depois do deslocamento, o "skidder", posicionava-se para carregar ou descarregar e iniciar um novo ciclo.

Para avaliar o efeito dos tempos gastos nas operações do ciclo operacional do "skidder" nas produtividades 100 m³ ha⁻¹, 200 m³ ha⁻¹ e 300 m³ ha⁻¹ e nas distâncias de arraste 100 m, 200 m e 300 m, assim como avaliar suas interações quando significativas, utilizou um delineamento estatístico em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 6x3x3, sendo seis operações, três produtividades e três distâncias de arraste, com quatro repetições. Os valores foram submetidos a análise de variância e teste Tukey a 5 % de significância.

O grau de disponibilidade mecânica é a percentagem do tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo. Pode ser expressa pela seguinte expressão:

$$Dm = \frac{He}{(He + Tm)} \times 100 \quad (1)$$

em que:

Dm = grau de disponibilidade mecânica (%);

He = tempo de trabalho efetivo (horas); e

Tm = tempo de permanência em manutenção (horas).

A eficiência operacional foi calculada pela seguinte expressão:

$$f = \frac{te}{(te + tp)} \times 100 \quad (2)$$

em que:

f = eficiência operacional (%);

te = tempo de trabalho efetivo (horas); e

tp = tempo de paradas em serviço (horas).

A determinação da produtividade operacional foi estimada mediante os dados do inventário realizado preliminarmente, onde se obteve o valor de volume médio por árvore em cada parcela, sendo esse valor multiplicado pelo número de árvores, gerando o volume médio existente em cada parcela. Com o acompanhamento da atividade da máquina, obteve-se o número de horas efetivamente trabalhadas em cada parcela. Esse tempo foi considerado como o número total de horas trabalhadas menos as interrupções mecânicas e operacionais. Com isso, chegou-se ao dado de produtividade da máquina em cada parcela, por meio da seguinte expressão:

$$Pr od = \frac{na \times va}{te} \quad (3)$$

em que:

Prod = produtividade operacional ($m^3 \text{ ha}^{-1}$)

na = número de árvores obtido por meio de um censo completo realizado a priori em cada parcela experimental;

va = volume médio por árvore dentro da parcela, obtido através do inventário da área (m^3); e

te = tempo de trabalho efetivo em horas gasto por cada máquina em cada parcela.

Na determinação do custo de produção, considerou-se apenas a porção do tempo total durante o qual a máquina foi programada para executar um trabalho produtivo. Optou-se por utilizar no cálculo dos custos operacionais valores sobre eficiência operacional da máquina cedidos pela Empresa florestal obtidos uma série histórica. O custo operacional das máquinas é o descrito por Miyata (1980), acrescido do custo de administração, utilizado por Valverde (1995). O custo operacional foi dividido em custos fixos e variáveis, expressos em dólares por hora efetiva de trabalho ($US\$ \text{ he}^{-1}$).

Os custos fixos (CF) foram compostos pelos custos de depreciação, juros e seguros. Já, os custos variáveis (CV) foram os que variaram proporcionalmente com a quantidade de madeira transportada ou com o uso da máquina. Fazem parte deles os custos de combustíveis, lubrificantes, óleo hidráulico, pneus, remuneração de pessoal, manutenção, transporte de pessoal e maquinário e pessoal operacional.

O custo de produção das máquinas foi obtido pela divisão dos custos operacionais ($US\$ \text{ he}^{-1}$) pela produtividade ($m^3 \text{ cc he}^{-1}$) da máquina, tendo sido dado em $US\$ m^3 \text{ cc}$ (dólares por metro cúbico de madeira com casca).

$$CPr = \frac{CT}{Pr od} \quad (4)$$

em que:

CPr = custo de produção da máquina analisada ($US\$ m^3 \text{ cc}$);

CT = custo operacional total da máquina analisada ($US\$ \text{ he}^{-1}$); e

Pr od = produtividade da máquina analisada ($m^3 \text{ cc he}^{-1}$).

O rendimento energético da máquina foi obtido pela razão entre o consumo específico de combustível ($\text{g.kW}^{-1} \text{ h}$) e a produtividade ($m^3 \text{ cc.h}^{-1}$) da máquina, tendo sido dado em $\text{g.kW}^{-1} m^3 \text{ cc}$.

$$RE = \frac{Ce}{Pr od} \quad (4)$$

em que:

RE = rendimento energético da máquina analisada ($\text{g.kW}^{-1} m^3 \text{ cc}$);

Ce = consumo específico de combustível da máquina analisada ($\text{g.kW}^{-1} \text{ h}$); e

Pr od = produtividade da máquina analisada ($m^3 \text{ cc he}^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tempos de arraste do ciclo operacional da máquina nas distâncias de 100 m, 200 m e 300 m são mostrados no Quadro 1. Os resultados demonstram que, com relação ao tempo consumido, o efeito da distância de arraste depende da operação executada.

Os tempos de arraste do ciclo operacional do “skidder” nas produtividades de $100 m^3 \text{ ha}^{-1}$, $200 m^3 \text{ ha}^{-1}$ e $300 m^3 \text{ ha}^{-1}$ são mostrados no Quadro 2. Verificou-se que a interação significativa entre as produtividades analisadas nos tempos consumidos nas operações do ciclo operacional do “skidder”, como pode se observado no Quadro 2. As operações que consumiram a maior parte do tempo do ciclo operacional para produtividade de $300 m^3 \text{ ha}^{-1}$ foram os deslocamentos com e sem carga, seguidos de interrupções de tempo de serviço. Esse tempo é justificado em razão do volume de madeira transportado e o acerto das toras antes do arraste e do acerto das toras. Para a produtividade prevista de $200 m^3 \text{ ha}^{-1}$, os tempos de deslocamento sem carga e com carga, com o tempo de carga e interrupções foram o que mais afetaram o tempo total do ciclo. Já, na faixa de produtividade de $100 m^3 \text{ ha}^{-1}$, o deslocamento sem carga, o encabeçamento e as interrupções não registraram diferenças entre as produtividades analisadas.

Quadro 1 – Tempo médio (s) das operações do “skidder” na produtividade prevista e distâncias de arraste.

| Operações | Distância (m) | | |
|------------------------|---------------|------------|-----------|
| | 100 | 200 | 300 |
| | Tempo(s) | | |
| Deslocamento sem carga | 69,48 ABa | 67,24 Aa | 72,28 Aa |
| Tempo de carga | 87,96 Aa | 52,63 ABa | 44,47 BCa |
| Deslocamento com carga | 55,42 Bb | 61,23 ABab | 72,77 Aa |
| Descarregamento | 16,75 Ca | 23,22 Ca | 23,93 Da |
| Encabeçamento | 24,64 Ca | 24,90 Ca | 25,75 Cda |
| Interrupções | 51,31 Ba | 48,14 Ba | 45,66 Ba |

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

A operação de deslocamento sem carga foi significativa para a distância de 300 m, sendo influenciado pelas condições da trilha, pela declividade do terreno e pela presença de obstáculos, como tocos e sub-bosque. O tempo de carregamento é influenciado pela disposição das madeiras do feixe a ser carregado, ou seja, quanto mais compacto o feixe, menor será a dificuldade de realizar o carregamento e, conseqüentemente, menor o tempo deste elemento. O tempo de carregamento na produtividade prevista de 100 m³ ha⁻¹ foi diferente para as outras produtividades analisadas, indicando haver influência direta do volume no tempo de carregamento.

Quadro 2 – Tempos de arraste (s) do ciclo operacional do “skidder” nas produtividades analisadas.

| Operações | Produtividade (m ³ ha ⁻¹) | | |
|------------------------|--|----------|----------|
| | 100 | 200 | 300 |
| | Tempo(s) | | |
| Deslocamento sem carga | 41,67Ac | 66,84Ab | 100,50Aa |
| Carregamento | 49,41Ab | 66,06Aa | 71,32Ba |
| Deslocamento com carga | 37,60Ac | 59,95ABb | 92,12Aa |
| Descarregamento | 20,28Ba | 32,52Da | 20,34Ca |
| Encabeçamento | 14,68Bc | 42,66CDa | 17,75Ca |
| Interrupções | 45,75Aa | 49,18Ba | 50,60Ba |

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

O tempo de arraste foi influenciado basicamente pelos mesmos fatores que afetam a viagem sem carga. Esse tempo aumentou em razão da distância de arraste e também em razão do volume médio por árvore, pois, aumentando-se este volume, aumenta-se o volume médio do feixe e, conseqüentemente, o volume médio por ciclo, sendo, com

isso, menor a velocidade de deslocamento do “skidder”, em razão do maior volume de carga, e maior o tempo de arraste. O tempo de descarregamento é afetado, pelo espaço físico na margem do talhão onde serão descarregados os feixes e pela habilidade do operador. Observou-se que os tempos de descarregamento foram muito próximos, sendo inferior na produtividade de 100 m³ ha⁻¹. O tempo de encabeçamento dos feixes é influenciado pelo espaço físico existente na margem do talhão, pela habilidade do operador e também foi observado que a altura das cepas influenciou de maneira a desarrumar o feixe, tendo o operador que acertar a base das árvores de modo a facilitar o trabalho da garra traçadora. Para todas as produtividades analisadas somente para a distância de transporte de 100 m foi registrado uma redução significativa dessa operação.

O tempo total médio consumido para completar o ciclo de trabalho do “skidder” foi de 106,93 segundos, 179,19 segundos e 240,77 segundos para as distâncias de 100 m, 200 m e 300 m, respectivamente e estes foram diferentes entre si, conforme o Quadro 3. Contudo, os tempos gastos no ciclo de trabalho nas produtividades de 100 m³ ha⁻¹, 200 m³ ha⁻¹, e 300 m³ ha⁻¹ foram de 285,63 segundos, 279,08 segundos e 305,50 segundos, respectivamente, não apresentando diferenças entre si. Observou-se que o tempo total gasto pelo “skidder” para efetuar o arraste foi afetado pela distância, e o tempo gasto para produzir nas produtividades foram estatisticamente iguais, deixando clara a importância de se trabalhar com esta máquina em floresta de alta produtividade.

Para todas as produtividades estudadas na distância de 100 m, o “skidder” apresentou os melhores tempos nas operações do ciclo operacional. Sendo os maiores rendimentos energéticos registrados para a produtividade de 300 m³ ha⁻¹, quando arrastou os feixes nas distâncias de 100 e 200 m. O volume produzido em média por árvore foi 0,11, 0,18 e 0,31 para os talhões de 100; 200 e 300 m³ ha⁻¹.

Quadro 3 – Tempo gasto(s) nas operações do ciclo operacional do “skidder” de acordo com as produtividades da madeira avaliadas.

| | Produtividade ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) | | |
|-------------|---|----------|---------|
| | 100 | 200 | 300 |
| | Tempo (s) | | |
| Tempo Total | 285,63 a | 279,08 a | 305,5 a |

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Com relação à composição do custo operacional do “skidder” de US\$ 46,15 por hora efetivamente trabalhada. Os custos fixos, neste caso, corresponderam a aproximadamente 22,04%, custos variáveis 73,32% dos custos totais e o custo de administração foi da ordem de 4,62 % dos custos totais .

No Quadro 4, é apresentado o rendimento energético do “skidder” nas produtividades e distâncias

de arraste estudadas. O “skidder” apresentou um consumo específico de combustível de $119,63 \text{ g.kW h}^{-1}$. O custo de produção tendeu a reduzir à medida que o volume de madeira aumenta, e a distancia de arraste diminui. Os custos de produção mostraram diferenças significativas quando o trator trabalhou na produtividade de $300 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ em distâncias iguais ou inferiores a 200 m.

Os custos de produção do “skidder” nas produtividades e distâncias de arraste estão representados no Quadro 5. Os custos foram menores nas produtividades de 200 e $300 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ para a distância de 100 m. O melhor resultado de custo foi verificado para uma floresta de $300 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ com arraste de 100 m de distancia. Os valores evidenciam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tuckey, quando o trator trabalhou na produtividade de $300 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, em distâncias iguais ou inferiores a 200 m. Isso leva a dizer que o custo de produção do “skidder” está diretamente associado com a produtividade da floresta e distância de arraste até 200 m.

Quadro 4 – Rendimento energético ($\text{g kW m}^3 \text{cc}^{-1}$) do “skidder” em função do volume madeira produzido.

| Distância de arraste (m) | Produtividade da floresta ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) | | |
|--------------------------|---|-----|-----|
| | 100 | 200 | 300 |
| | Rendimento energético (g kW m^{-3}) | | |
| 100 | 3,0 | 2,9 | 2,2 |
| 200 | 2,7 | 2,3 | 1,5 |
| 300 | 1,3 | 1,9 | 2,3 |

Quadro 5 – Custo de produção do “skidder” ($\text{US\$ m}^{-3}$) em função da produtividade do talhão.

| Distância de arraste (m) | Produtividade da floresta ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) | | |
|--------------------------|---|------|------|
| | 100 | 200 | 300 |
| | Custo produção ($\text{US\$ m}^{-3}$) | | |
| 100 | 0,96 | 0,78 | 0,55 |
| 200 | 0,62 | 0,96 | 1,12 |
| 300 | 1,26 | 1,21 | 0,93 |

CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

- O custo por hora efetivamente trabalhada pelo “skidder” foi de US\$ 46,15.
- O melhor rendimento energético foi para a distância de 300 m e uma produtividade da floresta de 100 m³ ha⁻¹.
- A produtividade do “skidder” é afetada significativamente pela distância de arraste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

BIRRO, M.H.B. **Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com track -skidder em região montanhosa**. 2002. 19p. Dissertação (Mestrado

em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MIYATA, O.P. Custo operacional de máquinas utilizadas na exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, n.141, p.24-30, 1980.

MOREIRA, F.M.T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. 2000. 148f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R.F.; RUMMER, R. Colheita de madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.82, 2004.

VALVERDE, S.R. **Análise técnica e econômica do subsistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. 1995. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.