



AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO E CUSTO OPERACIONAL DO FORWARDER NA COLHEITA DE EUCALIPTO EM PRIMEIRO E SEGUNDO CORTE

CONEGLIAN, Ademilson¹; BATISTA, Wagner Roberto²; HOKAMA, Luciana F.³; SANTIAGO, Francisco Luiz S.⁴; FENNER, Paulo Torres⁵

RESUMO – (Avaliação do rendimento e custo operacional do forwarder na colheita de eucalipto em primeiro e segundo corte) Propôs-se, como objetivo primeiro deste trabalho avaliar o rendimento operacional do forwarder em dois subsistemas de colheita florestal de madeira curta, de florestas de Eucalyptus. A avaliação técnica dos rendimentos operacionais e dos custos de extração, baseou-se em um estudo de tempos e movimentos. Os tempos de carregamento e descarregamento, corresponderam juntos, a mais de 2/3 do tempo total do ciclo operacional do forwarder, em ambos os subsistemas. O tempo de viagem vazia e viagem carregada foram influenciados diretamente pela distância de extração. O custo de extração de madeira foi menor no subsistema de primeiro corte em comparação ao segundo corte.

Palavras-chaves: colheita florestal, extração de madeira, baldeio e mecanização florestal.

ABSTRACT – (Assessment of the performance and operational cost of the forwarder to harvest eucalyptus in first and second cut) This project aimed to evaluate the forwarder operating income within two timber harvest subsystems in Eucalyptus forests. The technical analysis included studies of time, movements and productiveness. The economic analysis included operating costs and extraction costs parameters. The load and unload time, together, match more than 2/3 of the total operating cycle of the forwarder, in both subsystems. The periods of time of unloaded trip and loaded trip were directly influenced by the extraction average distance to be gone through. The extraction costs were lower in the first harvest compared to the second harvest.

Keywords: timber harvesting, logging cost and forest mechanization.

¹ Engenheiro Florestal, Mestre em Agronomia, Associação Cultural e Educacional de Garça (ACEG)/FAEF Garça, SP, Rua das Flores nº 740, Labienópolis - CEP:17400-000, (14) 34078000, florestal@faef.br

² Físico. Doutor em Agronomia, wrbatista@fca.unesp.br

³ Física, lufeho@fca.unesp.br

⁴ Administrador, santiago@fca.unesp.br

⁵ Engenheiro Florestal, Professor Adjunto, Departamento de Ciências Florestais FCA/Unesp. Botucatu, SP, fenner@fca.unesp.br.

1 INTRODUÇÃO

A colheita florestal é considerada a parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico, trata-se de um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal para explorar e extrair a madeira até o local de transporte ou utilização. Regida por técnicas e padrões estabelecidos com a finalidade de transformá-las em produto final, a colheita é composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento quando executado em campo, extração e carregamento (Santos & Machado, 2001; Machado & Lopes, 2002; Silva, 2003). O carregamento refere-se à colocação da madeira no veículo para o transporte principal ou para a extração; enquanto o descarregamento é a retirada da madeira do veículo para o transporte principal ou para extração, no local de utilização final ou em pátios especiais (Seixas, 2002).

De acordo com Machado (1989), a exploração e o transporte representam 50% ou mais, do total dos custos finais da madeira posta na indústria. Portanto, faz-se necessária a procura de técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira

mais racionais, visando o maior aproveitamento do material lenhoso (Jacovine *et al.*, 2001).

Dentre essas novas técnicas a mecanização das atividades de colheita vem ganhando destaque nos últimos anos, principalmente com o uso do forwarder; esta máquina, também conhecida como trator florestal transportador, é equipada com grua e compartimento de carga, e tem como função retirar a madeira de dentro dos talhões levando-a para os pátios ou para as margens das estradas; seu uso comum é em sistemas mecanizados, em que o corte e o processamento das árvores são realizados por um harvester. Os forwarders podem ser dotados de sistemas de pneus tandem ou esteiras, com chassi articulado possibilitando a diminuição do raio de giro nas manobras dentro do talhão, apresentado (Lima & Leite, 2002).

Santos (1995) relata que o forwarder apresenta o tempo de carga como o elemento que consome a maior parte do ciclo operacional; sua produtividade cresce a medida que o volume por árvore aumenta e a distância de extração diminui, e decresce na situação inversa.

O objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento operacional do forwarder em dois subsistemas de colheita florestal em florestas de *Eucalyptus*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho estudou a operação de extração de madeira e avaliaram dois subsistemas de colheita florestal de toras curtas, com comprimento médio 6 metros, com casca.

O subsistema 1 foi estudado em uma floresta de *Eucalyptus grandis* de primeiro corte proveniente de semente com idade de 6 anos, localizada no município de Botucatu, SP, nas coordenadas geográficas de latitude 22° 55' 51,7" S e longitude 22° 55' 51,7" W, e a altitude de 853m acima do nível do mar. O solo predominante nesta região foi classificado como médio arenoso, a colheita foi realizada com harvester, o eito de derrubada era composto de 4 linhas paralelas de árvores e a derrubada era feita na direção das árvores em pé, sendo sua base puxada para a área já cortada. Os toretes se dispunham perpendicularmente ao alinhamento do plantio, formando feixes ao longo do eito. A copa e os galhos das árvores eram colocados nas entrelinhas, na frente do

harvester, que trafegava sobre esses resíduos da colheita.

O subsistema 2 foi estudado em uma floresta de *Eucalyptus grandis* de segundo corte proveniente de semente com sete anos após o primeiro corte, localizada no município de Bofete, SP, nas coordenadas geográficas de latitude 23°10'27,6" S, longitude 48°17'04,2" W, e a altitude de 756m acima do nível do mar. O solo predominante na região foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, textura média arenosa. Realizou-se a colheita com feller-buncher e processador florestal; o feller-buncher cortava e acumulava as árvores, depositando-as na forma de feixes ao longo do eito de corte. Este eito de corte era composto por quatro linhas de árvores. A derrubada dos feixes de árvores foi direcionada para o lado oposto das árvores em pé, formando ângulo de aproximadamente 45° em relação ao alinhamento de plantio.

Efetuiu-se o processamento dos feixes de árvores no próprio eito de corte, aproximadamente 20 dias após o corte, atividade esta efetuada pelo processador florestal, que também realizou as atividades de desgalhe, destopamento e traçamento

deslocando-se no sentido oposto ao de deslocamento do feller-buncher.

Nos dois subsistemas a extração da madeira era realizada com o forwarder. O deslocamento do forwarder ficou concentrado na mesma linha de tráfego das demais máquinas de colheita que o precederam, ou seja, por onde o harvester ou o feller-buncher e o processador haviam trafegado.

O forwarder utilizado foi um trator florestal transportador marca Valmet, modelo 890.2/ 6WD com tração 6x6.

O forwarder sem carga apresentava 16.800 kg e a capacidade de carga era de 18.000 kg e era equipado com motor modelo Sisu, Diesel 74 ETA 6 cilindros, turbo alimentado com intercooler, potência 170 kW DIN (230 hp); sua velocidade máxima foi de 24 km/h e consumo médio de 23 litros de combustível/hora; o forwarder estava equipado com pneus frontais 700/70 x 34, e de pneus traseiros 650/65 x 26.5; a grua, tipo CRANAB CRF 14 com alcance de 7,5 m; era equipada com uma garra tipo CRANAB com capacidade de 0,36m³; enfim o compartimento de carga, que originalmente tinha capacidade de 15 m³, foi aumentado pela empresa Duratex para 21 m³.

Segundo a planilha de campo do operador, o forwarder foi utilizado, efetivamente 392 horas por mês em média, apresentando custo horário de R\$131,89 por hora efetiva; e o custo representava 50,52% de custos fixos e 49,48% de custos variáveis.

A amostragem do estudo de tempos seguiu a metodologia proposta por Barnes (1968). O estudo piloto dos subsistemas para definir o número de observações necessárias para um erro de amostragem máximo de 5%, foi calculado com base na expressão (1).

$$n \geq \frac{t^2 + (CV)^2}{E^2}$$

(1)

em que:

n – número mínimo de ciclos necessários;

t – valor de t , para nível de probabilidade desejado e $(n - 1)$ graus de liberdade;

CV – coeficiente de variação, em porcentagem;

E – erro admissível, em porcentagem.

No subsistema 1 o número mínimo calculado de ciclos necessário foi de 1,92, sendo avaliados 5 ciclos; já no subsistema 2, o número mínimo calculado de ciclos necessário foi de 3,26, avaliando-se 8 ciclos.

Sabendo-se o número de observações necessárias e se levando em consideração as faixas de trabalho utilizadas pela empresa,

definiu-se o tamanho experimental de cada subsistema. Realizou-se o censo de cada parcela, obtendo-se o número de árvores,

área, DAP, altura, volume e idade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Características dendrométricas das parcelas experimentais

Subsistema	Colheita	Idade (anos)	Árvores/ha	Área da parcela (m ²)	DAP médio (cm)	Altura média (m)	Volume médio (m ³ /ha)
1	1º Corte	6	1341	4650	14,90	23,60	265,68
2	2º Corte	7	1476	3150	11,80	22,22	214,66

Para a coleta de dados os eitos foram medidos e subdivididos em classes de distâncias de extração. A cada ciclo foram anotadas as distâncias da viagem vazia, de carregamento, da viagem com carga e o volume de madeira carregada. E também foram medidos os tempos de viagem vazia, carregamento, viagem carregada e descarregamento.

Para a análise técnica do forwarder de cada subsistema, baseou-se na determinação dos tempos através do método de tempo. No estudo foram utilizados um cronômetro sexagesimal, uma prancheta e formulários específicos, nos quais se registraram os dados (Barnes, 1968; Fenner, 2001).

A produtividade foi determinada em m³ com casca por hora efetiva de trabalho, conforme a expressão (2).

$$P = \frac{N \cdot V}{h}$$

(2)

em que:

P – produtividade (m³.h⁻¹);

N – número de árvores;

V – volume por árvore (m³).

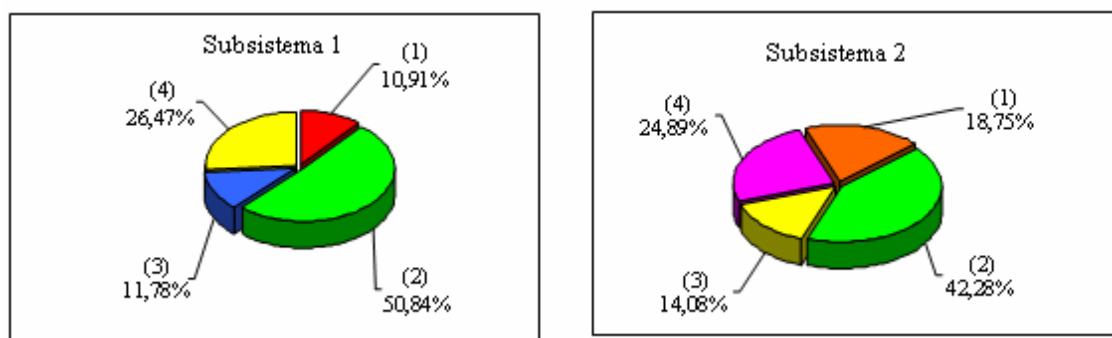
A variável N foi definida através do censo; a variável V foi informada pela empresa Duratex; a variável h corresponde às horas efetivas empregadas em cada parcela experimental, obtida por meio de estudo de tempos e movimentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A constituição média dos elementos do ciclo operacional do forwarder nos subsistemas analisados é mostrada na Figura 1, e esses valores correspondem a um ciclo operacional de extração com distância média de 164,58 m para o subsistema 1 e 281,25 m para o subsistema 2. O ciclo operacional

total do forwarder foi, em média, de 14 e 15h e 7 minutos, respectivamente, nos subsistemas 1 e 2. Apresentam-se na Figura

1 as percentagens de tempo do ciclo operacional dos dois subsistemas.



(1) Viagem sem carga; (2) Carregamento; (3) Viagem com carga : (4) Descarregamento

Figura 1 – Composição porcentual do tempo do ciclo operacional do Forwarder dos subsistemas 1 e 2

Verifica-se que, juntos, os tempos de viagem sem carga e de viagem com carga corresponderam a 22,69% para o subsistema 1 e 32,83 % para o subsistema 2. Supõem-se, daí, que a diferença de 10,14% seja devido ao fato da distância máxima de extração ser maior no subsistema 2; além disso, o DAP médio no subsistema 2 era inferior ao do subsistema 1; observou-se, também, que no subsistema 2, floresta de segundo corte, a acomodação dos toretes no compartimento de carga não permitiu completar a capacidade máxima de volume do forwarder.

Tanto o carregamento quanto o descarregamento consumiram menos tempo no subsistema 2 em relação ao subsistema 1;

a atividade de carregamento consumiu, em média, 50,84% no subsistema 1 e 42,28% no subsistema 2; já a atividade de descarregamento consumiu em média 26,47% no subsistema 1 e 24,89% no subsistema 2. Embora Santos & Machado (2001) tenham relatado valores similares, pode-se supor que neste caso a diferença seja devido ao menor volume por ciclo no subsistema 2 em relação ao subsistema 1.

Não se consideras interrupções operacionais, tais como acomodar a carga no forwarder, a pilha formada na margem do talhão e a limpeza das estradas, ou seja, os resultados se referem ao tempo efetivo.

A velocidade média do deslocamento do forwarder sem carga e com carga é apresentada na Figura 2; a dois subsistemas as velocidades médias com carga foram maiores que as sem carga; no subsistema 1 a velocidade média de deslocamento sem carga foi de 4,49 e com carga de 6,68 km h⁻¹. Já no subsistema 2 a velocidade média de deslocamento sem carga foi de 5,19 km h⁻¹ e com carga 7,21 km h⁻¹. Verifica-se também que tanto a velocidade sem carga quanto a velocidade com carga foram maiores no subsistema 2 em relação ao subsistema 1; a velocidade média sem carga no subsistema 1

foi de 4,49 km h⁻¹ e no subsistema 2 de 5,19 km h⁻¹. Entretanto, através da análise de variância a 10 % de probabilidade, não existe diferença estatisticamente significativa entre as velocidades médias, seja na comparação dentro dos subsistemas ou entre eles. Observou-se, no subsistema 1, maior quantidade de resíduos da colheita com a presença de galhada, que pode ter afetado a velocidade do deslocamento. Deve-se lembrar também, que no subsistema 1 o volume de madeira transportada por ciclo era maior que no subsistema 2, fato que pode ter influenciado a velocidade.

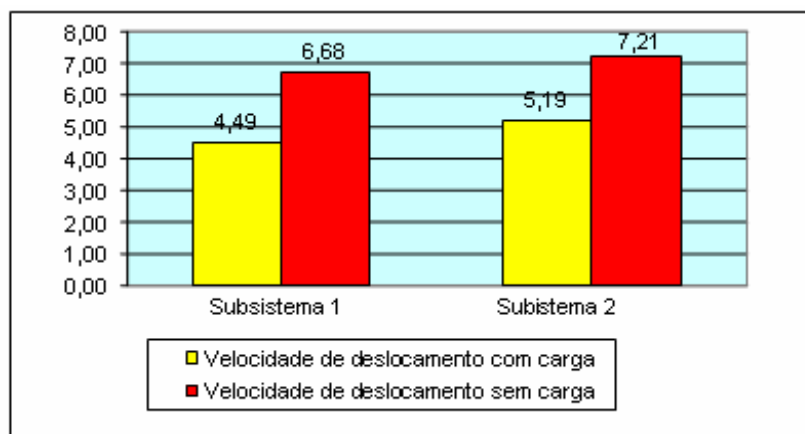


Figura 2 – Velocidade média (km/h) para os deslocamentos do forwarder sem e com carga.

De acordo com os dados do fabricante, a velocidade máxima do forwarder é de 24 km h⁻¹, já em baixa velocidade, ou seja, mantendo sua máxima

capacidade de tração, a velocidade máxima é de 8,5 km h⁻¹; verifica-se, então que as velocidades médias se mantiveram de acordo com a recomendação do fabricante.

A declividade longitudinal nos ramais do subsistema 1 variou de 2 a 8% e a declividade transversal variou de 1 a 6%; enquanto no subsistema 2 a declividade longitudinal variou de 2 a 3% e a transversal, de 0 a 4%. Verifica-se, desta forma, que as declividades em aclave e em declive das áreas estudadas não ultrapassaram os limites citados por Seixas (1987) e Souza *et al.* (1988), segundo os quais os forwarders podem trabalhar em terrenos acidentados com aclives de até 30% e com declives de até 60%. Pode-se supor, no entanto que as declividades mais acentuadas verificadas no subsistema 1 tenham influenciado a velocidade uma vez que neste subsistema foram observadas as menores velocidades médias do forwarder, tanto no deslocamento sem carga quanto no com carga.

A Figura 3 apresenta as correlações entre o tempo de deslocamento com e sem carga e a distância de extração. Vê-se que o tempo de deslocamento do subsistema 2 é mais afetado pela distância de extração tanto sem carga quanto com carga, que o subsistema 1.

A distância de carregamento, ou seja, a distância que o forwarder percorreu ao longo do eito, efetuando a coleta dos toretes

até completar a carga, variou de 25 até 75 metros; condições em que se verificou que não houve diferença estatisticamente significativa entre a distância de carregamento e o tempo de carregamento. Por outro lado, constatou-se que o tempo de carregamento é diretamente proporcional ao volume carregado.

O rendimento operacional do forwarder em metros cúbicos com casca por hora efetiva de trabalho foi, de 85,56 m³/h para o subsistema 1 e de 77,08 m³/h no subsistema 2.

A análise de variância do rendimento operacional dos subsistemas 1 e 2 é apresentada na Tabela 2.

Estabelecidas as interações estatísticas entre os dados dos subsistemas 1 e 2, obteve-se um $F_{Calculado} = 4,211141$ (maior que o $F_{Crítico}$) e $valor-P = 0,06474$ reforçando que, a nível de 10% não há compatibilidade entre os subsistemas.

A Figura 4 permite visualizar a correlação entre o rendimento operacional e a distância de extração. Verifica-se, nos dois subsistemas estudados, que o rendimento operacional do *forwarder* diminui em função da distância de extração e que o rendimento operacional do subsistema 1 é mais afetado pela distância de extração.

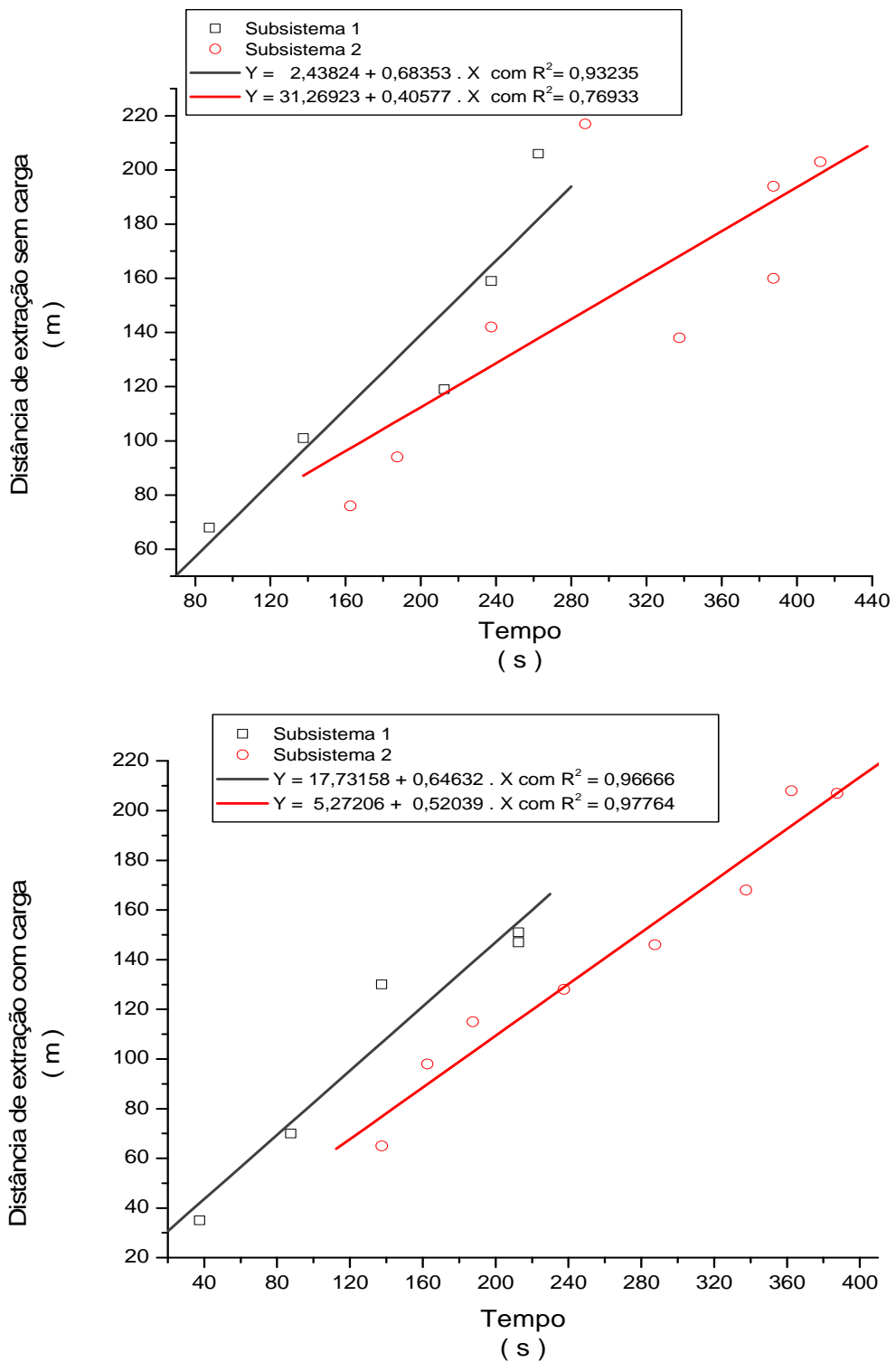


Figura 3 – Correlação entre a distância de extração com e sem carga e o tempo nos dois subsistemas.

Tabela 2 – Dados médios da análise de variância do rendimento operacional no subsistema 1 e no subsistema 2

Resumo						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
Subsistema 1	5	429,0584	85,81168*	63,24407		
Subsistema 2	8	607,0685	75,88356*	77,03415		
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	303,2846	1	303,2846	4,211141	0,06474	3,225196
Dentro dos grupos	792,2153	11	72,01957			
Total	1095,5	12				

* diferença significativa a nível de 10 %

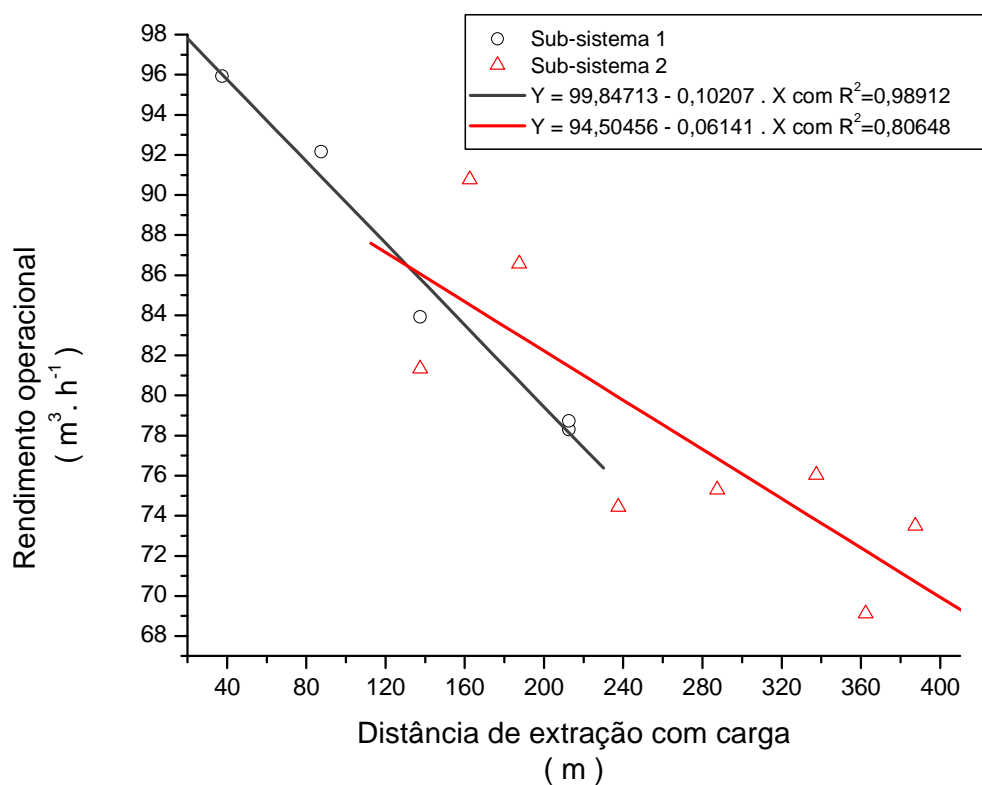


Figura 4 – Rendimento operacional em função da distância de extração com carga.

Apresentam-se, na Tabela 3, os rendimentos e os custos operacionais. Ressalta-se que os resultados se referem ao rendimento efetivo. O custo operacional de extração no subsistema 1 foi de R\$1,54/m³ e no subsistema 2 foi de R\$1,71/m³; já o rendimento operacional do subsistema 1 foi de 85,56 m³.h⁻¹ e do subsistema 2 foi de 77,08 m³.h⁻¹. Esses resultados permitem afirmar que quanto maior o rendimento operacional menor o custo de extração da madeira. Resultado que condiz com a afirmação de Santos & Machado (1995), segundo os quais o custo de colheita florestal decresce a medida em que aumenta o rendimento operacional.

Tabela 3 – Rendimento e custos de extração de madeira com forwarder

Subsistemas	Custos operacionais (R\$.h ⁻¹)	Rendimento operacional (m ³ .h ⁻¹)	Custo de extração (R\$.m ⁻³)
1	131,89	85,56	1,54
2	131,89	77,08	1,71

As condições de trabalho do subsistema 1 foram diferentes quando comparadas as do subsistema 2, entretanto, a diferença no custo de extração da madeira pelo forwarder foi de apenas R\$0,17 por metro cúbico entre os dois subsistemas.

Malinovski *et al.* (2002) afirmam que a declividade do terreno, as condições climáticas e os aspectos do povoamento são algumas variáveis determinantes da produtividade e dos custos operacionais.

4 CONCLUSÕES

Os tempos de carregamento e descarregamento, juntos, corresponderam a mais de 2/3 do tempo total do ciclo operacional do forwarder em ambos os subsistemas.

O tempo de carregamento é diretamente proporcional ao volume carregado, ou seja, o tempo de carregamento aumenta com o aumento do volume de madeira carregado pelo forwarder.

Quanto maior a distância de extração da madeira menor o rendimento operacional do forwarder, em ambos os subsistemas.

A distância de carregamento não afetou o tempo de carregamento.

O rendimento operacional do forwarder foi maior no primeiro corte (85,56 m³/h) em comparação com o segundo corte (77,08 m³/h).

O custo de extração foi menor no primeiro corte (R\$ 1,54/m³) em comparação com o segundo corte (R\$ 1,71/m³).

A velocidade média do forwarder não varia em função do subsistemas e do volume de carga embarcada.

5 REFERÊNCIAS

- Barnes, R.M. **Motion and time study: Design and measurement of work**. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, 1968. 799p.
- Fenner, P.T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Notas de aula: Disciplina Colheita e Transporte de Madeira. Botucatu: Unesp, 2001. 14p.
- Lima, O. S.; Leite, A. M. P. Mecanização. In: Machado, C. C. (org). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p.33-54.
- Machado, C. C.; Lopes, E. S. Planejamento, In: Machado, C. C. (Org). **Colheita Florestal**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468p.
- Machado, C. C.; Lopes, E. S. **Exploração florestal**. 6 ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1985, 60p.
- Santos, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. 1995. 99f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, UFV.
- Santos, S. L. M.; Machado, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com *forwarder* em diferentes volumes por árvore e comprimentos de toras. **Revista Madera Y Bosque**, v.7, n.2, p.87-94, 2001.
- Seixas, F. **Transporte de madeira**. Cultivar Máquinas, v.14, p.6-9, 2002.
- Seixas, F. **Exploração e transporte de *Eucalyptus spp.*** Piracicaba: IPEF, 1987.
- Souza, A. P.; Minettee, L. J.; Machado, C. C.; Rezende, J. L. P. Estudo técnicoeconômico da extração de madeira de *eucalyptus* utilizando o trator florestal transportador (“*forwarder*”). **Revista Árvore**, v.12, n.2, p.87-99, 1988.
- Silva, J. R. **Compactação do solo exercida por tráfego de colheita e transporte de madeira**. Botucatu: fca/Unesp 2003. 134p. Tese (Doutorado/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2003.
- Jacovine, L. A. G.; Machado, M. M.; Souza, A. P.; Leite, H. G.; Minetti, L. J. Avaliação a perda de madeira em cinco sistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.463-470, 2001.
- Malinovski, J. R. et al. Sistemas. In: Machado, C. C. (org). **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, p.145-167, 2002.