

EFEITO DE VARIÁVEIS OPERACIONAIS NA PRODUTIVIDADE DE UM HARVESTER DE PNEUS NO DESBASTE DE PINUS

Eduardo da Silva Lopes^{1*}; Bruna Letícia Roza²; Felipe Martins de Oliveira³

^{1*} Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia Florestal, Irati, Paraná, Brasil - eslopes@cnpq.br

² Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia Florestal, Irati, Paraná, Brasil - bruh.lr@hotmail.com

³ Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia Florestal, Irati, Paraná, Brasil - eng.oliveirafm@gmail.com

Recebido para publicação: 07/03/2017 – Aceito para publicação: 16/10/2017

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da declividade do terreno, volume da árvore e tempo do ciclo operacional na produtividade de um *harvester* de pneus no desbaste de povoamento de pinus. O estudo foi realizado em uma empresa florestal no estado do Paraná, em povoamento de *Pinus taeda* L. submetido ao primeiro desbaste comercial aos 10 anos de idade, o qual foi realizado de forma sistemática na 7ª linha de plantio e seletivo nas linhas adjacentes. Foi realizado um estudo de tempos e movimentos da operação de corte pelo método de cronometragem de tempos contínuos, determinando-se a disponibilidade mecânica, a eficiência operacional e a produtividade. Foram ajustados modelos para estimar a produtividade da máquina em função do volume médio individual das árvores e do tempo do ciclo operacional em diferentes declividades do terreno. Os resultados mostraram que a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional média foram de 91% e 83%, respectivamente. A produtividade média da máquina foi de 15,4 m³/he, não apresentando diferença significativa entre as declividades do terreno. Houve aumento significativo da produtividade da máquina no corte de árvores com volume médio acima de 0,19 m³. As variáveis declividade do terreno, volume da árvore e tempo do ciclo operacional explicaram 69% da produtividade do *harvester* na execução do corte em povoamentos de pinus submetidos ao primeiro de desbaste, podendo tais informações ser usadas no planejamento das operações florestais.

Palavras-chave: Corte florestal; desbaste mecanizado; produtividade.

Abstract

Effect of operational variables on the productivity of a harvest of tire in thinning of pine. The aim of this study was to evaluate the effect of terrain slope, tree volume and time of the operational cycle on the productivity of a wheeled harvester in the thinning of a pine stand. The study was in a *Pinus taeda* L. plantation under first thinning at 10 years old, carried out systematically at 7th row and selective in adjacent rows, conducted in a forestry company in Paraná, Brazil. A motion and time study of the cutting operational cycle was carried out, determining the mechanical availability, operational efficiency and productivity. Models were fitted to estimate the machine productivity in function of average volume of individual trees and time of operational cycle in the different slope conditions. The results showed that the average mechanical availability and operational efficiency were 91% and 83%, respectively. The machine average productivity was 15.4 m³/eh, with no significant difference between the terrain slopes. There was significant increase in productivity of machine at the cut trees with average volume above 0.19 m³. The terrain slope, tree volume and time of the operational cycle variables explained 69% of the harvester productivity in the cutting of pine stands submitted to the first thinning. These information can be used in the planning of forestry operations.

Keywords: Forest cutting; thinning mechanized; productivity.

INTRODUÇÃO

No Brasil, existem aproximadamente 7,8 milhões de hectares cobertos por florestas plantadas, sendo 71,8% por espécies do gênero eucalipto e 20,5% por espécies do gênero pinus, além de outras espécies cuja madeira é destinada para a produção de celulose e papel, chapas, energia, carvão vegetal, painéis, dentre outros produtos e subprodutos (IBÁ, 2016). Para a obtenção de elevada rentabilidade na produção da madeira destinada às serrarias ou processo de laminação, os povoamentos florestais necessitam ser manejados por meio da aplicação do desbaste, que consiste na remoção de uma porcentagem de árvores do povoamento de modo a favorecer o crescimento em volume e qualidade das árvores remanescentes. O desbaste tem ainda por objetivo diminuir a competição entre as plantas, disponibilizando maior quantidade de recursos às árvores remanescentes

e fazendo com que elas apresentem maior taxa de crescimento e qualidade no processo industrial (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Entretanto, a eliminação de algumas árvores por meio do desbaste mecanizado é um processo complexo e de elevado custo, devido aos espaços reduzidos existentes no interior do povoamento para o deslocamento das máquinas de colheita da madeira, podendo ainda oferecer maior risco de danos nas árvores remanescentes. Além disso, as operações de colheita mecanizada da madeira em povoamentos submetidos ao desbaste são afetadas por diversos fatores, podendo ser citados o tamanho dos talhões, a distância de extração, a declividade do terreno, a experiência do operador, o tipo de máquina, as características do povoamento (espécie, espaçamento, volume individual das árvores, volume por hectare), o modelo e a intensidade do desbaste, os sortimentos, etc. (OLIVEIRA *et al.*, 2009; LEONELLO *et al.*, 2012; SEIXAS e BATISTA, 2014; BARBOSA *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2016).

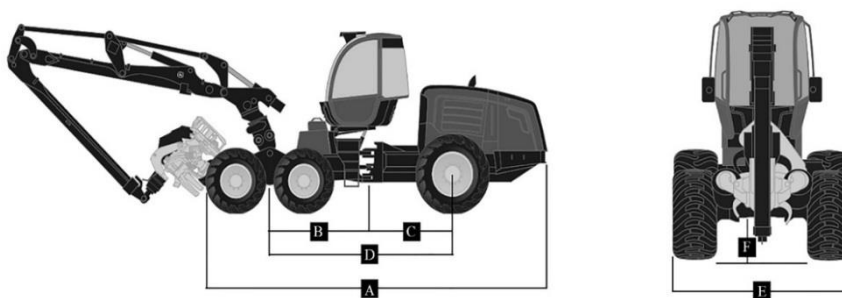
Dentre as variáveis que afetam a produtividade e os custos das operações de corte da madeira, Burla *et al.* (2012) e Leite *et al.* (2013) citam como principal o volume individual das árvores e a declividade do terreno. Porém, todos os estudos foram realizados em povoamentos em regime de corte raso. Portanto, torna-se necessária a realização de estudos visando o conhecimento dessas variáveis para o planejamento eficiente das operações mecanizadas e a redução dos custos de produção em povoamentos submetidos ao desbaste. Além disso, a obtenção de estimativas de produtividade das máquinas na execução do desbaste em diferentes condições operacionais se mostra de grande importância, pois não há muitas informações nos povoamentos submetidos ao desbaste. Sendo assim, pode contribuir com os gestores no planejamento e execução eficiente das operações florestais. Neste sentido, dentre as ferramentas disponíveis para estimativas de produtividade, citam-se os modelos estatísticos, que poderão estimar a produtividade do corte com o *harvester* em povoamentos florestais, os modelos propostos por Leite *et al.* (2013), MacDonagh *et al.* (2013), Robert *et al.* (2013) e Seixas e Batista (2014).

Diante disso, objetivou-se, neste estudo, avaliar o efeito da declividade do terreno, volume da árvore e tempo do ciclo operacional na produtividade de um *harvester* de pneus no corte de um povoamento de pinus submetido ao primeiro desbaste, contribuindo, assim, para o planejamento das operações, aumento de produtividade e redução de custos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma empresa florestal localizada na região Centro-Oeste do estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas 25°25'46" S e 50°00'23" W, com clima classificado como subtropical úmido mesotérmico Cfb (Köppen-Geiger), temperatura média entre 18 e 22 °C e altitude média de 1.150 m.

O experimento foi instalado em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos ao primeiro desbaste comercial, com idade de 10 anos, espaçamento de 2,5 x 2,5 m e densidade de 1.600 árvores por hectare. Foi estudado o corte florestal com o *harvester* (Figura 1) com rodados de pneus, tração 6x6, potência do motor de 228 hp, alcance da grua de 11,7 m e equipado com cabeçote com diâmetro máximo de corte de 65 cm (Figura 1). O *harvester* realizava a derrubada das árvores, seguido pelo processamento e empilhamento das toras no interior do povoamento para posterior extração da madeira com o *forwarder*.

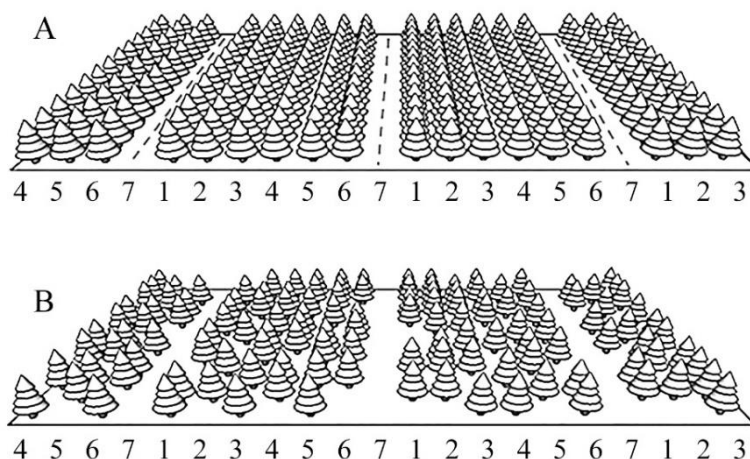


em que: A = comprimento (7,55 m); B = Eixo dianteiro à articulação central (2,15 m); C = Articulação central ao eixo traseiro (1,90 m); D = Distância entre eixos (4,05 m); E = Largura (2,75 a 2,96 m); F = Vão livre do solo à articulação central (0,64 m).

Figura 1. *Harvester* de pneus utilizado no corte florestal.

Figure 1. Wheeled *harvester* used in forest cutting.

O desbaste do povoamento estudado foi realizado pelo método combinado (sistemático e seletivo). No desbaste sistemático, foram retiradas as árvores da 7ª linha do plantio, possibilitando a entrada da máquina no interior do povoamento e perfazendo uma remoção de 15% das árvores. O desbaste seletivo foi realizado pela retirada de 35% das árvores nas três linhas adjacentes às trilhas de tráfego da máquina (sistemático), totalizando uma remoção de 50% das árvores do povoamento (Figura 2).



em que: A = povoamento antes do desbaste; B = povoamento pós-desbaste.

Figura 2. Esquema para a execução do desbaste sistemático e seletivo no povoamento.

Figure 2. Scheme for execution of systematic and selective thinning in the stand.

As árvores foram processadas em toras com três classes de sortimentos: (1) toras destinadas para celulose com diâmetro entre 8,0 e 18,0 cm e comprimento de 2,40; (2) toras destinadas para serraria com diâmetro entre 18,1 e 23,0 cm e comprimento de 1,90 m; e (3) toras destinadas para laminação com diâmetro acima de 23,0 cm e comprimento de 2,60 m. O estudo foi conduzido em talhões experimentais, contemplando três classes de declividade do terreno: 0 a 10°, 10,1 a 20° e 20,1 a 30° e três classes de volume médio individual (VMI): 0,17 a 0,19 m³; 0,20 a 0,21 m³ e 0,22 a 0,23 m³, em função da baixa amplitude do volume das árvores previamente selecionadas para remoção no primeiro desbaste.

Inicialmente, foi realizado um estudo de tempos e movimentos piloto para definição do número mínimo de ciclos operacionais necessários para execução do corte com o *harvester*, de modo a proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, conforme metodologia proposta por Barnes (1977):

$$n \geq \frac{t^2 \times CV^2}{E^2}$$

em que: n = número mínimo de ciclos necessários; t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado em (n-1) graus de liberdade; CV = coeficiente de variação, em porcentagem; e E = erro admissível de 5%.

Em seguida, foi realizada a coleta dos dados na operação de corte, por meio de um estudo de tempos e movimento e uso de um operador devidamente treinado e experiente na execução da operação de desbaste. Foi utilizado o método de cronometragem de tempos contínuos, no qual o ciclo operacional de corte do *harvester* foi subdividido nas atividades parciais de Busca (BU): tempo consumido pela movimentação da máquina e cabeçote em direção à árvore a ser derrubada; Corte (CO): tempo consumido pelo acionamento do sabre e corte da árvore; Tombamento (TO): tempo consumido pela queda da árvore; Processamento (PR): tempo consumido no processamento (desgalhamento, destopamento, traçamento e empilhamento) da árvore; Deslocamento (DM): tempo consumido pelo deslocamento da máquina entre as árvores; e Interrupções (INT): tempos em que a máquina não realizava nenhuma das atividades citadas anteriormente.

A disponibilidade mecânica foi obtida pela porcentagem do tempo em que a máquina esteve disponível para o trabalho, desconsiderando os tempos em manutenções preventivas e corretivas, por meio da seguinte fórmula proposta por Berard (1970):

$$DM = \frac{HTP-HIM}{HTP} \times 100$$

em que: DM = grau de disponibilidade mecânica (%); HTP = tempo de trabalho programado (horas); e HIM = tempo de interrupção mecânica (horas).

A eficiência operacional foi obtida pela porcentagem do tempo efetivamente trabalhado pela máquina em relação ao tempo total programado por meio da seguinte fórmula (BERARD, 1970):

$$EO = \frac{HTE}{(HTP)} \times 100$$

em que: EO = eficiência operacional (%); HTE = tempo de trabalho efetivo (horas); e HTP = tempo de trabalho programado (horas).

A produtividade do *harvester*, em metros cúbicos de madeira com casca, foi obtida por meio da multiplicação das árvores cortadas pelo volume médio individual, obtendo-se o volume cortado e sendo, posteriormente, divididas pelas horas efetivas de trabalho conforme fórmula citada por Seixas e Batista (2014):

$$P = \frac{V}{T}$$

em que: P = Produtividade (m³cc/he); V = volume total de árvores cortadas; T = tempo efetivo de trabalho (horas).

Os dados de produtividade efetiva do *harvester* na execução do corte foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey nas diferentes declividades do terreno e volume médio individual das árvores. Foi analisado o efeito das variáveis volume individual das árvores e tempo do ciclo operacional (variáveis independentes) na produtividade do *harvester* (variável dependente) por meio de modelos de regressão linear descritos na Tabela 1 (BURLA, 2012; SEIXAS E BATISTA, 2014).

Tabela 1. Modelos utilizados nas estimativas de produtividade do *harvester* em função das variáveis “volume individual das árvores” e “tempo do ciclo operacional”.

Table 1. Models used for estimating harvester productivity according to the variables "tree individual volume" and "operational cycle time".

Modelo	Número	Autor
$P = \beta_0 + \beta_1 \times (Vi^2 \times TC)$	(1)	<i>Spurr</i>
$P = \beta_0 + \beta_1 \times Vi^2 + \beta_2 \times (Vi^2 \times TC) + \beta_3 \times TC$	(2)	<i>Ogaya</i>
$P = \beta_0 + \beta_1 \times Vi + \beta_2 \times Vi^2 + \beta_3 \times (Vi \times TC) + \beta_4 \times (Vi^2 \times TC) + \beta_5 \times TC$	(3)	<i>Meyer</i>

em que: P = produtividade (m³/he); Vi = volume individual das árvores (m³); TC = tempo do ciclo operacional (s); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = coeficientes do modelo.

A definição dos modelos testados não contemplou a variável declividade do terreno por esta não apresentar diferença significativa na produtividade da máquina. Na avaliação dos ajustes dos modelos foi utilizado o coeficiente de determinação (R²), o erro padrão percentual (Syx%) e a análise gráfica de resíduos.

RESULTADOS

Foram estudados um total de 1.378, 1.264 e 1.189 ciclos operacionais da operação de corte, atendendo-se às exigências mínimas definidas pelo estudo piloto de 287, 402, e 353 ciclos nas classes de declividade de 0 a 10°, 10,1 a 20° e 20,1 a 30° e de 657, 343 e 293 ciclos operacionais nas classes de VMI de 0,17 a 0,19 m²; 0,20 a 0,21 m² e 0,22 a 0,23 m², respectivamente.

A distribuição percentual dos tempos parciais do ciclo operacional do *harvester* no corte e processamento da madeira no povoamento submetido ao desbaste é apresentada na Figura 3.

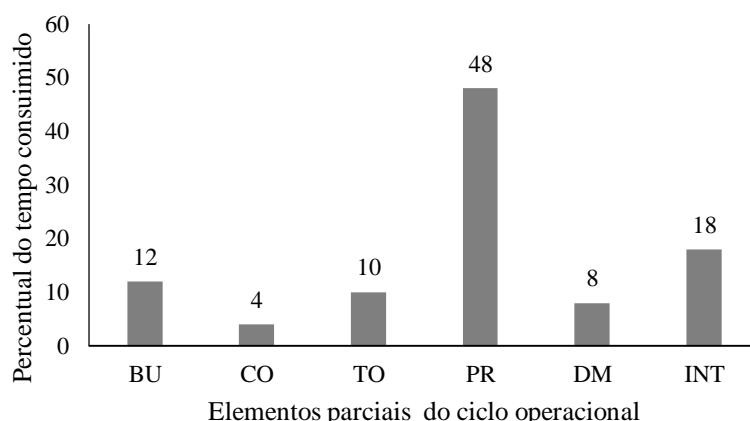


Figura 3. Distribuição percentual dos tempos do ciclo operacional do *harvester* na execução do desbaste.
 Figure 3. Distribution of percentage of times of the harvester operating cycle on the thinning accomplishment.

A atividade parcial que consumiu o maior tempo foi o processamento das árvores, com valores próximos a 50% do tempo total, sendo afetado pela necessidade de produção de toras com diferentes sortimentos. Em seguida, destacaram-se os elevados tempos de interrupções, que consumiram 18% do tempo total do ciclo operacional, ocasionado, principalmente, pelos deslocamentos da máquina ao finalizar o corte de cada ramal no interior do povoamento (composto por uma linha de desbaste sistemático e seis linhas de desbaste seletivo). É importante ainda ressaltar o efeito do desbaste no tempo da atividade parcial de busca, que consumiu 12% do tempo total do ciclo operacional.

A disponibilidade mecânica e a eficiência operacional média do *harvester* foram de 91% e 83%, respectivamente. Na Figura 4, é mostrado o comportamento do tempo médio do ciclo operacional e a produtividade do *harvester* no corte das árvores nas diferentes classes de declividade do terreno e volume médio individual das árvores.

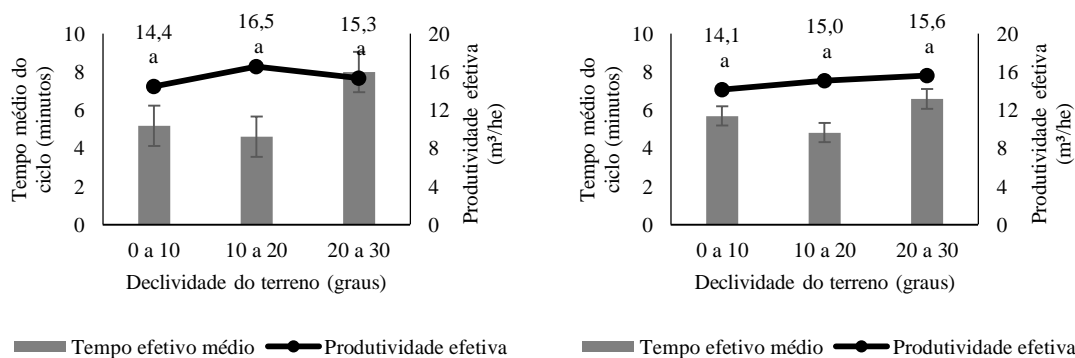


Figura 3. Tempo médio do ciclo operacional e produtividade do *harvester* no corte do povoamento submetido ao desbaste nas diferentes classes de declividade do terreno e volume médio individual das árvores.

Figure 4. Average time of operational cycle and productivity of harvester on the cutting of the stand submitted to thinning in different slopes and individual average volume of trees.

A produtividade média do *harvester* variou de 14,4 a 16,5 m³/he nas diferentes declividades do terreno, porém sem apresentar diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Por outro lado, ao analisar o efeito do VMI na produtividade da máquina, nota-se que houve uma diferença significativa a partir da classe de 0,19 m³ em relação à classe inferior, ao nível de 95% de probabilidade. Nota-se, portanto, o efeito do VMI na produtividade do *harvester* na execução do desbaste, como ocorre no corte raso. Além disso, deve-se considerar o fato da máquina ocupar em torno de 50% do tempo realizando o processamento da madeira, sugerindo o maior efeito do VMI na produtividade da máquina quando comparado à declividade do terreno, pois esta se relacionaria mais em relação à busca e derrubada das árvores quando comparado ao deslocamento da máquina no interior do talhão.

O comportamento da produtividade do *harvester*, em função do volume médio individual para cada árvore processada, é apresentado na Figura 5. Pode-se notar um aumento na produtividade nas maiores classes de volume individual.

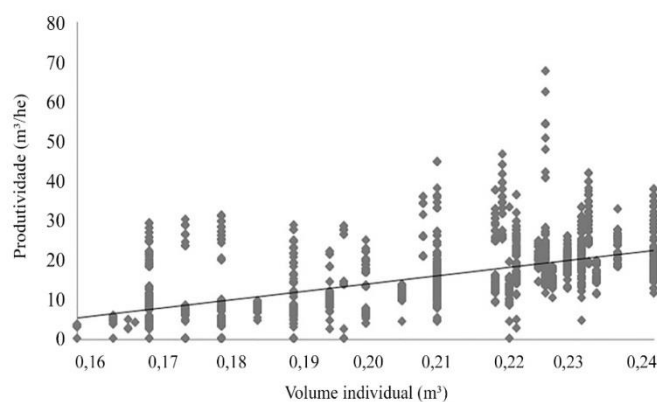


Figura 4. Produtividade efetiva do *harvester* em função do volume individual.
Figure 5. Effective harvester productivity due to the individual volume.

Para a estimativa da produtividade, foram testados três modelos lineares por meio de regressão linear para toda a base de dados, não diferenciando-as por classe de declividade, pois tal variável não influenciou significativamente a produtividade da máquina. Na Tabela 2, estão apresentados os coeficientes das equações ajustadas com seus respectivos parâmetros de regressão.

Tabela 2. Coeficientes para estimativa da produtividade em função do volume individual e do tempo do ciclo operacional.

Table 2. Coefficients to estimate the productivity depending on individual volume and operational time cycle.

Equação	R ²	S _{yx} %
$P = 30,7979 - 5,57047 \times (Vi^2 \times TC)$	0,51	5,74
$P = 15,7058 + 318,1129 \times Vi^2 - 4,6971 \times (Vi^2 \times TC) - 0,02838 \times TC$	0,65	4,83
$P = -20,6151 + 351,0977 \times Vi - 495,672 \times Vi^2 - 17,0267 \times (Vi \times TC) + 35,6888 \times (Vi^2 \times TC) + 1,7242 \times TC$	0,69	4,59

R² = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão percentual.

A equação (3) foi a que melhor explicou o efeito do tempo do ciclo operacional e do volume médio individual das árvores na produtividade do *harvester* na execução do primeiro desbaste. Dentre os três modelos, os coeficientes de determinação (R²) explicaram a variação de produtividade entre 51% e 69% dos casos, com erros padrões de estimativas (Syx%) entre 4,59% e 5,74%. É importante observar que a qualidade do ajuste melhorou de acordo com a quantidade de interações realizadas entre as variáveis estudadas. Entretanto, o uso de modelos com muitos coeficientes deve ser considerado com ressalvas, visto que modelos múltiplos com variáveis preditoras transformadas, quadráticas ou combinadas tendem a apresentar alta correlação (multicolinearidade).

Na figura 6, estão apresentadas as distribuições de resíduos para os três modelos ajustados.

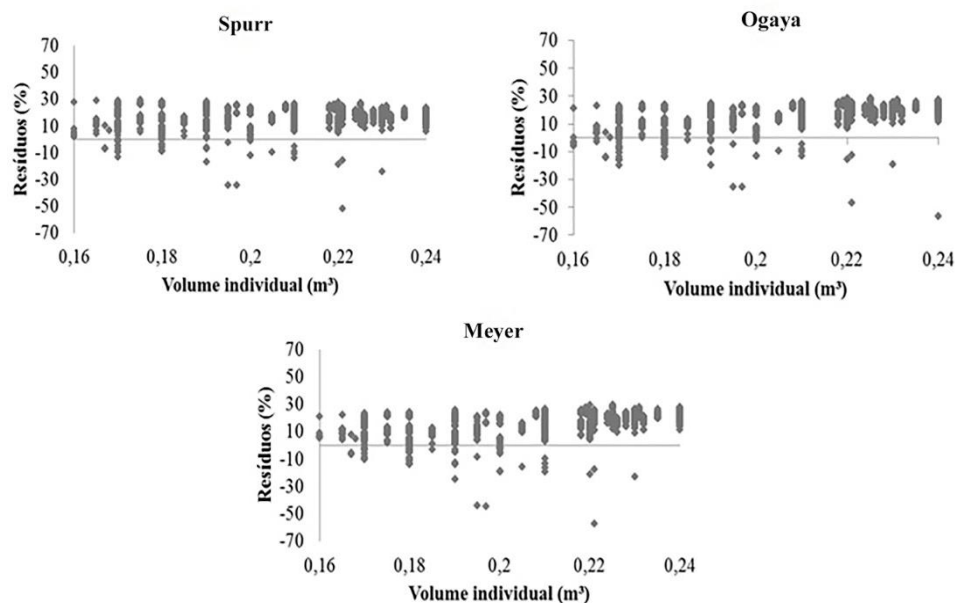


Figura 5. Distribuição dos resíduos das equações.
 Figure 6. Distribution of waste from the equations.

Observa-se que a distribuição de resíduos foi semelhante em todas as equações de estimativa da produtividade e tornaram, portanto, os valores de R^2 e $Sy\%$ como os melhores indicadores para a definição do modelo de Meyer como aquele que melhor estimou a produtividade da máquina em função do tempo do ciclo operacional e do volume individual da árvore.

DISCUSSÃO

O processamento da madeira ocupou em torno de 50% do tempo total efetivo de corte, explicado pela maior dificuldade de mobilidade da máquina no interior do povoamento submetido ao desbaste pela necessidade de produção de toras com diferentes sortimentos e pelo baixo volume médio individual das árvores demarcadas pra remoção. Tal comportamento também é explicado por Lopes *et al.* (2016), que afirma que a produtividade do *harvester* é afetada pela necessidade de produção de diferentes sortimentos, comprometendo, conseqüentemente, a produtividade e os custos das operações de corte, tanto em povoamentos submetidos ao corte raso quanto em desbaste. O tempo de busca também foi elevado, explicado pela maior dificuldade de mobilidade da máquina devido aos espaços restritos existentes no interior dos povoamentos submetidos ao desbaste, sendo tal fato também relatado por Spinelli e Nati (2009) em estudos realizados na Europa.

Além disso, é importante destacar a dificuldade da máquina em realizar a busca e o corte das árvores devido ao desbaste sistemático ter sido realizado na 7ª linha de plantio. Neste modelo de desbaste, existem árvores demarcadas para remoção por meio do desbaste seletivo dispostas em três linhas adjacentes à faixa de tráfego, estando, portanto, muitas vezes na distância limite de alcance do braço e grua da máquina de corte, dificultando a busca e execução do corte.

A constatação de ausência de diferença estatística na produtividade do *harvester* nas diferentes declividades de terreno pode ser explicada pelo fato da máquina passar o maior tempo do ciclo operacional realizando o processamento da madeira, sem necessidade de deslocamentos constantes durante a maior parte da jornada de trabalho. Simões e Fenner (2010), estudando o corte de *Eucalyptus grandis* verificaram a existência de diferenças significativas na produtividade do *harvester* em terrenos com diferentes declividades no regime de corte raso, situação diferente do desbaste.

Por outro lado, foi verificada a existência de diferença significativa na produtividade da máquina no corte de árvores com VMI acima de 0,19 m³, atestando a relação direta entre a produtividade e o volume das árvores. Burla (2012) e Leite *et al.* (2013), ao estudarem modelos de *harvesters* no corte florestal, também constataram aumento da produtividade com o incremento do volume médio individual (VMI) e redução da declividade. Lopes *et al.* (2006), estudando a influência de algumas variáveis operacionais no corte de *Pinus taeda*, também constataram o aumento da produtividade das máquinas nos povoamentos de maior volume médio individual. Nakagawa *et al.* (2010), ao estudarem o efeito do diâmetro da árvore entre 10 e 28 cm no tempo dos

elementos de trabalho e na produtividade de processamento do *harvester*, também verificaram aumento da produtividade associado ao aumento do VMI.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados desta pesquisa, chegou-se às seguintes conclusões:

- A declividade do terreno apresentou maior efeito no tempo da atividade parcial de busca e corte das árvores quando comparada ao deslocamento da máquina no interior do talhão.
- O baixo volume individual das árvores e a necessidade de produção de toras com diferentes sortimentos contribuíram para o aumento do tempo de processamento e redução da produtividade da máquina na execução do desbaste.
- O espaço reduzido existente no interior do povoamento e a execução do desbaste na 7ª linha de plantio dificultaram o alcance da máquina no corte das árvores no desbaste seletivo, contribuindo para aumento no tempo do ciclo operacional e redução da produtividade.
- O volume individual das árvores apresentou maior efeito na produtividade do *harvester* no corte de povoamento de pinus submetido ao primeiro desbaste, quando comparado à declividade do terreno.
- A interação entre as variáveis VMI e tempo do ciclo operacional explicou com maior eficiência a produtividade do *harvester* na execução do desbaste.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. H. S.; FIEDLER, N. C.; MENDONÇA, A. R.; CHICHORRO, J. F.; GONÇALVES, S. B.; ALVES, E. G.; KUBOYAMA, F. A. Q. Análise técnica e econômica do desbaste em um povoamento de eucalipto na região sul do Espírito Santo. **Nativa**, v. 3, n. 2, p. 125-130, 2015.

BARNES, R. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgar Blücher, 6 ed. 1977, 635 p.

BERARD, J. A. **Standard definition for machine availability and utilization**. Montreal: Canadian Pulp and Paper Associations, 1970.

BURLA, E. R.; FERNANDES, H. C.; MACHADO, C. C.; LEITE, D. M.; FERNANDES, P. S. Avaliação técnica e econômica do *harvester* em diferentes condições operacionais. **Engenharia na Agricultura**, v. 20, n. 5, p. 412-422, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ), 2016. **Relatório IBÁ 2016**, ano base 2015. Brasília, 100 p.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem técnica e de custos do *Harvester* no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 205-215, 2013.

LEONELLO, E. C.; GONÇALVES, S. P.; FENNER, P. T. Efeito do tempo de experiência de operadores de *harvester* no rendimento operacional. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 1129-1133, 2012.

LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. C.; SERPE, E. L.; CABRAL, O. M. J. V. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do *forwarder* no desbaste comercial de *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 57-66, 2016.

LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote *harvester* em diferentes condições operacionais. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 305-313, 2006.

MAC DONAGH, P.; HILDT, E.; FRIEDL, R. A.; ZEDERENKO, C.; ALEGRANZA, D. A. Influencia de la intensidad de raleos en la performance de un *harvester* de ruedas en el noreste argentino. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 653-662, 2013.

NAKAGAWA, M.; HAYASHI, N.; NARUSHIMA, T. Effect of tree size on time of each work element and processing productivity using an excavator-based single-grip harvester or processor at a landing. **Journal of Forest Research**, v. 15, n. 4, p. 226-233, 2010.

OLIVEIRA, D.; LOPES, E.; FIEDLER, N. Avaliação Técnica e Econômica do *Forwarder* na Extração de Toras de Pinus. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 525-533, 2009.

ROBERT, R. C. G.; SILVA, F. A. P. C.; ROCHA, M. P.; AMARAL, E. J.; GUEDES, I. L. Avaliação do Desempenho Operacional do *harvester* 911.3 X3M em Áreas Declivosas. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 183-190, 2013.

SCHNEIDER, R.; SCHNEIDER, P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2 ed. 2008, 566 p.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre *harvesters* de pneus e com máquina base de esteiras. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 185-191, 2014.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 107-114, 2010.

SPINELLI, R.; NATI, C. A Low-Investment fully mechanised operation for pure selection thinning of pine plantations. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 2, n. 30, p. 89-97, 2009.

