

# INFLUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES SOBRE O GRAU DE UTILIZAÇÃO DE PICADORES FLORESTAIS

## INFLUENCE OF INTERRUPTIONS ON THE GRADES OF USE OF FOREST GRINDERS

*Carlos Cezar Cavassin Diniz<sup>1</sup>, Samuel Alves da Silva<sup>2</sup>, Clebson Lima Cerqueira<sup>3</sup>, Gustavo Silva Oliveira<sup>4</sup>*

*<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – [carlos.diniz@ufpr.br](mailto:carlos.diniz@ufpr.br), [ssilva.alves@yahoo.com.br](mailto:ssilva.alves@yahoo.com.br), [clebsonlima10@hotmail.com](mailto:clebsonlima10@hotmail.com) & [gustavo\\_ccp@hotmail.com](mailto:gustavo_ccp@hotmail.com)*

### RESUMO

O conhecimento do grau de utilização e das variáveis que interferem no rendimento da atividade de cavaqueamento é de fundamental importância para a otimização das operações. Neste sentido, objetivou-se com esse trabalho identificar a influência das interrupções operacionais e mecânicas sobre o grau de utilização de picadores utilizados no cavaqueamento de resíduos florestais na região sul do estado do Paraná. Para isso, foram utilizados dados do número de horas programadas, bem como identificadas todas as interrupções de trabalho, obtidos de arquivos históricos de dois anos de processo. Com base nestes dados, foi utilizado o gráfico de Pareto para identificação das causas das interrupções e calculados o grau de utilização, disponibilidade técnica e disponibilidade mecânica. Os resultados permitiram observar que, as variáveis que mais afetaram a operação de cavaqueamento foram a espera pela chegada dos veículos de transporte, seguida das atividades de manutenção corretiva e preventiva. As interrupções operacionais exerceram maior influência sobre o grau de utilização das máquinas estudadas do que as interrupções mecânicas, sendo a falha no sistema logístico praticado pela empresa prestadora de serviço foi a causa de maior impacto. Desta maneira, a análise das interrupções mostrou-se importante, uma vez que permitiu a verificação das principais variáveis que afetam a operação de cavaqueamento, permitindo concluir que a mitigação da má distribuição dos veículos de transporte é a principal atividade para a otimização do grau de utilização dos picadores florestais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa florestal, Gestão, Diagrama de Pareto.

### ABSTRACT

The knowledge of the degree of utilization and variables that interfere in the performance of the chipping system is very important for the optimization of the operations. In this sense, the purpose of this work was to identify the influence of the operational and mechanical interruptions on the degree of utilization of forest grinders used in the wood chipping of forest residues in the southern region of the state of Paraná. For this, we used data of the number of hours programmed, as well as identified all work interruptions, obtained from historical archives of two years of process. Based on these data, the Pareto chart was used to identify the causes and calculated the degree of utilization, technical availability and mechanical availability. The results showed that the variables that most affected the chipping operation were waiting for the transport vehicle to arrive, followed by corrective and preventive maintenance activities. The operational interruptions had a greater influence on the degree of utilization of the studied machines than the mechanical interruptions, and the failure in the logistic system practiced by the service provider was the cause of greater impact. This way, the analysis of the interruptions was important, since it allowed the verification of the main variables that affect the operation of chipping, allowing to conclude that the mitigation of the bad distribution of the transport vehicles is the main activity for the optimization of the degree of utilization of the forest grinders.

**KEYWORDS:** Forest biomass, Management, Pareto's diagram.

## INTRODUÇÃO

A colheita de madeira é uma das atividades mais onerosas do ciclo produtivo de plantios florestais com fins comerciais (LOPES & DINIZ, 2015). Nessa etapa, é comum que quantidades aproveitáveis de material lenhoso, sejam deixadas dentro do talhão após o processamento da madeira (JACOVINE et al., 2001).

Canto et al. (2011) relatam que a geração de energia a partir da biomassa florestal, principalmente na forma de cavacos, apresenta vantagens ambientais, econômicas e sociais, como redução da emissão de poluentes quando comparados com fontes de energia não renováveis e geração de renda e empregos.

Lopes et al. (2005) comentam que a utilização dos resíduos também constitui um importante fator na relação colheita e silvicultura, uma vez que a remoção dos resíduos facilita as operações subsequentes de implantação de um novo povoamento florestal, com possíveis reduções nos custos de produção.

Embora apresente potencial de aproveitamento, a utilização dos resíduos florestais não é realizada em todos os casos, haja vista o custo de operação da atividade de cavaqueamento. De acordo com Canto et al. (2011), embora os valores por tonelada obtidos por esse subproduto normalmente viabilizem a atividade, o custo de transporte pode inviabilizá-la, considerando que de acordo com Silva et al. (2007), este, possui intensa relação com a distância.

Neste sentido, uma alternativa para viabilizar a produção de cavacos é aumentar o grau de utilização das máquinas de cavaqueamento, o que aumenta a produção e consequentemente reduz os custos por tonelada produzida. Ao avaliar uma operação de colheita florestal com *feller buncher*, Rocha et al. (2009), observaram 64,4% de interrupções, o que gerou um baixo grau de utilização. Já Canto et al. (2011) obtiveram grau de utilização de 51,9% na operação de cavaqueamento, sendo as pausas de caráter mecânico as interrupções que demandaram maior atenção.

Seja qual for a atividade dentro da colheita florestal, corte, extração ou cavaqueamento, é possível verificar que quanto maior o percentual de interrupções, menor será o grau de utilização das máquinas, ocasionando o aumento dos custos de produção. Desta forma, fica claro que tais variáveis são de extrema importância e merecem análise, com a intenção de reduzir as interrupções.

Diante disso, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência que as interrupções operacionais e mecânicas exercem sobre o grau de utilização de picadores florestais

de modo a apresentar possíveis melhorias na operação de cavaqueamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em uma empresa florestal localizada no sul do estado do Paraná, Brasil. O clima da região é classificado como uma transição entre Cfa e Cfb, subtropical úmido, com temperatura média variando entre 16,3 e 23,2°C e precipitação média anual entre 1.478 a 1.700 mm com altitude média de 750 m (BARBOSA et al., 2007).

A área onde foi realizado o estudo é composta por povoamentos de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden com idade de 7 anos e volume médio individual variando de 0,36 a 0,42 m<sup>3</sup> em regime de corte raso e caracterizada por relevo suave ondulado.

### Sistema de colheita da madeira

O estudo foi conduzido após a operação de colheita florestal realizada por um sistema de colheita da madeira de árvores inteiras (*full tree*), em que as árvores eram derrubadas e empilhadas pelo *feller buncher*, em seguida arrastadas até a beira da estrada pelo *skidder*, e por fim processadas em toras pelo processador *harvester*.

### Máquinas estudadas

Foram utilizados para o estudo quatro picadores florestais da marca CBI modelo Magnum Force 5800BT (Figura 1), os mesmos atuavam em diferentes frentes de trabalho a uma distância média de 85 km da empresa. A Tabela 1 apresenta as especificações técnicas dos picadores florestais, bem como o tempo de coleta respectivo de cada máquina.



Figura 1. Picador florestal utilizado na pesquisa.

**Tabela 1.** Especificações técnicas das máquinas estudadas.

Característica	Picador I	Picador II	Picador III	Picador IV
Potência	765 hp	765 hp	765 hp	765 hp
Motor	Cat C-18	Cat C-18	Cat C-18	Cat C-18
Peso	35 t	35 t	35 t	35 t
Controle	Remoto	Remoto	Remoto	Remoto
Mat. Rodante	Esteiras	Esteiras	Esteiras	Esteiras
Horímetro	6.560,2	4.918,6	3.198,4	9.942,3

### Coleta de dados

Foram coletadas informações pertinentes ao tempo de operação, interrupções operacionais e mecânicas durante o período de março de 2016 a abril de 2018 a partir de dados históricos fornecidos pela empresa objeto de estudo.

É importante destacar que as interrupções mecânicas foram relacionadas as paradas para manutenção dos picadores, podendo ser corretiva ou preventiva, bem como a espera pela chegada de mecânicos ou de componentes no campo. Já as interrupções operacionais foram relacionadas à pausas de deslocamento, espera pelos veículos de transporte, entre outras.

Os dados foram retirados dos relatórios diários da operação durante o período do estudo. Nestes relatórios eram apontadas todas as atividades que ocorriam durante o dia como tempo de parada e motivo, desta forma, foi possível calcular a disponibilidade mecânica e operacional e grau de utilização das máquinas.

### Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma forma de descrição gráfica onde se procura identificar quais os itens responsáveis pela maior parcela dos problemas (BEHR et al., 2008). Desta forma, para este trabalho procurou-se identificar as principais causas de interrupções para os quatro picadores analisados.

### Disponibilidade mecânica

Definida como o tempo em que a máquina está disponível para realizar o trabalho, desconsiderando os tempos em manutenção, a disponibilidade mecânica foi obtida pela equação 1 (LOPES et al., 2016; GUEDES et al., 2017; DINIZ et al., 2017).

$$DM = \frac{HT - HM}{HT} \times 100 \quad (1)$$

Em que: DM = Grau de disponibilidade mecânica (%); HT = Horas de trabalho; e HM = Horas de manutenção.

### Disponibilidade técnica

A disponibilidade técnica foi calculada a partir da equação 2. Como pode-se observar, a disponibilidade operacional determina o tempo em percentual que a máquina tem disponível para operação descontados os tempos em que a máquina esteve em pausas de caráter operacionais (DINIZ et al., 2018).

$$DT = \frac{HT - HM - HI}{HT - HM} \times 100 \quad (2)$$

Em que: DT = Grau de disponibilidade técnica (%); HT = Horas de trabalho; HM = Horas de manutenção; e HI = Horas de interrupções.

### Grau de utilização

O grau de utilização representa o percentual de tempo que o equipamento operou efetivamente, sendo calculado pela equação 3 (DINIZ et al., 2018).

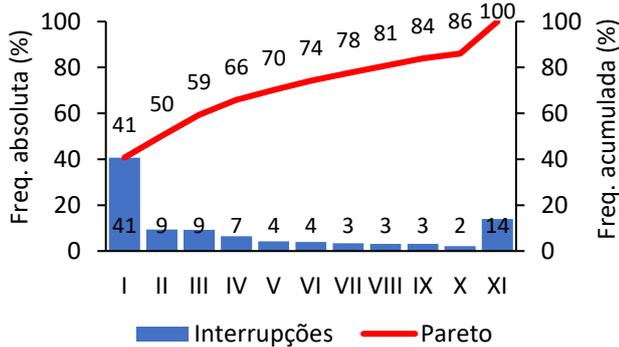
$$GU = DM \times DT \quad (3)$$

Em que: GU = grau de utilização (%); DM = disponibilidade mecânica (%); DT = disponibilidade técnica (%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é possível observar a distribuição das principais interrupções obtidas para o picador I. Com 41% do tempo total de interrupções, a máquina ficou aguardando a chegada do veículo de transporte para iniciar o trabalho, uma vez que o processo de trituração do resíduo é realizado de forma que o mesmo seja despejado diretamente no veículo de transporte, evitando retrabalhos de carregamento.

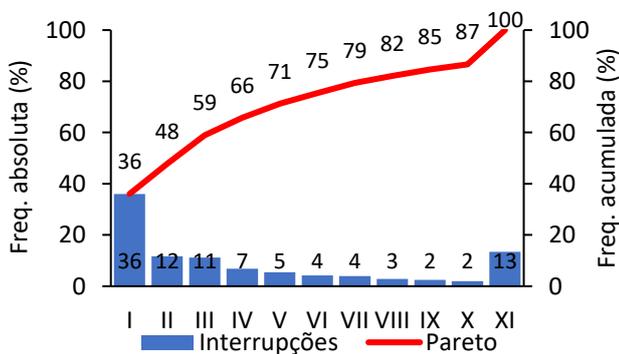
As atividades ligadas à manutenção consumiram 25%, sendo manutenções preventivas e corretivas as principais causas. Quanto ao deslocamento da máquina, os considerados internos, ou seja, dentro do talhão, consumiram 7% do tempo enquanto as interrupções referentes ao deslocamento da máquina para outro projeto com prancha, consumiram 6%. As demais interrupções são referentes a pequenas paradas que ocorreram durante o estudo que juntas somam 14%.



I – Aguardando veículo de transporte; II – Manutenção preventiva; III – Manutenção corretiva (máquina base); IV – Deslocamento; V – Troca de facas de corte; VI – Aguardando peças; VII – Manutenção corretiva (implemento); VIII – Aguardando prancha; IX – Máquina em transporte; X – Verificação diária; e XI – Demais interrupções.

**Figura 2.** Diagrama de Pareto utilizando o picador I.

Para o picador II, é possível observar que em 36% do tempo a máquina ficou parada aguardando o veículo de transporte (FIGURA 3). Tal resultado pode ser explicado pela má distribuição dos veículos de transporte que por vezes eram enviados para o picador mais próximo. Desta forma, enquanto uma frente de serviço formava fila, a outra ficava parada por falta de veículos de transporte.



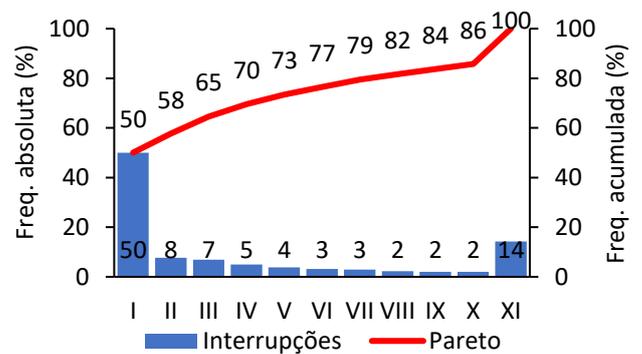
I – Aguardando veículo de transporte; II – Manutenção preventiva; III – Deslocamento; IV – Troca de facas de corte; V – Manutenção corretiva (máquina base); VI – Máquina em transporte; VII – Manutenção corretiva (implemento); VIII – Verificação diária; IX – Aguardando prancha; X – Abastecimento e lubrificação; e XI – Demais interrupções.

**Figura 3.** Diagrama de Pareto utilizando o picador II.

As manutenções preventivas, deslocamentos, trocas de facas, e manutenções corretivas consumiram 12%, 11%, 7% e 5% respectivamente. É possível observar que assim como no picador I, as pausas por manutenções também apresentam um percentual elevado. Tal comportamento é explicado pela própria natureza da operação, uma vez que a máquina vibra constantemente durante a operação, causando folgas, fadigas e falhas nos componentes. As demais interrupções representam 13% do tempo, sendo mais uma vez formado por pequenas paradas que,

separadas representam menos de 1% do tempo.

A partir do diagrama de Pareto é possível observar as principais interrupções presentes na operação do picador III (FIGURA 4). Com 50% do tempo de interrupções, apresenta-se a variável “aguardando veículo de transporte”. Assim como nas demais máquinas, a explicação se dá pela má distribuição dos veículos de transporte, realizada por empresa prestadora de serviço.



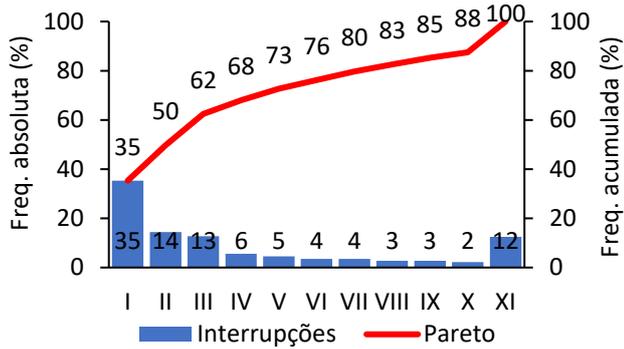
I – Aguardando veículo de transporte; II – Aguardando peças; III – Manutenção corretiva (máquina base); IV – Deslocamento; V – Troca de facas de corte; VI – Aguardando prancha; VII – Máquina em transporte; VIII – Verificação diária; IX – Aguardando mecânico; X – Manutenção preventiva; e XI – Demais interrupções.

**Figura 4.** Diagrama de Pareto utilizando o picador III.

Durante 8% do tempo, a máquina ficou parada aguardando a chegada de determinada peça para realização da manutenção, uma vez que não se tinha a mesma em campo. As variáveis “manutenção corretiva (máquina base)”, “deslocamento”, “trocas de faca de corte” consumiram 7%, 5% e 4% respectivamente, acumulando 73% das interrupções enquanto as demais interrupções consumiram 14%.

Na Figura 5, são apresentadas as principais interrupções para o picador IV. Nota-se mais uma vez que a variável que consumiu maior percentual do tempo foi “aguardando veículo de transporte” com 35%. Assim como nos demais picadores, aplica-se a mesma explicação, alertando que a operação necessita de melhorias no que diz respeito a distribuição dos veículos em campo, de forma a atender todas as frentes de serviço.

Como pode ser observado, 27% das interrupções representam as paradas para manutenção, sendo 14% de manutenções preventivas e 13% referentes as manutenções corretivas na máquina base. Tal resultado pode ser explicado pelas horas de uso da máquina, que estão próximas a 10.000,00 horas.



I – Aguardando veículo de transporte; II – Manutenção preventiva; III – Manutenção corretiva (máquina base); IV – Deslocamento; V – Manutenção corretiva (implemento); VI – Troca de facas de corte; VII – Aguardando prancha; VIII – Aguardando peças; IX – Máquina em transporte; X – Análise de falhas; e XI – Demais interrupções.

**Figura 5.** Diagrama de Pareto utilizando o picador IV.

As demais interrupções começam a reduzir seu percentual até 2%, onde eram feitas as análises de falha (dinâmica para detectar a causa real e buscar a redução das mesmas). Após a identificação das principais interrupções, foram detectadas uma série de pequenas pausas que juntas somam 12%, porém de acordo com o diagrama de Pareto deve-se priorizar as principais interrupções em busca da otimização do tempo de operação.

Na Tabela 2 é possível visualizar a representação percentual de cada tipo de interrupção (mecânica e operacional). Para as interrupções mecânicas, o picador que apresentou maior percentual foi o IV, seguido do I, II e III respectivamente. Esses resultados podem ser explicados pelo tempo de operação de cada máquina, haja vista que com o aumento do tempo de operação, os componentes da máquina começam a apresentar desgastes, folgas, trincas e avarias que levaram a falha da máquina.

**Tabela 2.** Percentual de interrupções operacionais e mecânicas para as máquinas estudadas.

Fator	Picador I	Picador II	Picador III	Picador IV
Int. Mecânicas (%)	37,8	34,6	30,5	45,0
Int. Operacionais (%)	62,2	65,4	69,5	55,0
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0

Ainda sobre as interrupções mecânicas, as principais causas foram em função das manutenções preventivas e corretivas, porém, houve momentos em que as máquinas ficavam paradas por falta de determinada peça, desta forma, um meio de otimizar a operação seria contar com as principais peças de giro em campo.

As interrupções de caráter operacional demandaram

em média 63%, enquanto as interrupções mecânicas consumiram 37% do tempo. Com o auxílio do diagrama de Pareto foi possível identificar dentro de cada tipo de interrupção qual foi, ou foram as principais causas, sendo possível atuar na redução dos tempos improdutivos, buscando alternativas para melhorar o grau de utilização das máquinas.

Os resultados de disponibilidade mecânica, disponibilidade técnica e grau de utilização são apresentados na Tabela 3. De acordo com os resultados, a máquina que apresentou menor disponibilidade mecânica foi o picador IV explicado pelas manutenções preventivas e corretivas na máquina base. As demais máquinas apresentaram resultados semelhantes, reafirmando que o tempo de uso da máquina é uma variável de influência sobre a disponibilidade mecânica.

**Tabela 3.** Índice de DM, DT e GU obtidos para as máquinas estudadas.

Indicador	Picador I	Picador II	Picador III	Picador IV
DM (%)	74,0	79,8	77,0	68,7
DT (%)	42,1	52,0	32,0	44,3
GU (%)	31,2	41,5	24,6	30,4

O picador III apresentou o pior resultado para disponibilidade técnica, estando ligado principalmente a má distribuição dos veículos de transporte no campo. É importante ressaltar que esta falha no sistema logístico, foi a principal causa encontrada em todos os picadores avaliados seguidas das atividades de manutenção, gerando um grau de utilização médio de 31,9%. Canto et al. (2011) avaliando um sistema de cavaqueamento de ponteiros de eucalipto obtiveram valores superiores ao do presente trabalho, contudo não foi verificado problemas logísticos no mesmo.

Na Tabela III ainda é possível verificar que a máquina que necessita de maior atenção é o picador III, que apresentou menor grau de utilização, seguido dos picadores IV, I e II respectivamente. Um ponto interessante nesta discussão é que a variável que levou o picador III ao pior resultado foi a atividade de distribuição dos veículos de transporte, que também afetou as demais máquinas, contudo, com maior impacto na operação do picador III.

## CONCLUSÕES

As interrupções de caráter operacionais, “aguardando veículo de transporte”, “deslocamento” e “troca de facas

de corte” tiveram maior influência sobre o grau de utilização dos picadores sendo a má distribuição dos veículos de transporte a principal causa.

É possível elevar os resultados de grau de utilização dos picadores otimizando o sistema de distribuição dos veículos de transporte bem como as atividades de manutenção preventiva e corretiva.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, C.E. et al. Diversity of Regenerating Plants in Reforestations with *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze of 12, 22, 35, and 43 Years of Age in Parana State, Brazil. **Restoration Ecology**, v.17, n.1, p.60-67, 2007.

BEHR, A. et al. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Revista Ciência da Informação**, v.37, n.2, p.32-42, 2008.

CANTO, J.L. et al. Avaliação de um sistema de cavaqueamento de ponteiros de eucalipto para aproveitamento energético. **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1327-1334, 2011.

DINIZ, C.C.C. et al. Avaliação técnica de cabeçotes individual e múltiplo no processamento de madeira. **Advances in Forestry Science.**, v.5, n.1, p.253-258, 2018.

DINIZ, C.C.C. et al. Manutenção preventiva como determinante para redução de custos de manutenção de um feller buncher. **BIOFIX Scientific Journal**, v.2, n.2, p.43-47, 2017.

GUEDES, L.G. et al. Avaliação do desempenho e custos de dois sistemas de cabos aéreos na extração de madeira de eucalipto. **Ciência Florestal**, v.27, n.2, p.571-580, 2017.

JACOVINE, L.A.G. et al. Avaliação da perda de madeira em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.463-470, 2001.

LOPES, E.S. et al. 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.; DINIZ, C.C.C. Produtividade do trator florestal chocker skidder na extração de madeira em terrenos declivosos. **Revista Floresta**, v.45, n.3, p.625-634, 2015.

LOPES, E.S. et al. Análise técnica de um sistema de picagem de resíduos na colheita florestal. **Simpósio brasileiro sobre colheita e transporte florestal**, p.259-266, 2005.

SILVA, M.L. et al. Análise do custo e do raio econômico de transporte de madeira de reflorestamentos para diferentes tipos de veículos. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1073-1079, 2007.

ROCHA, E.B. et al. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, v.15, n.3, p. 372-381, 2009.