

**AValiação da Eficiência Energética da Uma Picadora de Forragem
em Função do Estado das Facas e do Diâmetro do Feixe**

RODRIGO ALENCAR NUNES¹; LIDIANE AMARAL VILAS BOAS²; CARLOS EDUARDO SILVA
VOLPATO³; TOMAS DE AQUINO FERREIRA⁴; JACKSON ANTONIO BARBOSA⁴; FELIPE GABRIEL
LORENZONI MARTINS¹

1. Graduando em Engenharia Agrícola, UFLA - DEG

2. Mestre em Engenharia Agrícola

3. Professor Associado, UFLA - DEG

4. Professor Adjunto, DEG - UFLA

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal de Lavras – UFLA, com o objetivo de avaliar a eficiência energética de uma picadora de forragem estacionária, operando com diferentes fontes de potência, de diâmetro de feixe na alimentação (3, 5, 7 e 9 colmos) e estados de conservação das facas de corte. Foram utilizados, no ensaio, um motor elétrico e um motor de combustão interna ciclo diesel; dois conjuntos de facas: um de facas segas e outro de facas amoladas (novas); quatro diâmetros de feixe, sendo o delineamento inteiramente casualizado. Nas interações do motor, faca e número de colmos, o motor diesel apresentou uma maior eficiência de trabalho útil e, a faca sega, para todas as situações demandou uma maior potência do que a faca nova, devido a maior força de corte necessária.

Palavras-chaves: Energia, máquinas agrícolas, dinâmica do corte.

INTRODUÇÃO

Dentre as várias áreas de atuação da Engenharia Agrícola, mais precisamente na área de Máquinas Agrícolas, está o corte dos materiais biológicos, principalmente, aqueles realizados nos materiais celulares fibrosos originários das plantas cultivadas. Esta relação, se denomina interação máquina (ferramenta de corte)/planta. Durante o manejo de uma cultura, essa interação ocorre mais frequentemente ao final do seu ciclo, mais especificamente durante as operações de colheita e processamento do material colhido.

As picadoras de forragem são máquinas que executam o corte do material fibroso por meio de um conjunto de facas e contra-faca. É uma máquina estacionária de alimentação manual, que pode ser classificado quanto à fonte de potência para seu acionamento em motorizada (elétrica ou combustão interna) ou tratorizada (acionada pela TDP do trator).

Para uma máquina agrícola de corte e/ou processamento de material fibroso realizar um corte dito completo, esta deverá realizá-lo de forma que todo o processo envolvido tenha máxima qualidade possível, ou seja, realize o trabalho de corte com um mínimo de perdas, menor quantidade de danos, maior uniformidade das partículas e, indiscutivelmente com a máxima eficiência energética.

A maioria das picadoras estacionárias é acionada por motores elétricos, e quando mal manejadas, resulta num aumento de consumo de energia, o que em dias atuais é prejudicial, devido aos problemas referentes à escassez de investimentos na área energética, o que torna obrigatórias ações para racionalizar o uso dessa energia.

Coutinho (2008), em uma simulação de consumo de energia elétrica em uma propriedade rural leiteira que possui 24 vacas em lactação, estimou que o consumo médio da picadora de forragens consome no mês 29 kWh, o que representou 9,24% do consumo de energia utilizada na produção.

Ferreira (2009) relata que as picadoras de forragens possui como vantagens o baixo custo de aquisição, operação e manutenção, permitem sua utilização diretamente no campo, o que diminui a operação de transporte do material inteiro, maior uniformidade no tamanho das partículas, menor necessidade de mão-de-obra, maior rendimento e maior qualidade da silagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Centro Tecnológico de Máquinas e Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. O produto utilizado nos ensaios foi o capim-elefante, proveniente das instalações do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

Para a realização dos ensaios foi utilizada uma Picadora Trapp, modelo ES500, possuindo disco com 3 facas, sendo acionada por um motor elétrico estacionário da marca WEG, trifásico, rotação de 3500 rpm, potência de 5 cv, e um motor diesel estacionário da marca Branco, modelo BD 10.0, ciclo diesel a 4 tempos, monocilíndrico a diesel, potência máxima nominal de 6,7 kW (9,0 cv) a 3600 rpm e o torque máximo nominal é de 2,70 kgf.m a 2000 rpm. Para coleta de dados sobre o torque foi utilizado um torquímetro instalado entre a máquina e o motor, e um sistema de aquisição de dados da HBM modelo “Spider 8”, que utiliza o programa “Catman” para o seu controle e possibilita a visualização gráfica instantânea e armazenamentos dos dados. A rotação da máquina foi obtida através de tacômetro digital Minipa modelo MDT – 2238A, para medição de potencia do motor elétrico, foi utilizado um wattímetro, modelo 4090, Marca Minipa, que foi instalado na saída de alimentação do motor elétrico de 5 cv. A potencia média do motor de combustão foi calculada pela Equação 1.

$$P = \frac{T \times N \times 2\pi}{60000} \quad (1)$$

Onde:

P = potência demandada, KW

T = torque, N.m

N = Rotação, rpm.

O consumo de potencia dos órgãos de trabalho de uma picadora de forragens, assim como de máquinas agrícolas e outras máquinas em geral, pode ser expresso pela Equação 2:

$$P = P_{\text{útil}} + P_{\text{vazio}} \quad (2)$$

Onde:

P_{útil} – Potencia útil demandada, kW.

P_{vazio} – Potencia demandada com a máquina funcionando sem fluxo de material, kW.

De acordo com Souza (2005), a eficiência de trabalho útil das picadoras de forragens, que envolve os processos de sucção do material, corte e impulsão das partículas cortadas, pode ser determinada pela Equação 3.

$$Ef = \frac{P_{\text{útil}}}{P} = \frac{P - P_{\text{vazio}}}{P} = \left(1 - \frac{P_{\text{vazio}}}{P} \right) \quad (3)$$

De acordo com Souza, (2005), o consumo específico de energia foi determinado relacionando a potencia total demandada (kW) com a capacidade de produção (t.h⁻¹), conforme Equação 4.

$$Ce = \frac{P}{Cp} \quad (4)$$

Em que,

Ce – Consumo específico, kWh⁻¹;

P – Potencia total demandada, kW;

Cp – Capacidade de produção da máquina, t.h⁻¹.

O capim foi cortado manualmente em campo utilizando um facão, e formados quatro tamanhos de feixes, com 3, 5, 7 e 9 colmos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser visto na Tabela 1, a interação entre os três fatores (motor, tipo de faca, e numero de colmos), o motor apresentou diferença estatisticamente significativa na interação com praticamente todos outros fatores, ao nível de 1% de probabilidade em todas as análises realizadas.

O fator faca também apresentou diferença estatisticamente significativa com todos os outros fatores, em todas as análises realizadas.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

TABELA 1 - Síntese da análise de variância e do teste de médias[#] para as variáveis analisadas.

Fatores	Potência Consumida (kW)	Eficiência de trabalho útil (%)	Consumo específico (kWh.t ⁻¹)	Capacidade de produção (t.h ⁻¹)	Tamanho de partículas (mm)
Motor (M)					
Diesel	4,04 b	0,65 a	4,79 a	1,08 b	6,83 a
Elétrico	4,79a	0,60 b	3,86 b	1,36 a	6,47 b
Faca (F)					
Nova	4,10 b	0,60 b	3,45 b	1,38 a	6,54 b
Sega	4,72 a	0,65 a	5,19 a	1,06 b	6,77 a
Numero de colmos (N)					
3	3,06 d	0,48 d	4,46ab	0,75 d	6,86 a
5	4,02 c	0,60 c	3,90 b	1,17 c	6,85 a
7	4,99 b	0,69 b	4,861 a	1,37 b	6,44 b
9	5,59 a	0,73 a	4,07 b	1,59 a	6,46 b
M	238,45 **	142,46 **	31,76 **	71,58**	56,94 **
F	159,93 **	128,54 **	111,96 **	95,22**	24,37 **
N	514,59 **	661,31 **	6,74 **	119,80**	24,73 **
M X F	2,99 ns	37,78 **	42,47 **	39,85**	11,34 **
M X N	12,01 **	7,63 **	14,96 **	13,80 **	5,31 **
F X N	4,51 **	2,71 *	11,94 **	12,86**	21,66 **
T X N	5,44 **	7,57 **	17,15 **	10,40 **	5,39 **
M X F X N	0,51 ns	2,24 ns	19,68 **	11,25**	1,84 ns
CV (%)	7,01	4,24	24,17	16,96	4,46

[#]Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns- não significativo

CV – Coeficiente de variação

Analisando-se o fator motor e o fator numero de colmos pode-se observar que o motor elétrico demandou uma maior potencia em todas as condições de alimentação da picadora e a alimentação da máquina com nove colmos foi a que apresentou uma maior demanda de potencia, sendo que a demanda de potencia aumenta com a quantidade de colmos para os dois motores. Avaliando-se o tipo de faca e numero de colmos constatou-se que a faca sega demandou mais potencia que a faca nova.

Como por se observar nas Tabelas 11 e 12 abaixo, nas interações do motor e faca e do motor e numero de colmos, o motor diesel apresentou uma maior eficiência de trabalho útil e, analisando a variável faca dentro da variável motor, a faca sega foi a que apresentou maior eficiência de trabalho útil, caso visto também na interação da faca e numero de colmos. A interação Diesel X faca sega apresentou uma eficiência de trabalho útil de 68%, ou seja, 32% da potencia total demandada pela máquina foi utilizada para acionar o equipamento, sem realizar trabalho. Avaliando-se a variável numero de colmos dentro das variáveis motor e faca pode-se constatar que a alimentação de 3 colmos foi a que apresentou menor eficiência de trabalho útil, chegando a menos de 50%.

TABELA 2 - Desdobramento das interações entre os fatores motor e faca para a eficiência de trabalho útil, em %.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Motor	Faca	
	Nova	Sega
Diesel	0,61aB	0,68 aA
Elétrico	0,59 bB	0,61 bA

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 3 - Desdobramento das interações entre os fatores motor e numero de colmos e entre os fatores faca e numero de colmos para a eficiência de trabalho útil, em %.

		Número de colmos			
		3	5	7	9
Motor**	Diesel	0,52 aD	0,63 aC	0,71 aB	0,74 aA
	Elétrico	0,44 bD	0,57 bC	0,67 bB	0,71 bA
Faca*	Nova	0,45 bD	0,57 bC	0,66 bB	0,71 bA
	Sega	0,51 aD	0,62 aC	0,71 aB	0,74 aA

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey. **Ao nível de 1% de probabilidade. * Ao nível de 1% de probabilidade.

Na interação dos fatores motor e faca, para a faca nova os motores foram estatisticamente semelhantes para variável consumo específico, para a faca sega o motor diesel apresentou maior consumo específico, 6,20 kWh.t⁻¹, sendo que a faca sega apresentou maiores valores de consumo específico em ambos os motores (Tabela 4).

TABELA 4 - Desdobramento das interações entre os fatores motor e faca para o consumo específico, em kWh.t⁻¹.

Motor	Faca	
	Nova	Sega
Diesel	3,37 aB	6,20 aA
Elétrico	3,52 aB	4,19 bA

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade

Analisando o fator numero de colmos e o fator motor (Tabela 5), para o motor diesel a alimentação com 7 colmos foi o que apresentou maior consumo específico, 6,25 kWh.t⁻¹, as outras alimentações para o motor diesel foram estatisticamente semelhantes. Para o motor elétrico a alimentação com 7 colmos foi a que apresentou menor consumo específico, 3,46 kWh.t⁻¹.

Analisando o fator faca dentro e o fator numero de colmos a faca sega apresentou maior consumo específico de energia, sendo estatisticamente diferente para todas as situações de alimentação apresentadas, sendo que a maior média de consumo específico foi apresentado pela alimentação de 7 colmos, 6,53 kWh.t⁻¹. Analisando-se o fator numero de colmos dentro do fator faca, para a faca nova não houve diferença significativa entre a alimentação da maquina com 5, 7 e 9 colmos e entre a alimentação com 3 e 5 colmos. Para a faca sega, a alimentação com 3, 5 e 9 colmos foram estatisticamente semelhantes, enquanto a com 7 colmos variou das demais.

TABELA 5 - Desdobramento das interações entre os fatores motor e numero de colmos e entre os fatores faca e numero de colmos para o consumo específico, em kWh.t⁻¹.

		Número de colmos			
		3	5	7	9
Motor	Diesel	4,41 aB	4,11 aB	6,25 aA	4,37 aB

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

	Elétrico	4,52 aA	3,68 aAB	3,46 bB	3,77 aAB
Faca	Nova	4,08 bA	3,33 bAB	3,18 bB	3,19 bB
	Sega	4,84 aB	4,46 aB	6,53 aA	4,95 aB

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a demanda de potencia e a eficiência de trabalho útil aumentaram na medida em que se aumentou a taxa de alimentação da máquina. O motor elétrico apresentou uma maior demanda de potencia, porém uma menor eficiência de trabalho útil, pois para seu funcionamento sem carga foi necessário uma maior potencia do que para o motor diesel.

A faca sega apresentou maiores valores médios de demanda de potencia e de consumo específico, demonstrando assim a necessidade da afiação das facas para se obter um melhor desempenho da máquina. E a interação que apresentou maior consumo específico de energia foi entre a faca sega e alimentação com 7 colmos.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

COUTINHO, A. C.; REZENDE, F. S.; RODRIGUES, G. A. GODINHO, S. de D. Estudo e diagnostico para balanço agro-energético em propriedade rural produtora de leite. In: Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 18, 2008, Olinda-PE.

FERREIRA, O. Máquinas para ensilagem. UFPel, 2006. Disponível em:
<http://www.ufpel.edu.br/faem/engenhariarural/maquinas/arquivos/ensilagem06.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2009.

SOUZA, L. H. de. Avaliação da demanda energética e níveis de ruído em picadoras de forragem tipo desintegrador/picador/moedor. DEA, UFV, Viçosa-MG, 2005, 81 p. (Tese de Doutorado).