

DEMANDA ENERGÉTICA NA COLHEITA DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURIDADE E TAMANHO DE PARTÍCULA

ENERGY DEMAND IN THE HARVEST OF CORN HYBRIDS FOR SILAGE AS A FUNCTION OF MATURITY STAGES AND PARTICLE SIZE

Marco Aurélio FACTORI¹; Ciniro COSTA²; Paulo Roberto de Lima MEIRELLES²; Paulo Roberto Arbex SILVA³; André Satoshi SEKI⁴; Marina Gabriela Berchiol da SILVA⁵

1. Zootecnista, Pós-Doutorando do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

mafactori@yahoo.com.br; 2. Zootecnista, Professor, Doutor, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP, Botucatu, SP, Brasil; 3. Agrônomo, Professor, Departamento de Engenharia Rural

Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, SP, Brasil; 4. Agrônomo, Doutor em Agronomia – Energia na agricultura Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, SP, Brasil; 5. Zootecnista, Doutora em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP, Botucatu, SP, Brasil

RESUMO: O milho é a cultura mais utilizada para confecção de silagem. A eficiência do processo deve ser avaliada também pelos custos por kg de massa seca colhida (KgMS). O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo de energia na colheita de híbridos de milho para ensilagem em função da textura do híbrido, quatro maturidades de colheita e três tamanhos de partículas - Tp. Foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 610 de 86 cv. Para colheita e corte da forragem, utilizou-se colhedora modelo JF92 Z10. Para obtenção dos dados de consumo de combustível (Cc) e tempo gasto para cada parcela utilizou-se um fluxômetro, instalado próximo ao filtro de combustível do trator. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. Foi verificada interação tripla entre os fatores híbrido*estádio de colheita*Tp. A velocidade e deslocamento do trator foram diferentes para as maturidades para o híbrido de textura dura. O Cc horário para o híbrido dentado aumentou em maturidades mais precoces de colheita e em menores Tp. O consumo por kgMS foi menor em maturidades mais tardias, textura dentada e dura respectivamente. A potência teórica foi maior em maturidades mais precoces e o rendimento, foram maiores para o híbrido de textura dura nas mais avançadas. O Cc foi menor em maturidades tardias sendo que o híbrido de textura dura pode ser utilizado para silagem no que tange ao Cc e rendimento em maturidades mais tardias em maiores Tp.

PALAVRAS-CHAVE: Colhedora. Eficiência. Ensilagem. Textura dentada. Textura dura.

INTRODUÇÃO

Por apresentar características desejáveis de uma planta para ensilagem, o milho é a cultura mais utilizada nos sistemas de produção de ruminantes, seja de corte ou leite. Para tanto, são encontrados no mercado, materiais que se diferem em características morfofisiológicas para atender os diversos objetivos propostos, seja para a produção de grãos ou para silagem. Segundo Cruz et al. (2004), as cultivares de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura dos grãos, classificando-se em: dentadas, duras, semiduras ou semidentadas, sendo as de textura dentada, semidentada ou semidura indicadas para a confecção de silagem.

Em relação ao estágio de colheita, o enchimento do grão e a diminuição do valor nutritivo da planta são eventos concomitantes (FACTORI et al. 2008). No processo de ensilagem, a colheita mecanizada das plantas de milho consome a maior parte do combustível (SEKI, 2007). Assim, a eficiência dos sistemas de conservação de forragens

não deve ser avaliada somente pelo valor nutritivo do produto final, mas também pelos custos por kg de massa seca (MS) produzida. Green et al. (1985) já concluíram que a elevação dos custos de produção e a queda dos preços dos produtos agrícolas no mercado têm incentivado os produtores a buscar mecanismos eficientes com baixos custos de produção, dentre eles, o uso de máquinas.

Normalmente, a fase de preparo de solo, plantio e condução da lavoura do milho é a mais onerosa, correspondendo a 60 – 65% do custo total de produção, estando a ensilagem na faixa de 35 a 40%. Estes valores dependem de vários fatores, com destaque para o tipo e eficiência das máquinas e equipamentos. O custo de produção está diretamente relacionado à produtividade da cultura, sendo esse um dos itens mais importantes na escolha da cultivar (MIRANDA et al., 2008).

Segundo Silva (1997), a maximização do uso do trator agrícola e seus implementos, tornam-se fundamental como um dos fatores importantes na redução de custos de produção para aumentar a

eficiência do uso do combustível de modo que produza máxima quantidade de trabalho por unidade consumida. Segundo Mialhe (1996), os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela potência na TDP e pelo consumo de combustível.

Estudos conduzidos por Seki (2007) com o objetivo de quantificar a demanda energética no processo de ensilagem de milho indicaram baixo consumo horário de combustível ($7,40 \text{ L h}^{-1}$) e alto consumo de combustível por área ($34,2 \text{ L ha}^{-1}$), devido à baixa capacidade operacional do equipamento.

A energia gasta para redução da partícula na colheita, dependerá do grau de dureza, da película de cada produto e das características de moagem de qualquer grão (CONCEIÇÃO, 1984). Ainda, segundo Factori et al. (2008) deve-se dar preferência aos grãos de milho de textura dentada devido ao menor consumo de energia na moagem em comparação com os grãos de milho de textura dura.

Para tanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo de energia na colheita de híbridos de milho para ensilagem em função de duas texturas (dentada e dura), quatro estádios de colheita (1/2 leitoso, 1/4 leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas (fino, médio e grosso, 2; 7 e 11 mm respectivamente).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unesp - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Botucatu/SP, em área experimental da Fazenda Lageado. Os híbridos utilizados foram o híbrido Agrocere (AG 4051 - textura dentada) e Dow Agrosiences DOW 2B 710 (textura dura) cultivados sob sistema convencional, com espaçamento entre linhas de 0,85 m e 6,2 sementes por metro da cultura, totalizando 73.000 plantas por hectare, com área útil de 1 hectare para cada híbrido, e plantio em nível em área com declividade menor que 5 %. Os tratamentos consistiram em dois híbridos de milho, dentado e duro, colhidos em quatro maturidades (1, para 1/2 leitoso; 2, para o 1/4 leitoso; 3, para início de maturação fisiológica e 4, para a maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas (2, 7 e 11mm), segundo especificações da máquina colhedora de forragem utilizada, denominando-se fino, médio e grosso, respectivamente.

Para determinação da produtividade foram feitas quatro amostragens das plantas a 0,2 m de altura do solo em 1,20 m de linha correspondendo a 1 m^2 (1,20 x 0,85 m) para cada híbrido e estádios de

colheita utilizados. A produtividade de grãos na MS foi mensurada com a separação manual de grãos de quatro amostras por híbrido a cada estádio, antes do processo de picagem, mensurando assim, após a secagem do material em estufa, a percentagem de grãos na MS.

Para corte da forragem e instalação dos equipamentos e obtenção dos dados de consumo de combustível foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 610, tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) de 86 cv no motor com rotação da TDP de 540 rpm a constantes 1900 rpm para todos os tratamentos, para que fosse permitido verificar diferenças quanto a velocidade, consumo de combustível e rendimentos em geral. O trator possuía dois lastros traseiros de 50 kg em cada roda e 8 lastros dianteiros de 35 kg.

Na colheita e corte da forragem, utilizou-se colhedora de forragem, marca JF Máquinas, modelo JF92 Z10, provida de 10 facas e granulometria ajustada para 2, 7 e 11 mm de acordo com o manual da máquina para os respectivos tratamentos. O sistema de recolhimento da forragem da colhedora é por meio de rolos e para armazenagem do material, utilizou-se uma carreta de 1 eixo (Triton) acoplada à barra de tração, com capacidade de 4 toneladas.

Para medidas do consumo de combustível consideraram-se na área, linhas de colheita de 60 metros, as quais para a coleta de dados, foram acionadas mediante balizamento no início e no final de cada parcela medida na área (5 metros de estabilização e 10 metros de coleta, com quatro repetições, com total de 60 metros). Foram utilizadas a cada estádio de colheita, três parcelas de 60 metros para cada híbrido (três tamanhos de partículas). Foram descontadas três linhas de plantio (bordadura) a cada início de coleta para cada estádio.

Para medidas do consumo de combustível em função da granulometrias, foram utilizadas as especificações da colhedora de forragem utilizada com granulometrias ajustadas para 2, 7 e 11 mm. A cada corte das parcelas, efetuaram-se as trocas das engrenagens recomendadas, para que assim, fossem lidos os valores respectivos para cada parcela, de acordo com o híbrido e granulometrias usadas para cada estádio de colheita.

A obtenção dos dados de consumo de combustível e tempo gasto para cada parcela foi realizada utilizando-se um fluxômetro marca "Flowmate oval", modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 mL instalado próximo ao filtro de combustível do trator, registrando uma unidade de pulso a cada mL de combustível que passa pelo mesmo calculando-se assim, a quantidade de pulsos

e o tempo gasto para percorrer a parcela, o qual foi registrado em um painel com instrumentos eletrônicos indicadores (micrologger 21X, marca Campbell Scientific). Cabe ressaltar que para a coleta dos dados foi utilizada a mesma equipe para que não ocorressem erros quanto a padronização da técnica em virtude do recurso humano utilizado.

Para cálculo de velocidade de deslocamento na parcela, consumo horário de combustível, consumo de combustível por área trabalhada e consumo por kg de MS processada foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Velocidade de deslocamento

$$V = \frac{Dp}{Tp} * 3,6 \quad \text{em que:}$$

V= Velocidade de deslocamento em km/h;
Dp= distância percorrida em metros = 10;
Tp= tempo gasto por parcela em segundos;
3,6= fator correção.

Consumo horário de combustível

$$Ch = 3,6 * \frac{Cc}{Tp} \quad \text{em que:}$$

Ch= Consumo horário de combustível: L h⁻¹;
3,6= fator correção;
Cc= consumo de combustível por parcela em litros;
Tp= tempo gasto por parcela em segundos.

Consumo de combustível por área trabalhada

$$Cha = Ch * \frac{T}{ha} \quad \text{em que:}$$

Cha= Consumo de combustível por área trabalhada em L ha⁻¹;
Ch= Consumo horário em L h⁻¹;
3,6= fator correção;
T/ha= tempo gasto por hectare.

Consumo por massa seca útil processada

$$CMS = Cha * \frac{kgMS}{ha} \quad \text{em que:}$$

CMS= Consumo por massa seca útil processada em L kgMS⁻¹;
Cha= Consumo de combustível/hectare em L ha⁻¹;
kgMS/ha= kg de massa seca útil colhida por hectare em kg.

Para determinação da potência teórica pelo combustível (KW), potência efetiva (KW) e o rendimento (ha h⁻¹), considerando a potência teórica

como a resultante da transformação total da energia interna do combustível em trabalho mecânico, foram determinadas por meio das equações:

Potência Teórica

$$Pt = \frac{(Ch * 0,852 * Pc * eq)}{3600 * 75 * 1,36} \quad \text{em que:}$$

Pt = potência teórica (KW);
Ch = consumo horário de combustível (L h⁻¹);
0,852 = massa específica do combustível (kg L⁻¹) (MIALHE, 1980);
Pc = 10110 - poder calorífico do combustível (kcal kg⁻¹) (MIALHE, 1980);
Eq = 427 - equivalente mecânico do calor (kgm kcal⁻¹);
3600 = segundos por hora;
75 = kgm por cv;
1,36 = fator de conversão.

Potência efetiva

$$Pe = \frac{(0,34 * Pt)}{1,36} \quad \text{em que:}$$

Pe = potência efetiva (kW);
0,34 = rendimento térmico mecânico (MIALHE, 1980);
Pt = potência teórica (cv);
1,36 = fator de conversão.

Rendimento

$$Re = \frac{\left(\frac{Tp}{10}\right) * 11765}{3600} \quad \text{em que:}$$

Re= Rendimento em ha.h⁻¹;
Tp: tempo percorrido por parcela em segundos;
10: tamanho da parcela em metros;
11765: metros de linha/ha com espaçamento de 0,80m;
3600: segundos em uma hora.

Ao final da colheita de cada parcela que corresponde a um tratamento (dois híbridos, quatro estádios e três tamanhos de partículas), o material foi ensilado em baldes plásticos de 20 litros (24 baldes, com três repetições) que foram compactados, fechados e armazenados por 45 dias para posteriores análises e mensuração dos tamanhos de partículas, pelo método Penn State Forage Particle Separator de acordo com Kononoff et al. (2003), com duas repetições por tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas

subdivididas que foi analisado pelo SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0 (UFV, 2000), utilizando-se de análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade da cultura do milho é fator importante quanto a diluição dos custos no processo de ensilagem. Quanto mais produtiva a área

plantada, menores são os custos por kg de massa seca produzida. Na Tabela 1 estão apresentadas as produtividades de MS e as percentagens de grãos na massa ensilada. Houve aumento da produtividade para as maturidades mais avançadas de colheita com maiores valores para o estágio de maturação fisiológica para ambos os materiais utilizados, de textura dentada e dura. Em relação às percentagens de grãos, houve aumento para o híbrido de textura dura nas maturidades de início da maturação fisiológica e maturação fisiológica.

Tabela 1. Percentagem de matéria seca (%), produtividade de massa seca (kg/ha) e percentagem de grãos na matéria seca (%) em função dos híbridos e estádios de colheita utilizados.

Híbrido	Estádio	% MS	Produtividade (kg/ha) *	% de Grãos na MS **
Duro	½ leitoso	33	14.300 D	41 B
Dentado			13.940 D	37 B
Duro	¼ leitoso	38	15.725 C	42 B
Dentado			16.575 C	38 B
Duro	Início camada preta	47	22.443 B	44 A
Dentado			22.325 B	40 B
Duro	Camada preta	50	23.400 A	46 A
Dentado			23.300 A	41B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); *CV: 2,7%; **CV: 12,2%.

Com relação aos tamanhos de partículas utilizados (Tabela 2), as médias nas mesmas granulometrias sejam finas, médias e grossas não diferiram em função do híbrido e maturidades de colheitas utilizadas. Para tanto, houve diferenças entre os diâmetros de crivos de peneiras de 1,9; 0,78 a 1,9 e menor que 0,78 cm.

Para os resultados referentes ao consumo de combustível e aos demais parâmetros avaliados, foram influenciados pela interação tripla entre os fatores Híbrido*estádio de colheita*tamanho de partícula. Para tanto, seguem na Tabela 3 os valores obtidos para velocidade, consumo de combustível por hora, consumo por hectare e consumo por kg de MS produzida.

Para a velocidade de deslocamento, houve diferenças em função das maturidades somente para o híbrido de textura dura. Embora os trabalhos não recomendem maturidades mais avançadas de colheita, constatou-se maiores valores para estas maturidades ($4,3 \text{ km h}^{-1}$), que pode ser explicado em função do menor teor de água da forragem cortada. Embora o híbrido de textura dura admite maior dureza de grão em estádios mais avançados (DEMARQUILLY; ANDRIEU, 1996), este fator não foi determinante para diminuir a velocidade do conjunto máquina colhedora. Em relação ao tamanho de partícula, verifica-se que a velocidade

tornou-se maior em maturidades mais avançadas de colheita, à medida que aumentou o tamanho de partícula.

Para o consumo de combustível por hora e por hectare verifica-se que para o híbrido dentado, o consumo horário aumentou em maturidades mais precoces de colheita ($9,3 \text{ L h}^{-1}$) e em menores tamanhos de partículas, excetuando-se pontualmente a maturidade de maturação fisiológica no maior tamanho de partícula. Para o híbrido de textura dura, os valores de consumo horário aumentaram em maturidades mais avançadas, porém somente em tamanhos de partículas mais finas ($8,4 \text{ L h}^{-1}$), evidenciando a influência do rearranjo de proteína e amido resultando na maior dureza dos grãos (CORREA et al., 2002).

Quanto ao consumo de combustível por kg de MS produzida, embora o comportamento dos híbridos seja diferente em relação ao rearranjo da proteína e amido dentro do grão contribuindo para maior ou menor dureza dos grãos, pode-se inferir que foi maior o consumo em maturidades mais precoces ($0,003$ e $0,002 \text{ L Kg MS}^{-1}$) para a textura dentada e dura respectivamente, sendo que em avançadas maturidades, em função da maior produção de massa, o consumo diminui em função de sua diluição, implicando assim em maior eficiência.

Tabela 2. Percentual do material retido nos respectivos diâmetros de crivos de peneira (menor que 0,78; 0,78 a 1,9 e maior que 1,9 cm) em função do tamanho de partícula (TP), estágio e textura de híbridos utilizados.

Textura	Estádio	TP	Diâmetro de crivo de peneira (cm)		
			1,9 >	0,78 -1,9	< 0,78
Dentada	½ Leitoso	Fino	6,6 Ac	56,8 Aa	36,5 Ab
		Médio	8,4 Bc	62,4 Ba	29,2 Bb
		Grosso	20,2 Cc	63,4 Ca	16,4 Cb
Dura		Fino	6,6 Ac	56,8 Aa	36,5 Ab
		Médio	7,2 Bc	53,5 Ba	39,3 Bb
		Grosso	13,9 Cc	63,7 Ca	22,3 Cb
Dentada	¼ Leitoso	Fino	5,7 Ac	44,3 Aa	50,0 Ab
		Médio	9,5 Bc	49,1 Ba	41,5 Bb
		Grosso	19,9 Cc	58,1 Ca	22,0 Cb
Dura		Fino	5,6 Ac	42,5 Aa	51,9 Ab
		Médio	10,9 Bc	46,4 Ba	42,7 Bb
		Grosso	24,4 Cc	50,4 Ca	25,2 Cb
Dentada	Início Maturação fisiológica	Fino	5,3 Ac	43,8 Aa	50,9 Ab
		Médio	9,4 Bc	43,4 Ba	47,2 Bb
		Grosso	15,5 Cc	55,4 Ca	29,1 Cb
Dura		Fino	4,7 Ac	40,1 Aa	55,2 Ab
		Médio	6,3 Bc	47,9 Ba	45,8 Bb
		Grosso	11,6 Cc	58,4 Ca	30,0 Cb
Dentada	Maturação fisiológica	Fino	8,4 Ac	42,9 Aa	48,7 Ab
		Médio	16,2 Bc	43,5 Ba	40,2 Bb
		Grosso	13,0 Cc	57,5 Ca	29,5 Cb
Dura		Fino	6,4 Ac	41,3 Aa	52,3 Ab
		Médio	8,3 Bc	41,1 Ba	50,6 Bb
		Grosso	17,4 Cc	53,7 Ca	28,9 Cb

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey – (P<0,05).

Tabela 3. Médias dos parâmetros velocidade (V; km h⁻¹), consumo horário de combustível (Ch; L h⁻¹), consumo de combustível por área (Ca; L ha⁻¹) e consumo de combustível por kg de massa seca produzida (CMS; L kgMS⁻¹), em função da interação híbrido (dentado e duro)*estádios de colheita (1/2 leitoso, ¼ leitoso, início maturação e maturação fisiológica, 1 a 4 respectivamente)*tamanhos de partículas (TP) onde: F-2; M-7 e G-11 mm.

TP	Híbrido Dentado (Estádios)				Híbrido Duro (Estádios)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
F	V	3,9	3,8	3,8	4,0	3,8 b	4,0 ab	4,1 a	4,0Bab
M	*	3,9	3,9	4,1	4,1	3,9 b	3,9b	4,2 ab	4,3 Aa
G		3,8	3,8	3,9	4,0	4,1 b	4,1 b	4,0 b	4,3 Aa
F		9,3 Aa	8,6 Ab	8,6 Ab	8,5 b	7,4 Bc	8,7Aab	7,9 Ab	8,4 Aa
M	Ch **	8,1 B	7,9 B	8,6 A	8,5	7,8 A	7,4 B	7,4 B	7,7 B
G		7,6Bab	7,3 Cb	7,4 Bb	7,9 a	7,4Bab	7,5 Ba	7,3 Bb	7,1 Cc
F		41,5	40,3	40,0	37,9	33,8ABb	35,9Aa	34,4Ab	36,8Aa
M	Ca	37,1	36,1	37,3	34,7	35,3 Aa	33,5Ab	31,8Bc	31,8Bc
G	***	35,3	34,1	32,9	33,9	32,4 Ba	32,7Aa	32,1Ba	29,1Cb

F		0,0030	0,0024	0,0018	0,0016	0,0022	0,0023	0,0015	0,0016
		Aa	Ab	Ac	C	AA	Aa	Ab	Ab
M	CMS	0,0027	0,0022	0,0017	0,0014	0,0023	0,0021	0,0014	0,0014
	****	Ba	Bb	Bc	D	AA	Bb	BC	Bc
G		0,0026	0,0021	0,0015	0,0014 c	0,0021	0,0021	0,0014	0,0012
		Ba	Ca	Ca		BA	Ba	BB	Cc

1: estágio ½ leitoso; 2: estágio ¼ leitoso; 3: início de maturação fisiológica e 4: maturação fisiológica; Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); *cv: 2,99%; **cv: 3,51%; ****cv: 4,23%; *****cv: 4,25%.

Para a potência efetiva (Tabela 4) comportou-se de forma semelhante, também com maior ênfase para o híbrido de textura dentada (33 KW). Embora seja indicado para silagem, a partir dos dados observados, pode-se inferir que o teor de água da silagem influenciou de forma mais direta o

híbrido dentado onde, o conjunto parte vegetativa (folhas e colmos) e grãos, influenciou a potência requerida do conjunto máquina colhedora, considerando que o híbrido de textura dura é indicado e selecionado para a produção de grãos, com menor produção de massa.

Tabela 4. Médias dos parâmetros requerimento de potência teórica (PT; KW), potência efetiva (Pe; KW) e rendimento (Re; ha h⁻¹), em função da interação híbrido (dentado e duro)*estádios de colheita (1/2 Leitoso, ¼ leitoso, Início maturação e matura fisiológica, 1 a 4 respectivamente)*tamanhos de partículas (TP) onde: F-2; M-7 e G-11 mm.

TP	(P)	Híbrido Dentado (Estádios)				Híbrido Duro (Estádios)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
F	Pt *	95 Aa	88 Ab	88 Ab	88Ab	76 c	83 Aab	82 Ab	86 Aa
M		89 B	81 B	88 A	82 B	76	74 B	74 B	79 B
G		79 Bab	75 Cb	77 Bb	81 B	74 a	74 Ba	75 Bb	73 Cc
F	Pe *	33 Aa	30 Ab	30Ab	30 b	26c	28 Aab	28 Ab	29 Aa
M		29 B	28 B	30 A	29	26	26 B	26 B	27 B
G		27 Bab	26 Cb	26 Bb	28 a	26 ab	26 Ba	25 Bb	25 Cb
F	Re **	4,5	4,7	4,7	4,4	4,1b	4,3 b	4,4 ab	4,4 ab
M		4,6	4,6	4,4	4,3	4,1b	4,3 b	4,5 ab	4,5 a
G		4,6	4,7	4,5	4,4	4,4b	4,4 b	4,5 a	4,6 a

1: estágio ½ leitoso; 2: estágio ¼ leitoso; 3: início de maturação fisiológica e 4: maturação fisiológica; Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); *cv: 3,51%; **cv: 3,10%.

Sobre o rendimento, não foi significativo para o híbrido de textura dentada, porém, em maiores tamanhos de partícula observaram-se maiores rendimentos para o híbrido de textura dura, não sendo influenciado pelo tamanho de partícula. Segundo Flaresso et al. (2000) as produtividades dos híbridos de milho variaram entre 18.092 e 23.869 kg ha⁻¹, independente da textura. Considerando o aspecto de dureza de grãos e quantidade de massa picada, torna-se fundamental o conhecimento da participação destes grãos uma vez que apresentam diferenças de arranjo de suas estruturas (KOTARSKI et al., 1992) determinando desta forma maior requerimento de energia para quebrá-los (FACTORI et al. 2008). Assim é de extrema importância quantificar em relação ao consumo de combustível por kg de MS processada, uma vez que as texturas dos grãos dos híbridos utilizados foram diferentes.

Em relação à percentagem de grãos na MS, Sarti et al. (2005) verificaram valores variando de 35 a 55%, semelhantes ao encontrado no presente experimento. No entanto, verifica-se que os valores para o híbrido de textura dura, foram maiores uma vez que estes híbridos são selecionados para produção de grãos. Um aspecto interessante foi o pequeno aumento para o híbrido de textura dura e o decréscimo para a textura dentada, mostrando à maior participação de folhas e colmos na massa ensilada, nestes híbridos de textura dentada indicados para produção de silagem em função do maior aproveitamento e maior produção de massa.

Os tamanhos de partículas encontrados não diferiram dentro das granulometrias utilizadas, não corroborando com Garbuio et al. (2006) que concluíram que para um mesmo tamanho de fragmento na ensilagem, foram necessárias diferentes regulagens da colhedora de forragens

conforme o híbrido escolhido em virtude de sua textura. Embora o presente estudo não fora para avaliar a máquina quanto à eficiência de picagem, salienta-se que nas mesmas engrenagens utilizadas para compor os tratamentos, os tamanhos de partículas não diferiram, uma vez que para o efeito consumo de combustível foi necessário permanecer as mesmas engrenagens para ambos os híbridos nos estádios colhidos, para mesmo efeito de rotação e potências requerias.

Embora a participação dos grãos na massa ensilada seja ao redor de 40%, pode-se inferir que este rearranjo nos grãos de milho não contribui para o maior consumo de combustível em estádios mais tardios de colheita. Os grânulos de amido dentro das células se apresentam envoltos por uma matriz protéica que possui diferentes localizações no grão, em função da vitreosidade do grão (textura dentada ou dura). Nos grãos dentados, a matriz protéica acaba tendo distribuição esparsa e fragmentada no endosperma farináceo segundo Correa et al. (2002). A proporção de amilose no grânulo de amido varia de 14 a 34%, enquanto que a amilopectina representa cerca de 70 a 80% do total de amido presente nos grãos de milho (KOTARSKI et al., 1992).

A proporção de amilose:amilopectina influencia a digestibilidade do amido. Desta forma, fontes de amido com maiores teores de amilopectina, como o grão de milho imaturo, podem apresentar maior digestibilidade (JOBIM et al., 2003), sendo o estádio de colheita um fator importante neste aproveitamento. A eficiência dos sistemas de conservação de forragens não deve ser avaliada somente pelo valor nutritivo do produto final, mas também pelos custos por kg de MS produzida. As perdas físicas intrínsecas ao processo de ensilagem, a exemplo da perda de forragem no campo durante a colheita tornam-se significativas quando em maturidades de colheita mais avançadas. Assim, a ensilagem deve ser feita de forma a proporcionar baixos custos de produção para que seja viável sua utilização, aliando-se o processamento deste material a maturidades de colheita que proporcionem menor custo e maior viabilidade por kg de MS produzida.

Cabe ressaltar que segundo Caletine et al. (2001) o híbrido de textura dura na maturação fisiológica, diminui consideravelmente seu aproveitamento sendo que nas maturidades dentado inicial e metade da linha do leite, as degradações da matéria seca foram semelhantes. O tratamento mecânico pode ser realizado principalmente pelo esmagamento dos grãos ou cortes para diminuir a fração vegetativa da planta. Segundo Passini et al.,

(2004) o tamanho de partícula influencia os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e outros nutrientes no rúmen. Para tanto, a escolha do híbrido correto deve ser mais abrangente, levando-se em consideração o maior número de fatores possíveis, principalmente o fator aproveitamento.

Considerando a demanda pelo conjunto máquina colhedora, todo em qualquer fator que imprima maior ou menor potência, requer gastos diretos para o produtor. Em função dos dados encontrados para a Pt (130 e 103 cv, textura dentada e dura respectivamente) pode ser explicado em função do maior teor de água na planta (BAL; SHAVER, 1997) e menores tamanhos de partícula sendo este para o híbrido dentado. Neste caso, pode-se inferir que o fator “embuchamento” ou a grande quantidade de material retido no conjunto de facas em função da maior umidade, pode ter ocorrido. Toda e qualquer adaptação da máquina no sistema ou do sistema a máquina, por meio do uso de cultivares adequadas, podem imprimir maior eficiência ao sistema. O uso da granulometria correta, bem como a textura adequada aumenta a eficiência e sobretudo o rendimento do conjunto.

Estudos conduzidos por Seki (2007) com o objetivo de quantificar a demanda energética no processo de ensilagem de milho indicaram baixo consumo horário de combustível (7,40 L h⁻¹) e alto consumo de combustível por área (34,2 L ha⁻¹), devido à baixa capacidade operacional do equipamento. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento foi reduzida devido ao grande volume do material a ser processado, visto que, o aumento da velocidade de deslocamento, proporciona o aumento das perdas por tombamento de plantas e do tamanho das partículas da forragem processada, o que em parte foi observado no presente estudo em função da maior dureza dos grãos para o híbrido de textura dentada.

Factori et al. (2008) trabalhando com moagem de grãos de milho de textura dentada e dura concluíram que em granulometria de menor Diâmetro Geométrico Médio - DGM (570 mm) deve-se dar preferência por grãos de milho de textura dentada devido ao menor consumo de energia (13%) em comparação com os grãos de milho de textura dura.

Segundo Conceição (1984), a energia consumida para redução da partícula na colheita, é decorrente do grau de dureza, da película de cada produto e das características de moagem de qualquer grão triturado.

CONCLUSÕES

A utilização do híbrido de milho de textura dura para ensilagem é recomendada em virtude do menor consumo de combustível na colheita.

A colheita do milho para ensilagem no estádio de início de maturação fisiológica e maturação fisiológica apresenta menor consumo de

combustível e maior rendimento do conjunto mecanizado.

A maior granulometria de colheita (11 mm) resultou em menor consumo de combustível e maior rendimento operacional como um todo no processo de ensilagem.

ABSTRACT: Corn is the crop most used for making silage. The efficiency of the process should also be evaluated by cost per kg of dry matter harvested (kgDM). The objective of this study was to evaluate energy consumption in the harvest of corn hybrids for silage depending on the texture of the hybrid, four and three harvest maturities of particle sizes - Tp was used a tractor Massey Ferguson MF 610 model 86 cv. Cutting and harvesting the forage harvester is used model JF92 Z10. To obtain data on fuel consumption (CC) and time spent for each plot, we used a flow meter, installed near the fuel filter of the tractor. The experimental design was completely randomized in a split plot. The interaction between factors triple stage hybrid * Harvest * Tp. The velocity and displacement of the tractor were different for the maturities for hybrid hard texture. The CC schedule for hybrid dent increased harvest maturity earlier and at lower Tp. Consumption was lower by kgDM later maturity, hard texture and bite respectively. The theoretical power was higher in earlier maturity and yield were higher for hybrid hard texture in the most advanced. The CC was lower in late maturity and the hybrid hard texture can be used for silage in relation to the Cc and income in later maturity in higher Tp.

KEYWORDS: Dent Texture. Efficiency. Hard texture. Harvester. Silage.

REFERÊNCIAS

- BAL, N.; SHAVER, R. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 2497-2503, 1997.
- CALESTINE, G. A.; PEREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S.; VON PINHO, R. G.; CORREA, C. E. S. Effect of corn grain texture and maturity on ruminal in situ degradation. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 419, 2001. Supplement 1.
- CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N., LAUER, J. G., KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.
- CONCEIÇÃO, E. P. **Consumo de energia no processamento de milho (*Zea mays* (L) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em moinhos a martelos**. Botucatu, 1984. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- CRUZ J. C.; CORRÊA L. A.; PEREIRA FILHO I. A.; PEREIRA F. T. F.; GUISTEM J. M.; VERSIANI, R. P. **Cultivares de Milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**, ISSN 0102-0099 Dezembro, 2004 Sete Lagoas, MG, 2004.
- DEMARQUILLY, C.; DULPHY, J. P. Effect of ensiling on feed intake and animal performance. **Proceedings International Meeting on Animal Production from Temperate**. Grasslands. Dublin, p.53-61, 1977.
- FACTORI, M. A.; COSTA, C.; BIAGGIONI, M. A. M.; SALEH, M. A. D. Avaliação do consumo de energia elétrica em duas granulometrias de moagem de grãos de milho de textura dentada e dura. **Boletim da Indústria Animal**, N. Odessa, v. 65, n. 2, p. 83-88, abr./jun. 2008.
- FLARESSO J. A.; GROSS, C. D., ALMEIDA, E. X. Cultivares de milho(*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1608- 1615, 2000.

- GARBUIO, P. W.; WEIRICH NETO, P. H.; DELALIBERA, H. C.; SOUZA, N. M.; LOPES, A. R. C.; PEREIRA, J. R. A. Processamento de plantas inteiras de híbridos de milho (zea mays) para silagem XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola **Anais...** CD ROM 31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB.
- GREEN, M. K.; STOUT, B. A.; SEARCY, S. W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 2, p. 346, 1985.
- JOBIM, C. C.; BRANCO, A. B.; SANTOS, G. T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. In: V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite. **Anais...** Goiânia – Goiás, maio 2003. p. 357-376.
- KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 5, p. 1858-1863, 2003.
- KOTARSKI, S. F., WANISHA, R. D., THUR, K. K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, v. 122, p. 178-190, 1992.
- MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, v.1, 289 p. 1980.
- MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas ensaios e certificação**. Piracicaba, FEALQ, 1996. 722p.
- MIRANDA, J. E. C.; RESENDE, H; VALENTE; J. O. SILAGEM DE MILHO. Artigo técnico <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/sala/artigos/artigolinha.php?id=40>, Acesso 23/08/2008.
- PASSINI, R.; BORGATTI, L. M. O.; FERREIRA, F. A.; RODRIGUES, P. H. M. Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 271-276, mar. 2004.
- SARTI, L. L.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; JACOBS, F. Degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibra de silagens de milho e de capim-elefante **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2005.
- SEKI, A. S. **Demanda energética no processo de ensilagem de milho**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 101 f. Botucatu, 2007.
- SILVA, S. L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas**. Botucatu, 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA . Sistema de Análise Estatística e Genéticas **SAEG**. Versão 9.0. Viçosa: 2000.