



Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita

Fábio Cortez Leite de Oliveira¹, Clóves Cabreira Jobim¹, Michele Simili da Silva¹, Moyses Calixto Junior¹, Valter Harry Bumbieris Junior¹, Juliano Roman¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Avenida Colombo, 5.790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

RESUMO - Cinco híbridos de milho foram avaliados quanto à produtividade de matéria seca, ao valor nutritivo da silagem e à produtividade de leite. Os híbridos avaliados foram AS 32, AG 9090, CD 308, DKB 747 e P 30F87, colhidos em três alturas de corte: 15, 35 e 55 cm. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Para confecção das silagens, utilizaram-se silos experimentais de PVC com 20 cm de diâmetro e 40 cm de altura. A produtividade de leite, por tonelada de silagem (eficiência alimentar) e por hectare, foi estimada pelo modelo Milk2006. A produtividade de forragem ensilável reduziu com o aumento da altura de colheita, com resultados de 14,6; 13,0 e 12,6 t/ha MS para as alturas de colheita de 15 cm, 35 cm e 55 cm, respectivamente. O híbrido de milho e a altura de colheita influenciaram a composição bromatológica das silagens, com exceção do teor de extrato etéreo (EE), que não foi influenciado pela altura de colheita. Ocorreu interação híbrido × altura de colheita para o teor de amido, a digestibilidade *in vitro* da MS e da fibra em detergente neutro (FDN) e o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT). Houve efeito da altura de colheita sobre a eficiência alimentar, cujos valores médios foram de 1.226, 1.291 e 1.393 kg leite/t silagem nas alturas de colheita de 15, 35 e 55 cm, respectivamente. Observou-se também efeito do tipo de híbrido sobre a produtividade de leite e a eficiência alimentar, com melhores valores verificados para o híbrido DKB 747 colhido na altura de 55 cm. Ao elevar a altura de colheita, melhora-se o valor nutritivo da silagem sem prejudicar a produtividade de leite por hectare. O manejo da altura de corte não substitui a escolha de melhores híbridos para produção de silagem de alta qualidade e produtividade.

Palavras-chave: digestibilidade, eficiência alimentar, produtividade de leite

Productivity and nutritional value of silage of corn hybrids with different heights of harvest

ABSTRACT - Five corn hybrids were evaluated to the productivity of dry matter, nutritive value of silage and milk yield. The hybrids evaluated were AS 32, AG 9090, CD 308, DKB 747 and P 30F87, harvested at three cutting heights: 15, 35 and 55 cm. The experimental design was a randomized block with split plots and three replicates. Experimental silos of PVC with 20 cm of diameter and 40 cm of height were used. Milk yield per ton of silage (feed efficiency) and milk production per hectare were estimated by using the model Milk2006. The productivity of ensilable forage decreased with increase in height of harvest, with results of 14.6, 13.0 and 12.6 t/ha DM for the cut heights of 15 cm, 35 cm and 55 cm, respectively. Corn hybrid and cut height influenced chemical composition of silage, except for EE, which was not influenced by cut height. There was an interaction hybrid × cut height for the content of starch, *in vitro* digestibility of DM and of neutral detergent fiber (NDF), and content of total digestible nutrients (TDN). Cut height affected feed efficiency whose average values of 1,226, 1,291 and 1,393 kg milk/t silage at the cut heights of 15, 35 and 55 cm, respectively. It was also observed effect of type of hybrid on milk yield and feed efficiency, with the best values recorded for the hybrid DKB 747 harvested at 55 cm of height. By raising the height of harvest, the nutritional value of silage is improved, with no influence on milk yield per hectare. The management of the height of cut does not replace the choice of better hybrids for production of silage with high quality and productivity.

Key Words: digestibility, feed efficiency, milk yield

Introdução

Tradicionalmente, os híbridos que produzem mais grãos são os escolhidos para ensilagem. Entretanto, Coors et al. (1994) comprovaram que híbridos selecionados

para alta produção de grãos podem não ser os de maior digestibilidade. Nesse contexto, tem sido demonstrada a existência de variação genética para qualidade nutritiva da forragem de milho (Argillier et al., 1998; Argillier et al., 2000; Frey et al., 2004).

Trabalhos realizados em relação ao estágio de maturação do milho mostram forte variabilidade na degradação ruminal do amido em função do genótipo (Philippeau et al., 1996). Híbridos de milho se diferenciam pela textura do endosperma (dentados, duros) (Majee et al., 2003). Philippeau et al. (1999), estudando as relações entre a degradação ruminal do amido e as características físicas do grão de milho em 14 híbridos de milho, observaram uma degradabilidade média efetiva de 50%, variando de 39,7% para os grãos com textura dura (flint) a 71,5% para o grão dentado.

Atualmente, deve-se optar por híbridos que apresentem, além de elevada produção de matéria seca e contribuição de grãos na massa ensilada, maior digestibilidade da fração fibrosa da planta (Mello et al., 2005). Estudos de Oba & Allen (1999ab, 2000) demonstraram que maior digestibilidade da fibra da forragem, incrementa a ingestão de matéria seca e a produtividade de leite de vacas de alto mérito genético. Esses resultados orientaram novas pesquisas para a digestibilidade da fibra da silagem de milho (Thomas et al., 2001). Uma alternativa para aumentar o valor nutritivo da silagem de milho é elevar a altura de colheita das plantas, concentrando grãos e reduzindo a participação de colmo e folhas velhas na forragem (Neylon & Kung Junior, 2003).

Wu & Roth (2005), revisando 11 estudos sobre manejo da altura de colheita (de 15 cm para 45 cm), encontraram aumento nos teores de MS, PB e amido e redução nos teores de FDN e FDA, com melhoria de 4,7 e 5% na digestibilidade da MS e FDN, respectivamente. Kung Junior et al. (2008) também encontraram aumento na concentração de alguns nutrientes (PB, amido e energia), mas a elevação da altura de colheita (de 15 cm para 50 cm) não alterou a digestibilidade da FDN. Já Bernard et al. (2004), ao elevar de 10 cm para 30 cm a altura de colheita do milho, não obtiveram aumento na qualidade da silagem ou na produção animal.

O objetivo neste estudo foi avaliar o efeito de três alturas de colheita sobre a produtividade de forragem e o valor nutritivo da silagem de cinco híbridos de milho.

Material e Métodos

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá na região Noroeste do Paraná (23°21'13"S - 52°04'27"O; 550 m de altitude). O clima é classificado como Cfa (subtropical úmido), conforme classificação climática de W. Köppen. As parcelas foram estabelecidas em solo classificado pela Embrapa (2006) como Latossolo vermelho distroférrico textura arenosa, em uma área anteriormente (1998 a 2006) utilizada como pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu). Os valores da análise de solo indicaram pH CaCl₂: 4,4; pH água: 5,3; P (Mehlich 1) 0,6 mg/dm³; C 3,87 g/dm³; K⁺ 0,07 cmol_c/dm³; Al³⁺ 0,5 cmol_c/dm³; Ca²⁺ 0,86 cmol_c/dm³; Mg²⁺ 0,19 cmol_c/dm³; soma de bases 1,12 cmol_c/dm³; CTC 4,29 cmol_c/dm³; V% 26,11.

No preparo convencional do solo, com utilização de grade de discos, a área experimental recebeu 2 t/ha de calcário dolomítico. Durante o plantio, foram aplicados 530 kg/ha de adubo na fórmula 4-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) e, após 30 dias de emergência das plantas, feita adubação em cobertura com 200 kg/ha de ureia. Na condução da cultura, foram aplicados 4 L/ha de herbicida, com ingrediente ativo atrazina 370 g/L e metolaclo 290 g/L. Contra uma infestação da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foram aplicados 250 mL/ha de inseticida com ingrediente ativo Lefenurom 50 g/L.

A precipitação acumulada do plantio à colheita foi de 596 mm ficando 100 mm abaixo da média histórica (11 anos) para o mesmo período. A temperatura média do ar foi de 25°C e a umidade relativa do ar de 71% em média.

Cinco cultivares híbridos de milho (Tabela 1) foram avaliadas em três alturas de corte (15, 35 e 55 cm) acima do nível do solo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Os híbridos foram semeados em 23 de outubro de 2006 em parcelas de 2.100 m², com espaçamento entre linhas de 0,90 m e densidade

Tabela 1 - Características genotípicas dos híbridos de milho¹

Híbrido ²	Tipo	Ciclo	Graus-dia ³	Uso	Textura do grão
AS 32	Híbrido duplo	Precoce	870	Grãos e silagem	Semiduro
AG 9090	Híbrido simples	Precoce	830	Grãos e silagem	Semidentado
CD 308	Híbrido duplo	Precoce	800	Grãos e silagem	Semiduro
P 30F87	Híbrido triplo	Semiprecoce	SI	Produção de grãos	Semiduro
DKB 747	Híbrido duplo	Precoce	845	Grãos e silagem	Semiduro

¹ Fonte: Registro de cultivares de milho no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.

² AS 32: empresa Agroeste S/A Monsanto (Xanxerê-SC, CP 185); AG 9090: empresa Agrocere Biomatrix Monsanto (Rio Claro/SP); CD 308: Coodetec - Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Cascavel/PR CP 301); P 30F87: empresa Pioneer Hi-Bred DuPont (Iowa-EUA); DKB 747: empresa DeKalb S/A Monsanto (Illinois - EUA).

³ Soma térmica até florescimento masculino; SI = sem informação.

teórica de semeadura de 70.000 plantas/ha. As alturas de colheita foram alocadas nas subparcelas (700 m²). Três linhas laterais e 5 m das extremidades da parcela principal foram considerados como bordadura e serviram como área de amostragem para determinar o momento da colheita. A linha de leite foi usada como um indicador visível do momento de colheita (Wiersma et al., 1993), que ocorreu no estágio de ½ linha de leite ou cerca de 34% de MS.

Os híbridos AS 32, AG 9090, CD 308, DKB 747 e P 30F87 foram colhidos nos dias 25, 26, 30, 31 de janeiro e 1º de fevereiro de 2007, respectivamente. Nas subparcelas foram preparadas cinco amostragens aleatórias de 1 m linear cada. As plantas foram cortadas nas alturas de colheita estabelecidas, com auxílio de um bastão graduado. As amostras foram agrupadas, identificadas e, em seguida, os materiais foram picados em triturador estacionário e imediatamente ensilados. Foram utilizados 45 silos experimentais de PVC com 20 cm de diâmetro e 40 cm de altura. A compactação do material foi realizada com auxílio de bastão de madeira e o fechamento com lona plástica preta de polietileno e amarradas com fita adesiva. Para determinação da massa específica na ensilagem, os silos foram pesados e, em seguida, armazenados em local coberto e ventilado por 125 dias.

Após abertura dos silos, os 10 cm superiores e os 5 cm inferiores de silagem foram desprezados e o restante do conteúdo foi retirado e homogeneizado. Uma amostra de silagem foi separada (1 kg) para análises químicas e outra amostra (0,7 kg) para determinação do pH. Para determinar o pH foi retirado o extrato aquoso do material em prensa hidráulica e medida a acidez diretamente com potenciômetro (Wilson & Wilkins, 1972). As demais amostras foram secas a 55°C por 72 horas em estufa com circulação forçada de ar. As amostras secas foram moídas em moinho estacionário tipo “Willey” com peneira de 1 mm de malha.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. Em todas as amostras foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), amido (AMI), digestibilidade *in vitro* da MS com 48 h de incubação (DIVMS_48 horas), digestibilidade *in vitro* da parede celular com 48 h de incubação (DIVFDN_48 horas), capacidade tampão (CT) e nitrogênio amoniacal (NH₄).

Determinou-se a MS em estufa a 105°C por 12 horas e o conteúdo de cinzas (MM) pela combustão das amostras

a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990). A matéria orgânica foi obtida por diferença $MO (\%) = 100 - MM$, segundo (AOAC, 1984). O conteúdo de nitrogênio foi determinado pelo método micro-Kjeldahl, a PB foi calculada como $N \times 6,25$ e o EE por meio de solvente (AOAC, 1990). A FDN foi determinada de acordo com Van Soest et al. (1991) com adição de amilase, usando o sistema Ankon²⁰⁰ para análise de fibras (Ankon Technology, Fairport, NY). O sulfito não foi adicionado. As análises de FDA e LDA foram determinadas de acordo com Van Soest & Robertson (1985). O teor de amido foi determinado pelo método de Poore et al. (1989), adaptado por Pereira & Rossi (1995).

Na determinação da DIVMS_48 horas, foram colocados 0,25 g de amostra em sacos F57-Filter Bags, lavados em acetona e incubados a 39°C na Daisy^{II} (Ankon Technology, Fairport, NY), seguindo o procedimento de Goering & Van Soest (1970). O líquido ruminal inoculante foi obtido de vacas da raça Holandesa fistuladas no rúmen, recebendo dieta à base de silagem de milho. O resíduo indigestível foi tratado com solução de detergente neutro de acordo com método já descrito, utilizado para análise de FDN (Van Soest et al., 1991). A DIVFDN_48 h foi determinada usando a seguinte equação: $DIVFDN = 100 - (FDN \text{ remanescente em } t = 48 \text{ h} / FDN \text{ no } t = 0 \text{ h}) \times 100$.

Na determinação da capacidade tampão, utilizou-se metodologia descrita por Playne & McDonald (1966). Aproximadamente 15 g de amostra de silagem foram diluídas em 250 mL de água destilada e realizada titulação para pH 3,0 com HCl (0,1 N) e, posteriormente, titulado com NaOH (0,1 N) para pH 6,0. Foram determinados também a porcentagem de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), expressa como porcentagem do nitrogênio total e o pH da silagem (Bolsen et al., 1992).

O consumo de MS foi estimado pela equação de Schwab et al. (2003). Com o auxílio do modelo Milk2006, desenvolvido por Shaver & Lauer (2006), foram geradas estimativas da energia líquida para lactação (EL_l), nutrientes digestíveis totais (NDT), produtividade de leite/t de silagem (eficiência alimentar) e produtividade de leite/ha.

Antes de realizar as análises estatísticas, as variáveis foram testadas quanto à sua normalidade da variância pelo teste de Shapiro-Wilk. As análises exploratórias dos dados mostraram que todas as variáveis apresentaram distribuição normal ($P < 0,01$). Todos os dados são apresentados com base na MS. Os dados foram submetidos a análises de variância usando o procedimento GLM do programa estatístico SAS[®] (SAS Institute, 1999). Diferenças entre médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey. Os efeitos foram considerados significativos para $P < 0,05$. O

modelo matemático inclui os efeitos de tratamento, bloco, altura de colheita, além do erro experimental:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + e_{ij} + s_k + ts_{ik} + e_{ijk},$$

em que; Y_{ijk} = todas variáveis dependentes; μ = média das observações; t_i = efeito do i -ésimo híbrido de milho, sendo 1 (AS 32), 2 (AG 9090), 3 (CD 308), 4 (P 30F87) e 5 (DKB 747); b_j = efeito do j -ésimo bloco, sendo 1 (bloco 1), 2 (bloco 2) e 3 (bloco 3); e_{ij} = variação aleatória residual de híbrido e bloco (erro a); s_k = efeito da k -ésima altura de colheita, sendo 1 (15 cm), 2 (35 cm) e 3 (55 cm); ts_{ik} = interação entre híbrido e altura de colheita; e e_{ijk} = variação aleatória residual (erro b).

Resultados e Discussão

Não foram observadas interações entre híbrido e altura de colheita ($P > 0,05$) para as características produtivas. Não houve diferença ($P > 0,05$) na produtividade total de forragem entre os híbridos com média de 15,0 t de MS/ha. Com a elevação da altura de colheita a produtividade foi reduzida ($P < 0,05$). As produtividades médias de forragem ensilável foram de 14,6, 13,0 e 12,6 t MS/ha para as alturas de colheita

de 15 cm, 35 cm e 55 cm, respectivamente. Houve queda de 13,6% na produtividade de forragem ensilável ao se elevar de 15 cm para 55 cm a altura de colheita, valores de acordo com os estudos de Lauer (1998), Bernard et al. (2004) e Kung Junior et al. (2008), porém maiores do que a média (-7,4%) reportada por Wu & Roth (2005).

O teor de MS da forragem no momento da ensilagem foi semelhante ($P > 0,05$) entre os híbridos (Tabela 2), uma vez que a linha de leite foi usada como um indicador visível do momento de colheita. No entanto, as silagens apresentaram diferenças no teor de MS ($P < 0,01$) para híbridos e alturas de colheita. A silagem do híbrido CD 308 com 26,32% de MS foi 3,06% mais úmido que o DKB 747 (Tabela 3), não diferindo dos demais híbridos. Diferenças na massa específica e capacidade tamponante (Tabela 2) podem ter ocasionado diferentes padrões de fermentações, com diferentes produções de água. Com a elevação da altura de colheita de 15 cm para 35 e 55 cm houve aumento ($P < 0,01$) no teor de MS (Tabela 3). Esse aumento é bem documentado (Neylon & Kung Junior, 2003; Kennington et al., 2005; Kung Junior et al., 2008) e ocorre porque a espiga é normalmente mais seca que folhas e colmo.

Tabela 2 - Teor de matéria seca na ensilagem e características das silagens de híbridos de milho

Variável	Híbrido					Média	Pr>F ¹	CV ²
	AS 32	AG 9090	CD 308	P 30F87	DKB 747			
Matéria seca da forragem fresca (%)	29,48	29,00	28,60	29,41	30,60	29,42	ns	4,9
Massa específica (kg MV/m ³)	605b	620ab	666a	634ab	611ab	627	*	4,6
pH	3,57bc	3,52c	3,75a	3,71ab	3,75a	3,66	*	2,0
Capacidade tamponante (meq NaOH (0,1N)/(100 g MS))	31,92ab	33,90a	33,54b	34,97a	24,53c	31,17	**	4,4
N-NH ₃ /N total	3,88c	4,99ab	5,46a	4,26bc	5,55a	4,83	**	17,1

¹ Probabilidade de efeito significativo; * e ** representam nível de significância de $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,001$ respectivamente; ns = não-significativo $P > 0,05$.

² Coeficiente de variação (em porcentagem). a, b, c Médias com letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3 - Teor de matéria seca e composição química da silagem de híbridos de milho colhidos em diferentes alturas

Híbrido ¹	Matéria seca	Matéria orgânica	Proteína bruta	Extrato etéreo	Amido	Fibra em detergente neutro	Fibra em detergente ácido	Lignina em detergente ácido
	(%)	(%)	(%)	(%)	(g/kg MS)	(g/kg MS)	(g/kg MS)	(g/kg MS)
AS 32	27,26ab	958c	86,1	23,4b	186b	48,76ab	25,87ab	5,01b
AG 9090	28,24ab	960c	85,1	27,2a	195b	48,99ab	25,39b	5,01b
CD 308	26,32a	961bc	83,3	27,6a	171b	46,89b	26,02ab	4,97b
P 30F87	27,63ab	965ab	84,4	26,4ab	183b	51,77a	27,90a	6,02a
DKB 747	29,38b	967a	81,3	29,0a	243a	47,03b	26,05ab	5,43ab
					Altura de colheita ²			
15	26,56a	960b	82,1	25,1	159c	51,48a	27,61a	5,60a
35	28,02b	963a	83,7	27,3	203b	47,57b	26,17b	5,43a
55	28,72b	963a	86,3	27,7	225a	47,00b	24,96b	4,83b
Média	27,76	962	84,0	26,7	196	48,69	26,25	5,29
CV	4,60	0,22	5,63	11,00	9,06	5,92	5,67	10,67
Efeito ³	H, A	H, A	-	H	H, A, H*A	H, A	H, A	H, A

¹ Os valores representam a média das alturas de colheita das plantas. Detalhes sobre os híbridos ver Tabela 1.

² Os valores representam a média dos híbridos colhidos em três alturas de colheita (cm). CV = coeficiente de variação (em porcentagem).

³ Probabilidade de efeito significativo de H = híbrido, A = altura de colheita e H*A = interação híbrido e altura de colheita, $P \leq 0,05$.

Não houve diferença para os valores de massa específica entre as silagens, exceto do híbrido CD 308 em relação ao AS 32. O valor médio da massa específica das silagens foi de 627 kg/m³, evidenciando uma compactação adequada e semelhante àquelas obtidas em situações de fazenda, quando as condições de ensilagem são adequadas. Já em relação aos valores de pH e N-NH₃/N total houve efeito do híbrido, e todas as silagens apresentaram valores abaixo de 4,0 e 6,0, respectivamente, o que indica condições adequadas de fermentação. Também para a capacidade tamponante houve efeito de híbrido (P<0,05), com valor médio de 31,17 meq NaOH/100 g MS, valor este considerado dentro da faixa aceitável para a silagem de milho.

O teor de PB (média de 85,0 g/kg MS) não teve efeito (P<0,05) de híbrido e de altura de colheita. Já o teor de EE (média de 26,7 g/kg MS), mostrou efeito (P<0,05) de híbrido, mas não da altura de colheita (Tabela 3). A silagem do híbrido DKB 747 apresentou o maior teor de EE, enquanto o híbrido P 30F87 o menor. Embora o aumento na altura de colheita tenha mostrado elevação nos valores absolutos de EE, não houve diferença do corte a 15 cm (25,1 g/kg MS) para 55 cm (27,7 g/kg MS). Esse aumento pode ser explicado pela maior participação de grãos na massa ensilada. Ocorreu interação híbrido × altura de colheita somente para o teor de amido. O que foi explicado pelas diferenças no teor de amido entre os híbridos e pelo aumento da concentração desse componente em função do aumento na altura de corte. Neste caso, foi realizado o estudo da altura de corte dentro de híbrido. Para altura de corte foi realizado o estudo de regressão. As alturas de corte, para todos os híbridos, tiveram efeito linear positivo (P<0,05) nos valores de amido.

A silagem do híbrido DKB 747 se destacou pelo maior (P<0,01) teor em amido, nas três alturas de colheita (187; 247 e 294 g/kg MS). Entretanto, para as silagens dos híbridos CD 308 e P 30F87, a concentração de amido foi semelhante

(P<0,05) para a colheita a 35 ou 55 cm de altura (201 e 176 g/kg MS e 200 e 217 g/kg MS, respectivamente). Em média, o teor de amido foi de 159, 203 e 225 g/kg MS para as alturas de colheita de 15, 35 e 55 cm, respectivamente. Portanto, concentrando o teor de amido em 4,47 e 2,16 pontos percentuais a cada elevação da altura de colheita. Esse comportamento deve-se ao aumento na concentração de grãos com a elevação na altura de corte.

A colheita a 35 cm de altura reduziu (P<0,01) os teores de FDN e de FDA em 8,7% e 4,9%, respectivamente (Tabela 3). Entretanto, para lignina em detergente ácido, a redução (P<0,05) ocorreu somente com a colheita a 55 cm de altura (5,5%). A relação AMI/FDN foi superior (P<0,01) para o híbrido DKB 747 e houve aumento (P<0,01) conforme se elevou a altura de colheita. Similares alterações, na composição química da silagem de milho pela elevação da altura de colheita, têm sido reportado por outros autores (Restle et al., 2002; Neylon & Kung Junior, 2003; Bernard et al., 2004; Castañeda et al., 2005) e estão consistentes com o fato de que mais colmo e folhas fibrosas, lignificadas ficam na lavoura (Tolera & Sundstol, 1999). Além disso, de acordo com Verbic et al. (1995), espigas e folhas mais digestíveis representam grande proporção (40 a 50% do peso da planta) do total de MS na silagem com corte mais alto do milho.

Interação híbrido × altura de colheita foi observada para o valor nutritivo, mas não para as estimativas de produtividade de leite (Tabela 4). Bernard et al. (2004) observaram interações entre altura de colheita e dois híbridos de milho de semelhante composição e produtividade, mas com diferentes digestibilidades. Os autores constataram que houve aumento da digestibilidade para o híbrido de menor DIVMS na altura de 30,5 cm quando comparado com a colheita a 10,2 cm; o mesmo não ocorreu para o híbrido de maior DIVMS.

Tabela 4 - Digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e da FDN (DIVFDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia líquida para lactação (ELI) da silagem de cinco híbridos de milho colhidos em diferentes alturas e estimativas da produtividade de leite

Variável	Média dos híbridos ¹			Média	CV	Efeito Pr>F ²		
	15	35	55			H	A	H × A
	g/kg MS							
DIVMS_48h	72,16b	73,74ab	74,75a	73,55	2,92	**	*	*
DIVFDN_48h	46,13	44,83	46,28	45,74	5,81	**	ns	**
NDT (%)	63,98b	65,54b	68,63a	66,05	3,96	**	**	*
EL ₁ (Mcal/kg)	1,3435b	1,3958b	1,4696a	1,4030	4,49	**	**	ns
	Produção de leite							
kg/t MS	1226b	1291b	1393a	1303	6,70	**	**	ns
kg/ha	17956	16819	17791	17522	13,10	**	ns	ns

¹ Os valores representam a média dos híbridos colhidos em diferentes alturas (altura de colheita em cm). Detalhes sobre os híbridos ver Tabela 1.

CV = coeficiente de variação (em porcentagem).

² Probabilidade de efeito significativo de H = híbrido, A = altura de colheita e H × A = interação híbrido e altura de colheita; * e ** representam nível de significância de P<0,05 e P<0,001 respectivamente; ns = não-significativo P>0,05.

^{a, b, c} Médias com letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5%.

A composição da fração basal difere entre variedades e, em variedades mais digestivas, esta porção pode ser mais similar em composição e digestibilidade que a porção superior das plantas, quando comparadas a variedades com menor digestibilidade. Isso implica que o potencial de resposta animal ao aumento da altura de colheita pode não ser consistente para todas as variedades (Bernard et al., 2004).

Os resultados obtidos por Lewis et al. (2004) corroboram com a hipótese de Bernard e colaboradores quando concluem que o aumento da altura de corte pode ser bom manejo para híbridos Leafy, mas não para o híbrido Brown Midrib. Neste estudo, a elevação da altura de colheita de 15 para 55 cm aumentou significativamente ($P < 0,05$) a DIVMS (3,5%), o NDT (6,7%) e a EL_1 (9,3%), porém, sem alteração na DIVFDN ($P > 0,05$) e na relação LDA/FDN (10,87). A ausência de efeito sobre a DIVFDN pela maior altura de colheita é similar aos reportados por Kung Junior et al. (2008). Já na revisão de Wu & Roth (2005), silagem de milho colhida a 45 cm de altura teve DIVFDN 5% superior quando comparada à silagem colhida a 15 cm.

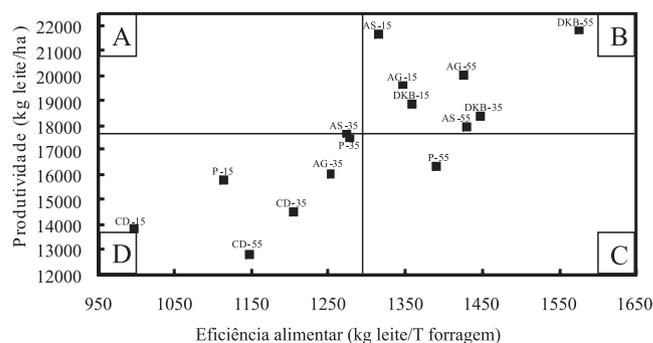
De acordo com a hipótese levantada por Kung Junior et al. (2008), a razão para pequena ou ausência de resposta na DIVFDN para maiores alturas de colheita pode ser por não haver diferenças ($P > 0,05$) na relação entre fibra e lignina ao longo das partes da planta, embora exista aparente diminuição na concentração de lignina na silagem de milho quando a altura de corte da planta se eleva.

Observou-se efeito de híbrido para todas as variáveis de valor nutritivo e para a estimativa da produtividade de leite. A digestibilidade *in vitro* da FDN dos híbridos AS 32, DKB 747 e AG 9090 não diferiram ($P > 0,01$) entre si (50,68; 48,09 e 47,41%, respectivamente) e foram superiores ($P < 0,01$) a dos híbridos P 30F87 e CD 308 (41,78 e 40,76% respectivamente) os quais também não diferiram entre si. Os híbridos com maiores ($P < 0,01$) DIVMS foram AS 32 e DKB 747 (76,96 e 75,56%, respectivamente) e os de menor ($P < 0,01$) os híbridos CD 308 e P 30F87 (72,18 e 69,81%, respectivamente). A ocorrência de interações entre híbridos e altura de colheita pode ser por diferenças na composição em lignina entre os híbridos (Jung & Deetz, 1993; Jung & Allen, 1995), já que não houve alterações da relação LDA/FDN. Kennington et al. (2005), estudando os efeitos da altura de corte e híbridos sobre a composição, ingestão e digestibilidade da silagem de milho em novilhas, encontraram diferença entre os híbridos para a digestibilidade e concluem que a composição genética do milho tem papel mais importante na digestibilidade da silagem do que a elevação da altura de corte na colheita.

Verificou-se efeito da altura de colheita sobre a eficiência alimentar, que foi maior quando o corte foi realizado a 55 cm

de altura. Na média de híbridos e alturas de colheita, a produtividade foi estimada em 1.303 kg leite/t silagem, com base na MS. Com isso, a produtividade de leite (17.956, 16.819, 17.791 kg leite/ha) foi semelhante nas três alturas de colheita (15, 35 e 55 cm, respectivamente). No estudo de Neylon & Kung Junior (2003), a elevação na altura de colheita de 12,7 para 45,7 cm aumentou a produtividade de leite por tonelada de silagem na forragem cortada com ½ linha de leite (1.625 vs 1.723 kg/t), mas não para forragem colhida com maturidade fisiológica do grão completa. A produtividade de leite por hectare não foi maior ($P < 0,05$) para ½ linha de leite e não foi afetada pela maior altura de corte. Bernard et al. (2004) encontraram diferença numérica entre híbrido e altura de colheita para as estimativas (Milk2000 Model) de produtividade de leite por hectare, mas não para produtividade de leite por tonelada de silagem. Já no ensaio com vacas da raça Holandesa, não observaram diferenças ($P > 0,10$) em produtividade de leite, concentração de gordura e proteína no leite entre variedades ou altura de colheita do milho. No entanto, a conversão de silagem em leite tendeu a ser maior ($P < 0,08$) para silagem produzida com corte a 30,5 cm quando comparada com aquela colhida a 10,2 cm, porém diferenças não foram observadas entre as variedades.

Apesar de os híbridos terem tido semelhantes produtividades de MS, o híbrido CD 308 teve os menores valores de produtividade de leite e eficiência alimentar estimado pelo modelo Milk2006, nas três alturas de corte, posicionando-se no quadrante D, que representa qualidade e produtividade abaixo da média dos híbridos avaliados (Figura 1). Por outro lado, o híbrido DKB 747 foi superior à média (quadrante B) nas três alturas de corte avaliadas.



A = alta produtividade e baixa qualidade; B = alta produtividade e alta qualidade; C = baixa produtividade e alta qualidade; D = baixa produtividade e baixa qualidade. AS = híbrido AS 32; AG = AG 9090; CD = CD 308; P = P 30F87; DKB = DKB-747. Números representam as alturas de colheita (cm).

Figura 1 - Relação entre produtividade e eficiência alimentar (qualidade) da silagem de híbridos de milho colhidos em três alturas usando o MILK 2006 (Shaver & Lauer, 2006).

Observaram-se para os híbridos AS 32, AG 9090 e P 30F87 colhidos a 35 cm de altura, valores semelhantes entre si. Para produtividade de leite por hectare, os híbridos AS 32, AG 9090 e DKB 747 colhidos a 15 cm de altura tiveram produtividade e qualidade acima da média. Já os híbridos CD 308 e P 30F87 posicionaram-se abaixo da média quanto à produtividade de leite por hectare nas três alturas de colheita. Os resultados do estudo sugerem que existem diferenças entre os híbridos para valor nutritivo e que o efeito de híbrido tem maior peso do que altura de colheita. Os híbridos de menor valor nutritivo mesmo com a elevação da altura de colheita foram inferiores aos híbridos de maior valor nutritivo para todas as alturas. Portanto, mais importante que o manejo da altura de colheita é a escolha do híbrido.

Conclusões

Híbridos com produtividades de MS semelhantes apresentam diferenças na composição química e no valor nutritivo. Com o aumento da altura de colheita de 15 para 35 cm e de 15 para 55 cm, é possível melhorar a qualidade e o valor nutritivo da silagem. A digestibilidade da parede celular e a produtividade de leite por hectare não se alteram com o aumento da altura de corte. O manejo da altura de corte não substitui a escolha de melhores híbridos para produção de silagem de alta qualidade e produtividade.

Referências

- ARGILLIER, O.; BARRIÈRE, Y.; DARDENNE, P. et al. Genotypic variation for *in vitro* criteria and relationships with *in vivo* digestibility in forage maize hybrids. **Plant Breeding**, v.117, p.437-441, 1998.
- ARGILLIER, O.; MÉCHIN, V.; BARRIÈRE, Y. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. **Crop Science**, v.40, p.1596-1600, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of analysis**. v.1, 15.ed. AOAC, Arlington, VA, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of analysis**. 14.ed. AOAC, Washington, DC, 1984.
- BERNARD, J.K.; WEST, J.W.; TRAMMELL, D.S. et al. Influence of corn variety and cutting height on nutritive value of silage fed to lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.87, p.2172-2176, 2004.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- CASTAÑEDA, F.G.; RAMOS, A.P.; HERNÁNDEZ, G.N. et al. Efecto de la densidad y altura de corte in el rendimiento y calidad del forraje de maíz. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, n.4, p.393-397, 2005.
- COORS, J.G.; CARTER, P.R.; HUNTER, R.B. **Silage corn**. In: HALLAUER, A.R. (Ed.) Specialty corns. Boca Raton, FL, 1994. p.305-340.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FREY, T.J.; COORS, J.G.; SHAVER, J.G. et al. Selection for silage quality and Wisconsin quality synthetic and related maize populations. **Crop Science**, v.44, p.1200-1208, 2004.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington, D.C.: ARS-USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379). 155p.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: **Forage cell wall structure and digestibility**. ASA - CSSA - SSSA, 677 S. Segoe Rd. Madison, WI 53711, USA, 1993. p.315-346.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2774-2790, 1995.
- KENNINGTON, L.R.; HUNT, C.W.; SZASZ, J.I. et al. Effect of cutting height and genetics on composition, intake, and digestibility of corn silage by beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1445-1454, 2005.
- KUNG JR, L.; MOULDER, B.M.; MULROONEY, C.M. et al. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with Brown Midrib corn silage fed to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.91 p.1451-1457, 2008.
- LAUER, J. [1998] **Corn silage cutting height**. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/forage/articles.htm#silage>>. Acesso em: 28/6/2007.
- LEWIS, A.L.; COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Hybrid, maturity, and cutting height interactions on corn forage yield and quality. **Agronomy Journal**, v.96, p.267-274, 2004.
- MAJEE, D.; SHAVER, R.D.; COORS, J.G. Characterization of corn endosperm properties in thirty-three germplasm sources for potential improvements in ruminal starch degradability. **Journal of Animal Science**, v.81, p.232-233, 2003.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G. et al. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.79-94, 2005.
- NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2163-2169, 2003.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of Brown Midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.135-142, 1999a.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of Brown Midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1333-1341, 2000.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.589-596, 1999b.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JUNIOR, P. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 1995. 25p.
- PHILIPPEAU, C.; CHAMPION, M.; MICHALET-DOREAU, B. Influence du genotype et du stade de maturité sur la digestion ruminale de l'amidon de maïs recolte au stade ensilage. In: SYMPOSIUM ON SILAGE MAIZE, 1996, Nantes. **Annales...** Nantes, 1996. p.379-380.
- PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F.D.; MICHALETDOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, v.77, p.238-243, 1999.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.

- RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L. et al. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1235-1244, 2002.
- SCHWAB, E.C.; SHAVER, R.D.; LAUER, J.G. et al. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.1-18, 2003.
- SHAVER, R.D.; LAUER, J.G. Review of Wisconsin corn silage milk per ton models. **Journal of Dairy Science**, v.89 (supply 1), 2006. p.282.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's Guide**. Version 8. SAS Institute Inc., Cary: 1999.
- THOMAS, E.D.; MANDEBVU, P.; BALLARD, C.S. et al. Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient, composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2217-2226, 2001.
- TOLERA, A.; SUNDSTOL, F. Morphological fractions of maize stover harvested at different stage of grain maturity and nutritive value of different fractions of the stover. **Animal Feed Science and Technology**, v.81, p.1-16, 1999.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Analysis of forages and fibrous foods. In: **A Laboratory manual for animal science**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VERBIC, J.; STEKAR, J.M.A.; RESNIK-CEPON, M. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. **Animal Feed Science and Technology**, v.54, p.133-148, 1995.
- WIERSMA, D.W.; CARTER, P.R.; ALBRECHT, K.A. et al. Kernel milkline state and corn forage yield, quality, and dry matter content. **Journal Produce Agricultural**, v.6, n.1, p.94-99, 1993.
- WILSON, R.F.; WILKINS, R.J. The ensilage of autumn-sown rye. **Journal of British Grassland Society**, v.27, p.35-41, 1972.
- WU, Z.; ROTH, G. **Considerations in managing cutting height of corn silage**. Extension publication DAS 03-72. Pennsylvania State University, College Park, 2005.