

Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade

Diego Reynaga Salazar⁽¹⁾, Samuel dos Santos Stabile⁽¹⁾, Paula de Souza Guimarães⁽²⁾, Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto Paterniani⁽²⁾, Marcos Veiga dos Santos⁽¹⁾ e Luis Felipe Prada e Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Nutrição e Produção Animal, Avenida Duque de Caxias Norte, nº 225, CEP 13635-900 Pirassununga, SP. E-mail: dreynaga@usp.br, pepestabile@hotmail.com, mveiga@usp.br, lfpsilva@usp.br ⁽²⁾Instituto Agronômico, Avenida Barão de Itapura, nº 1.481, CEP 13020-902 Campinas, SP. E-mail: elisa@iac.sp.gov.br, psguim@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da maturidade da planta sobre a qualidade nutricional do colmo de híbridos de milho, para definir critérios de seleção em programas de melhoramento de milho para ensilagem. Foram avaliados 15 híbridos de milho, do programa de melhoramento do Instituto Agronômico, em Campinas, SP, colhidos com 90, 120 e 150 dias após a germinação, em experimento com delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. O quarto e o quinto internódios do colmo foram retirados para determinação da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*. Com o avanço da maturidade, houve queda no teor de fibra e aumento no de lignina de ambos os internódios. Observou-se aumento na digestibilidade da matéria seca do quinto internódio, mas não houve mudanças na do quarto internódio. A maturidade também reduziu a digestibilidade da fibra em detergente neutro (DIVFDN) do quarto internódio, mas não a do quinto. A DIVFDN do quarto internódio pode ser utilizada como parâmetro de seleção para aumento da qualidade nutricional de híbridos de milho. Nas três idades de corte, houve grande variabilidade genética dos parâmetros de qualidade, o que realça a possibilidade de implantação de programas de melhoramento genético para qualidade nutricional do milho para ensilagem.

Termos para indexação: *Zea mays*, degradabilidade, lignina, melhoramento genético, parede celular.

Stalk nutritive value of corn hybrids harvested at three maturity stages

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of plant maturing on the stalk nutritional quality of corn hybrids, in order to define selection criteria in breeding programs of maize for silage. Fifteen hybrids from the Instituto Agronômico breeding program in Campinas, SP, Brazil, harvested at 90, 120 and 150 days after germination, were evaluated in a randomized block design, with three replicates. The fourth and fifth stalk internodes were removed for determination of chemical composition and *in vitro* digestibility. In both internodes, fiber content decreased and lignin content increased as maturity advanced. Dry matter digestibility of the fifth internode increased with maturity, while there was no change in the fourth internode. Maturity reduced neutral detergent fiber digestibility (DIVFDN) of the fourth internode but not of the fifth one. The fourth internode DIVFDN can be used as a selection criterium for nutritional quality improvement of corn hybrids. There was great genetic variability of quality parameters, among harvested hybrids at the three maturity stages, which highlights the possibility of implementing breeding programs for nutritional quality of corn for silage.

Indexing terms: *Zea mays*, degradability, lignin, breeding, cell wall.

Introdução

A produção de animais ruminantes no Brasil é altamente dependente de forragens (Matos, 1995). Como as forragens possuem alta concentração de parede celular, normalmente o desempenho de animais de alta produtividade é limitado principalmente pela taxa de digestão e passagem pelo rúmen da fração fibrosa da dieta (Oba & Allen, 1999; Barrière et al.,

2003). O aumento da digestibilidade da parede celular tornou-se o objetivo de vários programas de melhoramento de forragens e híbridos de milho, para produção de silagem (Gomes et al., 2004; Masoero et al., 2006). Para isso, a escolha da cultivar é uma das decisões de manejo mais importantes na elaboração da silagem, sendo que essa escolha frequentemente significa a diferença entre lucro e prejuízo.

O milho é considerado planta padrão para ensilagem, por produzir silagem de alta qualidade, com reduzidas perdas. Para que isso ocorra, é necessário observar o grau de maturidade ideal da planta ao ser colhida, em razão do efeito desse grau de maturidade, no momento da colheita, sobre o valor nutritivo da silagem (Alvarez et al., 2006).

Até recentemente, considerava-se que as características de um bom híbrido de milho para silagem eram as de um bom híbrido de milho para grãos, com base na suposição de que o valor nutritivo de uma silagem é predominantemente influenciado pelo teor de grãos (Ma et al., 2006). Atualmente, no entanto, há o reconhecimento de que critérios de seleção desejáveis para produção de grãos, como hastes fortes e grãos duros de alta densidade e rápida taxa de secagem, podem ser indesejáveis para colheita, fermentação e digestibilidade da silagem (Barrière et al., 2005). Híbridos de milho para silagem devem maturar mais lentamente, com declínio gradual da umidade da planta, ter grãos macios, baixo teor de fibra em detergente neutro (FDN) e alta digestibilidade da FDN (Dwyer et al., 1998).

Com o avanço da maturidade das plantas, ocorre queda da digestibilidade dos tecidos da haste de forragens, e essa queda está associada ao acúmulo de lignina (Brito et al., 2003). Entretanto, o grau em que as diferentes partes da planta e seus tecidos lignificam-se varia grandemente (Wilson, 1993). Essa diferença de lignificação, específica para cada tecido, pode ser responsável pela baixa correlação entre concentração de lignina e digestibilidade da parede celular de amostras de forragens com maturidade similar (Jung & Casler, 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da idade de corte sobre a qualidade nutricional do colmo de híbridos de milho, a fim de definir critérios de seleção em programas de melhoramento de híbridos para ensilagem.

Material e Métodos

O Experimento foi conduzido na área do Instituto Agrônomo, em Campinas, Estado de São Paulo (22°54'S e 47°03'W, altitude de 600 m). O clima da região, segundo a classificação do Instituto Nacional de Meteorologia, é do tipo subtropical relativamente seco, com chuvas de verão e inverno. A média anual

de precipitação pluviométrica é de 1.249 mm, e temperatura média máxima de 29,26°C, e média mínima de 18,14°C, com 60–80% de umidade relativa. O estabelecimento da cultura foi realizado em área plana, em Latossolo Vermelho distroférico (Santos et al., 2006). O experimento foi conduzido de 9/11/2005 a 22/3/2006, e a condição climática manteve-se dentro do padrão da época, sem ocorrência de falta de água por período prolongado

Em 9/11/2005, foram semeados 15 híbridos de milho, adubados com 250 kg ha⁻¹ de N-P-K 8-28-16, no momento do plantio. Realizou-se, também, uma adubação de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, quando a cultura apresentava-se no estágio de seis folhas desenvolvidas.

Foram avaliados 12 híbridos experimentais "top crosses", obtidos de cruzamentos de linhagens parcialmente endogâmicas com o testador IA 33, denominados: IA 33 x HC 1-2-1; IA 33 x HC 2-6-2; IA 33 x HC 2-8-2; IA 33 x HC 3-2-1; IA 33 x HC 7-12-1; IA 33 x HC 9-14-1; IA 33 x HC 10-3-1; IA 33 x HC 12-3-1; IA 33 x HC 12-6-1; IA 33 x HC 13-1-1; IA 33 x HC 13-28-1. Além delas, avaliaram-se também o testador IA 33 e duas testemunhas comerciais (DKB 350 e IAC 8333), no total de 15 tratamentos, testados sob delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de 5 m, espaçadas com 0,8 m, com 25 plantas por linha. Os híbridos foram colhidos após 90, 120 e 150 dias de crescimento. Essas idades foram escolhidas por representar o início do estágio reprodutivo, fase de grãos leitosos e fase de grãos no ponto farináceo-duro, respectivamente. A primeira coleta foi realizada nos dias 16 e 17 de janeiro, a segunda nos dias 16 e 17 de fevereiro e a terceira nos dias 20 e 21 de março.

A cada data de corte, quatro plantas inteiras foram cortadas rente ao solo e separadas nas frações folhas, colmos e espigas. O quarto e o quinto internódios do colmo foram coletados para determinação da composição química e digestibilidade *in vitro*. As amostras foram secas em estufa, com ventilação forçada de ar a 55°C, por 72 horas. Após moagem em moinho com peneira de 1 mm, as amostras foram acondicionadas em frascos de vidro.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de

Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, no Campus Pirassununga, SP. Os parâmetros analisados foram: produção de matéria seca (PMS); teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina; e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e da FDN (DIVFDN). Os teores de FDN foram determinados segundo Van Soest et al. (1991), sem adição de α -amilase e sem adição de sulfito de sódio, e os teores de FDA, lignina, DIVMS e DIVFDN foram determinados conforme Goering & Van Soest (1970).

Após secagem em estufa, a 55°C por 72 horas, amostras do quarto e do quinto internódios foram moídas a 1 mm e incubadas em duplicata por 30 horas, a 39°C, em solução de MacDougall e líquido ruminal, em estufa de temperatura controlada. O fluido ruminal foi coletado de três vacas mantidas a pasto que haviam recebido suplementação mineral. Durante a incubação, os frascos foram agitados três vezes ao dia. Ao final da incubação, os frascos foram removidos da estufa, e adicionados 20 mL de solução detergente neutro e, em seguida, foram estocados a -20°C, para análise posterior do teor de FDN, segundo Van Soest et al. (1991). O teor de MS a 105°C foi determinado para cálculo da DIVMS, DIVFDN.

Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, em que as idades de corte eram as parcelas, os híbridos, as subparcelas e os internódios, as subsubparcelas. A análise estatística foi feita utilizando-se o procedimento "MIXED" do SAS (SAS Institute, 2001), tendo-se considerado os efeitos fixos de híbrido, maturidade, internódio e interações entre os três, e os efeitos aleatórios de bloco. Foi realizado o teste t protegido por Fisher para comparação das médias.

Resultados e Discussão

Durante o desenvolvimento dos híbridos, houve aumento quadrático na produção de MS de espigas – em termos de percentagem da matéria seca – e do teor de MS da planta inteira. De maneira inversa, houve decréscimo quadrático na proporção de colmos e folhas. Conforme o modelo obtido [$MS (\%) = 36,7 - 0,7 \times idade + 0,005 \times idade^2$, $R^2 = 0,94$], os híbridos de milho atingiram o teor de umidade de 32% de MS, recomendado para corte (Cox & Cherney, 2005), aos 132 dias após o plantio e, após esse ponto, houve perda

de 0,7% de umidade a cada dia. Isto significa que o período para realização do corte, em que as plantas encontram-se na umidade recomendada (32–35% de MS), foi de apenas seis dias. Ao estudar quatro híbridos de milho durante quatro anos, Ma et al. (2006) relatam um período de corte de oito dias, para colheita dos híbridos entre 30 e 38% de MS.

De acordo com o modelo obtido [$PMS (kg ha^{-1}) = -6,2913 + 1,073 \times idade - 3,4 \times idade^2$; $R^2 = 77,7$], houve acréscimo de 110 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, entre os teores de 32 e 45% de MS, ou seja, ao se colher as plantas com 32% em vez de 45% de MS, haveria uma perda de produtividade de 1.900 kg ha⁻¹ de MS. A produtividade de MS, mesmo com essa perda estimada, corresponderia a mais de 90% da máxima teórica estimada, o que está de acordo com a recomendação para o ponto ótimo de colheita, que é de produtividade igual ou superior a 85% da produtividade máxima (Cox & Cherney, 2005).

Houve diferença entre os híbridos quanto ao teor de MS e à produção total de MS, quando colhidos com 90, 120 e 150 dias (Tabela 1). Beleze et al. (2003), ao avaliar cinco híbridos de milho na região sul do Estado do Paraná, observaram produção de matéria seca de 17,24 e 15,14 Mg ha⁻¹, valores próximos aos observados no presente trabalho.

Observou-se variação significativa entre os híbridos de milho, em relação ao percentual de participação na silagem das frações espiga, folha e colmo, nas três idades de corte (Tabela 1). Entre as diferenças mais expressivas, na idade de 120 dias, notou-se que o híbrido IA33xHC13-28-1 apresentou a maior proporção de colmo e folha e a menor proporção de espiga. No extremo oposto, o híbrido IA33xHC9-14-1 apresentou menor proporção de colmo e folha, e maior proporção de espiga.

Não houve efeito da maturidade das plantas nem da interação internódios x maturidade sobre o comprimento ou diâmetro dos dois internódios colhidos (Tabela 2). Esses dados corroboram os resultados de Jung (2003), em que a alongação e espessamento do colmo do milho terminam no final do estágio vegetativo, com aproximadamente 80 dias após emergência. O quinto internódio apresentou maior comprimento médio e menor diâmetro médio do que o quarto internódio.

Houve efeito da maturidade e do internódio sobre o valor de FDN do colmo de híbridos de milho, porém não houve interação maturidade x internódio

(Tabela 2). O teor de FDN médio foi maior no quinto, em comparação ao quarto internódio. Houve queda no teor de FDN, em ambos os internódios, com o avanço da maturidade, passando de 70,6%, com 90 dias, para 63,0% da MS com 150 dias de desenvolvimento.

Diferentemente das demais forragens, em plantas de milho, normalmente não há aumento do teor de FDN com o avanço da maturidade, e pode até mesmo ocorrer redução no teor total de FDN (Johnson et al., 2002). Essa queda no valor total de FDN, com o avanço da maturidade, pode ser explicada pelo acúmulo de amido nos grãos (Filya, 2004). A translocação de nutrientes da parte aérea para os grãos (Ferreira, 2001) pode acarretar aumento do teor de FDN, FDA e lignina do colmo, com o avanço da maturidade (Estrada-Flores et al., 2006; Masoero et al., 2006).

No entanto, no presente trabalho, o teor de FDN dos internódios avaliados diminuiu com o avanço da maturidade, possivelmente em razão do armazenamento de sacarose e amido (Jung & Casler, 2006). O mesmo resultado foi observado por Silva et al. (2008). Ao estudar o quarto internódio do colmo de três híbridos de milho, Jung & Casler (2006) relataram que, com o avanço da maturidade, há aumento no teor de parede celular desse internódio, até os 66 dias após o plantio, e que após esse período há redução no teor de parede

celular. Zeoula et al. (2003a) relataram que não houve mudança nos teores de FDN, FDA e lignina do colmo de híbridos de milho com o avanço da maturidade. É vantajoso os produtores utilizarem híbridos de milho que apresentem aumento lento do teor de FDN do colmo, pois isso irá permitir maior flexibilidade no período de colheita.

Não houve diferença entre os internódios quanto ao teor de FDA e de lignina na MS, com o avanço na maturidade das plantas (Tabela 2). No entanto, quando o teor de lignina foi expresso como percentagem de FDN, houve interação significativa entre internódio e idade.

Com relação ao colmo do milho, os componentes da parede celular são depositados na direção acrópeta, mais fortemente nos internódios mais velhos e mais baixos (Morrison & Buxton, 1993). Assim, eram esperadas maiores concentrações de FDN e de lignina no quarto internódio em relação ao quinto. Porém, não houve diferença entre esses teores médios nos internódios (Tabela 2). O quinto internódio apresentou maior concentração de lignina expressa em percentagem da FDN do que o quarto, quando colhido aos 120 dias de crescimento. No entanto, aos 90 ou 150 dias, o teor de lignina foi igual nos dois internódios. Além de haver diferença na deposição de lignina entre

Tabela 1. Teor e produção de matéria seca (MS) de 15 híbridos "top crosses" de milho, colhidos aos 90, 120 e 150 dias, e proporção de espigas, folhas e colmos na matéria seca de suas silagens⁽¹⁾.

Híbridos "top crosses"	Teor de MS (%)			Produção de MS (Mg ha ⁻¹)			Proporção de espigas (%)			Proporção de folhas (%)		
	90	120	150	90	120	150	90	120	150	90	120	150
IA33 x HC1-2-1	13,2c	24,6defg	44,2abcde	5,6bcdef	15,5b	22,1bcd	3,1efg	43,7def	60,2abc	39,6efg	19,2bcd	13,2def
IA33 x HC2-6-2	14,2bc	25,7bcde	45,0abcd	5,3cdef	16,6b	19,6de	0,8g	48,7bc	56,6bcd	46,3abc	19,7bcd	17,7a
IA33 x HC2-8-2	14,3bc	23,8fgh	45,4abc	6,0abcd	16,1b	15,0f	6,0bcde	43,4def	57,4bcd	48,8abc	22,3a	17,4ab
IA33 x HC3-2-1	14,6bc	25,8abcde	39,4e	6,1abc	20,8a	22,1bcd	3,6cdefg	49,6ab	52,9d	50,4ab	19,7bcd	16,5abc
IA33 x HC4-9-1	13,9bc	26,9abc	46,8abc	5,2def	16,2b	20,9cde	6,8bc	48,8bc	62,8ab	40,5defg	20,3abc	13,3def
IA33 x HC7-12-1	15,1b	26,3abcd	49,5a	6,4ab	16,9b	29,4a	3,4defg	48,3bc	65,2a	38,6fg	18,6cd	11,4f
IA33 x HC9-14-1	14,3bc	27,5a	44,5abcd	6,0abcd	20,6a	22,0bcd	6,5bcd	53,8a	60,4abc	35,9g	15,7e	12,1f
IA33 x HC10-3-1	14,6bc	24,2efgh	45,7abc	6,1abc	15,8b	17,6ef	4,9bcdef	50,9ab	57,8abcd	45,1bcde	20,2abcd	16,7abc
IA33 x HC12-3-1	14,9b	25,3bcdef	42,3cde	4,8f	14,4bc	18,4def	5,0bcdef	47,1bcd	58,0abcd	45,5bcd	18,0de	12,7ef
IA33 x HC12-6-1	14,0bc	22,7h	40,5de	5,9abcd	17,2b	24,2bc	1,3g	45,0cde	57,8abcd	51,5a	19,0cd	14,8bcde
IA33 x HC13-1-1	14,3bc	27,0ab	45,1abcd	5,9abcde	16,8b	18,5def	2,8efg	48,5bc	55,5cd	46,4abc	18,6cd	14,4cdef
IA33 x HC13-28-1	15,1b	25,2cdef	43,4bcde	6,6a	15,3bc	25,3ab	3,8cdefg	40,4f	52,6d	43,5cdef	18,2cd	14,9bcde
IAC 8333	15,0b	23,1gh	46,1abc	6,8a	16,0b	17,5ef	7,9ab	47,2bcd	56,4bcd	47,2abc	18,9cd	14,4cdef
IA 33 (testador)	14,5bc	24,1efgh	45,8abc	5,0ef	12,0c	19,6de	2,4fg	42,1ef	63,0ab	49,5ab	21,4ab	15,5abcde
DKB 350	18,0a	25,7bcde	47,8ab	6,4ab	16,6b	23,8bc	11,0a	50,4ab	61,0abc	50,6ab	19,1bcd	12,6ef
Média	14,7A	25,2B	44,8C	5,9A	16,5B	21,0C	4,6A	47,2B	58,5C	45,3A	19,2B	14,5C
Erro padrão da média	0,9	1,0	2,3	0,6	1,2	1,8	1,7	1,7	3,2	2,0	0,9	1,2
Significância híbrido	**	**	*	**	**	**	*	**	*	**	**	**

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste t protegido por Fisher (colunas) ou pelo teste de Tukey (linhas), a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Não significativo. * e **Significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

os internódios do colmo do milho, também existe grande diferença na síntese de ácido ferúlico e ácido p-cumárico – responsáveis pela ligação entre a lignina e os carboidratos da parede celular – que prejudicam a digestibilidade dos colmos (Jung, 2003).

Como a maturidade afetou diferentemente o teor de lignina em percentagem da FDN e a digestibilidade da parede celular dos internódios (Tabela 2), os dados não podem ser apresentados como uma média de ambos, e devem ser analisados separadamente. O avanço da maturidade aumentou a DIVMS do quinto internódio, mas não exerceu efeito sobre a DIVMS do quarto internódio. Para a DIVFDN, o efeito foi inverso: o aumento da maturidade promoveu queda linear na DIVFDN no quarto internódio, e não exerceu efeito sobre a DIVFDN do quinto. Ao estudar o efeito da maturidade sobre a digestibilidade do colmo do milho, Masoero et al. (2006) observaram queda nos valores de DIVMS e DIVFDN, o que também foi relatado por Estrada-Flores et al. (2006).

Ao se analisar a composição bromatológica do quarto internódio, o teor médio de FDN diferiu entre os híbridos de milho, nas três idades de corte (Tabela 3). O maior teor de FDN foi verificado no híbrido DKB 350, na idade de 120 dias, enquanto que o híbrido IAC 8333 apresentou o menor valor de FDN. O teor de lignina em percentagem da FDN, na idade de 150 dias, foi mais elevado no híbrido DKB 350, quando comparado ao híbrido IA 33. Não foi encontrada diferença significativa, ao longo das três idades de corte, no teor de FDA.

Ao avaliar cinco híbridos de milho em diferentes estádios de maturação, na região sul do Estado do Paraná, Zeoula et al. (2003a) não obtiveram variabilidade no teor de FDN, FDA e lignina da fração colmo + bainha. Silva et al. (1999), ao avaliar a concentração de FDN no colmo + folha, encontraram valores que variaram entre 55,0 a 67,4%, em híbridos de milho, em 1995/1996, e entre 61,0 a 71,2% de FDN, em 1996/1997.

Ao se analisar a composição bromatológica do quinto internódio, observou-se efeito da maturidade sobre os valores médios de FDN, FDA e lignina (Tabela 4). Houve efeito de híbrido sobre o teor de FDN do quinto internódio, nas três idades de corte, porém os teores de FDA e de lignina (percentagem da FDN) só diferiram entre os híbridos quando colhidos com 150 dias de crescimento.

A digestibilidade da parede celular de plantas forrageiras é um dos principais limitadores do desempenho de animais ruminantes em países tropicais (Zeoula et al., 2003b). Com o avanço da maturidade, normalmente ocorre rápida queda da digestibilidade da fibra de plantas forrageiras, o que reduz o potencial de produção dos animais ruminantes (Johnson et al., 2002). É fundamental a seleção de forrageiras que possuam maior digestibilidade da FDN e que a mantenham alta, mesmo em estádios avançados de maturidade, para a eficiência produtiva de sistemas de produção com altos níveis de inclusão de forragens na dieta.

Observou-se efeito da maturidade sobre o valor médio da DIVFDN do quarto internódio, que passou de 30,5 para 23,7%, dos 90 para os 150 dias, respectivamente (Tabela 5). Não houve efeito de maturidade sobre os

Tabela 2. Morfologia, composição bromatológica e digestibilidade in vitro do quarto e do quinto internódios do colmo de 15 híbridos de milho, colhidos aos 90, 120 e 150 dias, e significância estatística dos fatores de variação: maturidade (M), internódios (I) e interação (MxI).

Variável	90 dias		120 dias		150 dias		EPM	Fator de variação ⁽¹⁾		
	Quarto	Quinto	Quarto	Quinto	Quarto	Quinto		M	I	MxI
Comprimento (cm)	14,8	17,0	14,5	16,2	14,7	16,3	0,26			
Diâmetro (cm)	2,33	2,19	2,32	2,21	2,25	2,16	0,04	ns	**	ns
FDN, em termos de MS (%)	69,0	72,2	68,5	69,1	63,0	63,0	0,69	*	*	ns
FDA, em termos de MS (%)	41,8	42,4	44,0	44,0	41,5	40,4	0,64	**	ns	ns
Lignina, em termos de MS (%)	4,8	4,6	6,5	7,0	7,8	7,9	0,16	**	ns	ns
Lignina, em termos de FDN (%)	6,9	6,4	9,4	10,1	12,3	12,6	0,20	**	ns	*
DIVMS (%)	52	47	50	49	52	54	1,1	ns	ns	*
DIVFDN (%)	31	26	28	26	24	27	1,4	ns	ns	*

^{ns}Não-significativo. * e **Significativo pelo teste F a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. EPM, erro padrão da média; DIVMS, digestibilidade in vitro da matéria seca (MS); DIVFDN, digestibilidade in vitro da fibra em detergente neutro (FDN).

valores médios de DIVMS do quarto internódio do colmo. Observou-se a existência de variabilidade genética dos 15 híbridos de milho avaliados, quanto à DIVMS e à DIVFDN, somente quando colhidos aos

90 dias. Não houve diferença entre os híbridos quanto à DIVFDN do quarto internódio, provavelmente em razão da grande variabilidade estatística (EPM) encontrada.

Tabela 3. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), na matéria seca, e teores de lignina na FDN do quarto internódio, de 15 híbridos "top crosses" de milho, colhidos aos 90, 120 e 150 dias⁽¹⁾.

Híbridos "top crosses"	Teor de FDN (%)			Teor de FDA (%)			Teor de lignina (%)		
	90	120	150	90	120	150	90	120	150
IA33xHC1-2-1	71,5abc	71,9ab	61,8bcde	42,6	47,1	36,9	6,3	8,4	10,3bcde
IA33xHC2-6-2	73,6a	72,2ab	68,5abc	45,5	46,8	47,4	6,7	9,8	13,4abcd
IA33xHC2-8-2	67,3cde	72,3ab	69,7ab	41,0	44,4	44,5	5,9	9,5	10,8de
IA33xHC3-2-1	71,2abcd	70,0abc	58,9de	35,9	44,5	40,1	7,8	9,3	13,9ab
IA33xHC4-9-1	72,5ab	65,6cd	65,8abcd	45,8	43,5	42,0	7,0	10,2	12,9abc
IA33xHC7-12-1	68,9bcd	64,7cd	73,3a	43,0	42,5	49,7	6,9	9,1	11,9abc
IA33xHC9-14-1	69,3abcd	70,0abc	62,1bcde	41,8	44,4	41,3	7,6	9,7	13,7abc
IA33xHC10-3-1	70,0abcd	68,7abcd	61,0cde	43,8	44,7	39,0	6,6	9,6	12,3abcd
IA33xHC12-3-1	63,1e	64,2cd	65,7abcd	39,6	41,7	44,3	8,6	9,7	12,7a
IA33xHC12-6-1	69,2abcd	69,3abcd	61,2cde	42,3	42,8	43,7	6,1	9,2	12,9cde
IA33xHC13-1-1	67,5cde	67,9bcd	60,6cde	39,1	43,4	39,7	6,2	8,8	12,8cde
IA33xHC13-28-1	66,7de	67,8bcd	61,0cde	40,3	44,0	39,9	6,4	9,1	11,5abcde
IAC 8333	66,7de	63,9d	59,7de	40,1	40,2	38,6	6,8	9,0	11,1abc
IA 33 (testador)	67,5cde	65,2cd	62,2bcde	41,5	41,2	40,6	5,8	10,2	11,8e
DKB 350	70,5abcd	74,3a	56,8e	44,6	48,2	36,9	8,5	9,7	12,8a
Média	69,0A	68,5B	63,2C	41,8A	44,0A	41,6A	6,9A	9,4B	12,3C
Erro padrão da média	1,7	2,2	3,8	3,4	1,9	3,8	0,8	0,4	0,8
Significância híbrido	*	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	**

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste t protegido por Fisher (colunas) ou pelo teste de Tukey (linhas), a 5% de probabilidade. nsNão significativo. * e **Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), na matéria seca, e teores de lignina na FDN do quinto internódio, de 15 híbridos "top crosses" de milho, colhidos aos 90, 120 e 150 dias⁽¹⁾.

Híbridos "top crosses"	Teor de FDN (%)			Teor de FDA (%)			Teor de lignina (%)		
	90	120	150	90	120	150	90	120	150
IA33xHC1-2-1	74,6ab	70,5abc	60,5def	46,2	43,8	39,2cde	6,1	7,2	11,1ef
IA33xHC2-6-2	75,8a	73,6ab	68,3abcd	43,1	47,8	44,2abc	6,2	11,3	13,7abc
IA33xHC2-8-2	68,8cd	70,4abc	69,4ab	38,9	44,5	45,5ab	5,4	10,7	12,5bcde
IA33xHC3-2-1	74,3ab	70,5abc	58,8ef	45,5	45,3	38,9cde	7,0	11,5	15,4a
IA33xHC4-9-1	74,4ab	66,9c	69,1abc	44,3	44,4	43,1abcd	6,2	10,9	12,3bcde
IA33xHC7-12-1	71,1abcd	66,8c	74,0a	42,3	42,0	49,8a	6,7	10,4	12,9bcde
IA33xHC9-14-1	71,9abcd	69,9abc	63,9bcdef	43,6	45,9	40,0bcde	6,6	9,6	12,2cde
IA33xHC10-3-1	72,3abcd	69,3bc	59,5ef	41,6	44,3	39,3cde	6,8	11,0	12,9bcde
IA33xHC12-3-1	68,4cd	65,4c	64,4bcde	38,5	41,4	42,8bcd	6,2	8,8	12,5bcde
IA33xHC12-6-1	72,1abcd	69,4bc	60,9cdef	42,0	43,8	38,1de	6,2	10,4	14,4ab
IA33xHC13-1-1	72,0abcd	68,3bc	60,4def	43,1	43,4	39,9bcde	6,3	10,2	11,6cdef
IA33xHC13-28-1	70,3bcd	67,4c	60,6def	40,6	42,9	38,9cde	5,6	10,0	12,8bcde
IAC 8333	68,1d	65,4c	60,7cdef	38,8	41,0	35,8e	6,8	9,7	10,0f
IA 33 (testador)	73,1abc	67,2c	62,1bcdef	43,5	42,2	38,8cde	6,8	9,9	11,4def
DKB 350	75,1ab	75,2a	55,6f	44,2	47,8	34,6e	6,9	10,5	13,2bcd
Média	72,1A	69,1B	63,2C	42,4A	44,0B	40,6C	6,4A	10,1B	12,6C
Erro padrão da média	1,9	1,9	3,1	1,9	1,5	2,6	0,7	1,0	1,0
Significância híbrido	*	*	*	ns	ns	**	ns	ns	**

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste t protegido por Fisher (colunas) ou pelo teste de Tukey (linhas), a 5% de probabilidade. nsNão significativo. * e **Significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

A maturidade afetou a digestibilidade do quinto internódio do colmo de maneira distinta à do quarto. Houve aumento da DIVMS do quinto internódio com avanço da maturidade, e não houve efeito da maturidade

sobre o valor médio de DIVFDN (Tabela 6). Houve variabilidade genética para a DIVMS do quinto internódio nas três idades de corte, e para DIVFDN somente quando colhidos aos 120 dias de crescimento.

Tabela 5. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN), do quarto internódio do colmo, de 15 híbridos "top crosses" de milho, colhidos aos 90, 120 e 150 dias⁽¹⁾.

Híbridos "top crosses"	Teor de FDN (%)			Teor de FDA (%)		
	90	120	150	90	120	150
IA33xHC1-2-1	43,2d	43,7f	56,3ab	20,7	21,8d	29,3d
IA33xHC2-6-2	44,2cd	45,7def	45,7de	24,1	24,7cd	20,4bcd
IA33xHC2-8-2	64,1a	51,0abcd	48,8cd	47,3	32,3a	26,1a
IA33xHC3-2-1	43,2d	46,9cdef	52,1abcd	20,1	23,9cd	18,6bcd
IA33xHC4-9-1	46,2bcd	50,9abcd	48,9bcd	25,8	25,1bcd	22,3bcd
IA33xHC7-12-1	53,9abcd	54,7ab	39,0e	33,1	30,1abc	16,4ab
IA33xHC9-14-1	56,0abcd	46,6cdef	52,0abcd	36,5	23,9cd	22,7cd
IA33xHC10-3-1	44,5cd	50,7abcde	51,6abcd	20,8	28,3abc	20,7abc
IA33xHC12-3-1	58,9ab	56,0a	51,4abcd	38,0	31,5ab	26,1ab
IA33xHC12-6-1	58,0ab	50,2bcde	54,0abc	39,3	28,3abc	24,6abc
IA33xHC13-1-1	57,1abc	53,3ab	55,5abc	36,5	31,2ab	26,5ab
IA33xHC13-28-1	52,8abcd	51,7abc	55,2abc	29,7	28,8abc	26,6ab
IAC 8333	51,8abcd	56,4a	56,4a	27,5	31,8a	26,9ab
IA 33 (testador)	53,3abcd	52,8ab	53,1abcd	32,6	27,4abcd	24,7abcd
DKB 350	47,7bcd	44,9ef	56,4a	26,0	26,0abcd	23,1abcd
Média	51,7A	50,4A	51,8A	30,5A	27,7AB	23,7B
Erro padrão da média	5,0	2,6	3,1	6,9	2,6	3,3
Significância híbrido	*	**	*	ns	*	*

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste t protegido por Fisher (colunas) ou pelo teste de Tukey (linhas), a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

Tabela 6. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN), do quinto internódio do colmo, de 15 híbridos "top crosses" de milho, colhidos aos 90, 120 e 150 dias⁽¹⁾.

Híbridos "top crosses"	Teor de FDN (%)			Teor de FDA (%)		
	90	120	150	90	120	150
IA33xHC1-2-1	35,9d	51,4abcd	58,0ab	14,0	30,9a	30,5
IA33xHC2-6-2	43,2bcd	47,0cdef	51,0bcd	24,8	28,1abc	28,2
IA33xHC2-8-2	51,4abc	48,6bcdef	51,0bcd	28,9	26,6abc	29,3
IA33xHC3-2-1	36,4d	41,7ef	54,8bc	14,3	17,8cd	23,2
IA33xHC4-9-1	40,9cd	45,1cdef	45,6d	20,0	17,8bcd	21,0
IA33xHC7-12-1	53,2abc	52,7abc	45,8cd	34,2	29,3ab	27,2
IA33xHC9-14-1	45,3abcd	40,1f	51,5bcd	23,8	14,2d	24,0
IA33xHC10-3-1	41,2cd	50,8abcde	52,9bcd	18,7	29,0abc	21,2
IA33xHC12-3-1	49,0abcd	58,0a	54,4bc	25,7	35,9a	29,3
IA33xHC12-6-1	57,1a	47,6cdef	54,5bc	40,2	24,6abcd	24,8
IA33xHC13-1-1	44,6abcd	48,6bcdef	55,2bc	23,1	24,6abcd	26,0
IA33xHC13-28-1	47,6abcd	51,9abcd	56,3b	24,9	28,7abc	27,8
IAC 8333	55,2ab	56,9ab	57,2ab	34,3	34,0a	29,2
IA 33 (testador)	50,6abc	53,7abc	50,0bcd	32,1	31,1a	19,3
DKB 350	51,1abc	43,2def	65,9a	34,6	24,6abcd	38,6
Média	46,8C	49,2B	53,7A	26,2	26,5	26,8
Erro padrão da média	6,1	3,6	3,8	9,0	4,8	5,3
Significância híbrido	*	*	*	ns	*	ns

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste t protegido por Fisher (colunas) ou pelo teste de Tukey (linhas), a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

Conclusões

1. Com o avanço da maturidade, ocorre queda nos teores de fibra em detergente neutro e aumento nos teores de lignina do quarto e quinto internódios do colmo de plantas de milho.

2. Com o avanço da maturidade, ocorre redução na digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro do quarto internódio, mas não há efeito sobre o quinto internódio.

3. Existe grande variabilidade genética quanto ao efeito da maturidade sobre a composição morfológica de plantas e qualidade nutricional do colmo de híbridos de milho.

Referências

- ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G. von; BORGES, I.D. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.409-414, 2006.
- BARRIÈRE, Y.; ALBER, D.; DOLSTRA, O.; LAPIERRE, C.; MOTTO, M.; ORDAS, A.; VAN WAES, J.; VLASMINKEL, L.; WELCKER, C.; MONOD, J.P. Past and prospects of forage maize breeding in Europe. I. The grass cell wall as a basis of genetic variation and future improvements in feeding value. **Maydica**, v.50, p.259-274, 2005.
- BARRIÈRE, Y.; GUILLET, C.; GOFFNER, D.; PICHON, M. Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops: a review. **Animal Research**, v.52, p.193-228, 2003.
- BELEZE, J.R.F.; ZEOULA, L.M.; CECATO, U.; DIAN, P.H.M.; MARTINS, E.N.; FALCÃO, A.J. da S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 2. Concentrações dos componentes estruturais e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.538-545, 2003.
- BRITO, C.J.F.A. de; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Perfil químico da parede celular e suas implicações na digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1835-1844, 2003.
- COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Timing corn forage harvest for bunker silos. **Agronomy Journal**, v.97, p.142-146, 2005.
- DWYER, L.M.; STEWART, D.W.; GLENN, F. Silage yields of leafy and normal hybrids. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 53., 1998, Chicago. **Proceedings**. Washington: American Seed Trade Association, 1998. p.193-216.
- ESTRADA-FLORES, J.G.; GONZÁLEZ-RONQUILLO, M.; MOULD, F.L.; ARRIAGA-JORDÁN, C.M.; CASTELÁN-ORTEGA, O.A. Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of central Mexico. **Animal Science**, v.82, p.845-852, 2006.
- FERREIRA, J.J. Avaliação do teor de matéria seca do milho e do estágio de maturação adequado para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRAR FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Ed.). **Produção e utilização da silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.429-444.
- FILYA, L. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.141-150, 2004.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures, and some applications**. Washington: Agricultural Research Service, 1970. v.4, 20p. (Agriculture handbook, 379).
- GOMES, M. de S.; PINHO, R.G.V.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.V.; BRITO, A.H. de. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.879-885, 2004.
- JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; SWIFT, M.; MAHANNA, W.C.; SHINNERS, K. Corn silage management. II: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on digestion and energy content. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2913-2927, 2002.
- JUNG, H.G.; CASLER, M.D. Maize stem tissues: cell wall concentration and composition during development. **Crop Science**, v.46, p.1793-1800, 2006.
- JUNG, H.-J.G. Maize stem tissues: ferulate deposition in developing internode cell walls. **Phytochemistry**, v.63, p.543-549, 2003.
- MA, B.L.; SUBEDI, K.D.; STEWART, D.W.; DWYER, L.M. Dry matter accumulation and silage moisture changes after silking in leafy and dual-purpose corn hybrids. **Agronomy Journal**, v.98, p.922-929, 2006.
- MASOERO, F.; ROSSI, F.; PULIMENO, A.M. Chemical composition and *in vitro* digestibility of stalks, leaves and cobs of four corn hybrids at different phenological stages. **Italian Journal of Animal Science**, v.5, p.215-227, 2006.
- MATOS, L.L. de. Perspectivas em alimentação e manejo de vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.147-155.
- MORRISON, T.A.; BUXTON, D.R. Activity of phenylalanine ammonia-lyase, tyrosine ammonia-lyase, and cinnamyl alcohol dehydrogenase in the maize stalk. **Crop Science**, v.33, p.1264-1268, 1993.
- 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, 1999.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system**: user's guide. Version 8.2. Cary: SAS Institute, 2000.

SILVA, L.F.P. e; CASSOLI, L.D.; ROMA JUNIOR, L.C.; RODRIGUES, A.C.O.; MACHADO, P.F. In situ degradability of corn stover and elephant-grass harvested at four stages of maturity. **Scientia Agricola**, v.65, p.595-603, 2008.

SILVA, L.F.P. e; MACHADO, P.F.; FRANCISCO JÚNIOR, J.C. de; DONIZETTI, M.T. Características agronômicas e digestibilidade "in situ" da fração volumosa de híbridos de milho para silagem. **Scientia Agricola**, v.56, p.171-184, 1999.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATIFIELD, R.D.; RALPH, J. (Ed.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: American Society of Agronomy, 1993. p.1-32.

ZEOULA, L.M.; BELEZE, J.R.F.; CECATO, U.; JOBIM, C.C.; GERON, L.J.V.; MAEDA, E.M.; FALCÃO, A.J. da S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 3. Composição químico-bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.556-566, 2003a.

ZEOULA, L.M.; BELEZE, J.R.F.; CECATO, U.; JOBIM, C.C.; GERON, L.J.V.; PRADO, O.P.P. do; FALCÃO, J. da S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 4. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra em detergente neutro da porção vegetativa e planta inteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.567-575, 2003b.

Recebido em 10 de maio de 2010 e aprovado em 22 de junho de 2010