

AVALIAÇÃO DAS PERDAS NA ENSILAGEM DE MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

MARCOS ROGÉRIO OLIVEIRA¹, MIKAEL NEUMANN²,
ROBSON KYOSHI UENO³, JARDEL NERI⁴ e FABIANO MARAFON²

¹UEM, Maringá, PR, Brasil, oliveira.marcos.r@gmail.com

²Unicentro, Guarapuava, PR, Brasil, mikaelneumann@hotmail.com.br, fabiano_marafon@hotmail.com

³UFGRS, Porto Alegre, RS, Brasil, robsonueno@hotmail.com

⁴UFLA, Lavras, MG, Brasil, jardelneri@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.12, n.3, p. 319-325, 2013

RESUMO - Objetivou-se avaliar o efeito do estágio de maturação do milho R3-R4 com 25,6% de matéria seca (MS) e do R5 com 32,6% de MS sobre as perdas de MS e o valor nutritivo das silagens. As plantas ensiladas no estágio R3-R4 apresentaram maiores perdas de MS (9,8% e 2,6% de MS) e de proteína bruta (8,9 e 0,7% de MS), em relação à planta no estágio R5. Foram observadas maiores perdas de fibra em detergente ácido nas plantas ensiladas no estágio R5 (5,6% de MS), frente à planta ensilada no estágio R3-R4 (2,4% de MS). O estrato superior do silo apresentou temperatura superior (26,5 °C), comparativamente ao estrato inferior (20,6 °C). O estágio de maturação influenciou na qualidade nutricional e no valor de pH. A taxa de infiltração de ar na silagem durante o período de fermentação exerceu influência na composição final do produto e nas perdas de nutrientes.

Palavras-chave: compactação; época de corte; estratos do silo.

EVALUATION OF LOSSES IN MAIZE SILAGE AT DIFFERENT MATURATION STAGES

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the effect of two maturation stages of corn, R3-R4, with 25.6 of dry matter (DM) and R5 with 32.6%, on losses of DM and nutritive value of silages. Plants ensiled in the stage R3-R4 showed higher losses of dry matter (9.8% and 2.6% of DM) and crude protein (8.9 and 0.7% of DM), compared to plants in the R5 stage. Higher losses of acid detergent fiber were observed in plants ensiled at R5 stage (5.6% DM) compared to the the ensiled at R3-R4 stage (2.4% DM). The upper silo stratum showed higher temperature (26.5 °C) compared to the inferior silo stratum (20.6 °C). The maturation affected nutritional quality and pH value. The air infiltration rate in silage during the fermentation period affected the final composition of the product and the loss of nutrients.

Key words: compaction; harvesting time; silo stratum.

Na conservação de forragens, a diminuição das perdas e a inibição das fermentações secundárias são importantes metas a serem alcançadas. No entanto, por dificuldades operacionais, alguns técnicos recomendam a ensilagem do milho com teor de matéria seca (MS) inferior a 30% baseados nas justificativas de maior produção de matéria verde (MV), facilidade no corte, eficiência na compactação, maior fragmentação dos grãos e menores perdas no armazenamento. O estágio de maturidade é o erro mais frequente observado na ensilagem do milho (Cruz et al., 2008; Zopollatto et al., 2009). Tal fato indica diferentes recomendações de estádios de maturação e práticas de ensilagem.

As perdas de um alimento ensilado podem ser quantificadas durante o processo de ensilagem (McDonald et al., 1991) com o uso de amostras distribuídas nos estratos dos silos durante a ensilagem (Jobim et al., 2007).

As silagens podem ter seu valor nutricional modificado em função dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem na ensilagem (Jobim et al., 2007). As perdas das silagens estão relacionadas às alterações bromatológicas das forragens, que dependem das características intrínsecas da planta no momento do corte e de práticas de ensilagem (Neumann et al., 2007).

Os parâmetros bromatológicos, fermentativos e a deterioração aeróbia são importantes na qualidade da silagem produzida por determinarem a redução na quantidade de nutrientes e definirem os produtos finais do processo fermentativo. Dessa forma, torna-se importante determinar as perdas de silagens produzidas em diferentes estádios de maturação para que produtores não sejam orientados por fatores empíricos na ensilagem de milho e para direcionar as recomendações de ensilagem.

Objetivou-se avaliar o efeito do estágio de maturação da planta de milho em diferentes estratos do silo sobre as perdas e o valor nutritivo das silagens.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Núcleo de Produção Animal (Nupran) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), em Guarapuava, PR.

As silagens foram confeccionadas com o híbrido de milho AS-1545 e produzidas numa área de 10.000 m². A cultura foi implantada em 11 de outubro, em sistema de plantio direto. No plantio, utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,8 m, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de 5 sementes por metro linear.

A ensilagem do híbrido de milho foi realizada em dois estádios de maturação: R3-R4 (25,6% de MS) e R5 (32,6% de MS).

Durante a ensilagem, na confecção de cada silo, foram locados oito “bags” no perfil do estrato do silo contendo material original com peso conhecido. A designação de “bag” refere-se a um saco de náilon maleável 100% poliamina, com poros de 85 micrômetros, dimensões, respectivamente, de 12 e 50 cm de diâmetro e comprimento (Neumann et al., 2007). Os “bags” foram dispostos em oito pontos dos silos, sendo quatro “bags” dispostos nas porções inferiores e quatro nas porções superiores.

Os silos utilizados no armazenamento das silagens foram do tipo trincheira, com dimensões de 3,5 m de largura, 11 m de comprimento e 1,0 m de altura, sendo completamente vedados e protegidos com lona de polietileno (200 µ). Deste modo, em função dos tratamentos avaliados, foram produzidos 2 silos.

Os silos foram abertos depois de decorridos 150 dias da ensilagem. Já a recuperação dos “bags” ocorreu com o aparecimento dos mesmos no painel dos silos no decorrer de utilização de 84 dias, em quatro períodos de 21 dias.

Nas amostras de silagens contidas em cada “bag” e no silo, uma parte na forma “in natura” foi utilizada para determinação de pH, enquanto a outra parte foi pesada e pré-secada em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 h, sequencialmente, retirada da estufa e pesada novamente para determinação do teor de matéria parcialmente seca e moída em moinho tipo “Wiley”, com peneira de malha de 1 mm.

Nas amostras pré-secas das plantas, determinou-se a MS total em estufa a 105 °C, proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA), segundo Silva & Queiroz (2002).

Durante o período de desensilagem, semanalmente foram realizadas coletas de amostras de silagem nos estratos inferior e superior dos silos para determinação da MS e do pH, enquanto que as medições de temperaturas (°C) do meio ambiente e da silagem nos estratos inferior e superior dos silos, numa profundidade de 7 cm na massa estruturada na face dos silos, foram tomadas diariamente às 16:30 h, utilizando termômetro digital com haste metálica, temporizador e amplitude de leitura corrente entre -50 °C e 250 °C.

As perdas de MS (PeMS), PB (PePB), FDN (PeFDN) e FDA (PeFDA) foram expressas por diferença de gradientes entre material original e material desensilado, de forma associada ao peso dos “bags” na ensilagem e na desensilagem, conforme estrato no silo.

A eficiência de compactação [$\text{kg (m}^3\text{)}^{-1}$] na base seca foi avaliada utilizando-se um anel metálico de 10 cm de diâmetro e 15 cm de altura, introduzido nos estratos inferior e superior da massa estruturada da face dos silos para a retirada de um volume definido de silagem compactada e subsequente pesagem e amostragem.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições no tempo, em esquema fatorial 2 estádios de maturação (R3-R4 e R5) x 2 estratos nos silos (inferior = 0 a 40 cm e superior = 40 a 80 cm), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + E_j + SE_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: μ = média geral; T_i = efeito do estádio de maturação ($i = 1$ a 2); E_j = efeito dos estratos (1 a 2); SE_{ij} = interação entre o estádio e estrato; e_{ijk} = erro associado à observação Y_{ijk} .

Os dados coletados para cada variável foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o PROC GLM do programa SAS (1993), e as diferenças entre as médias foram analisadas pelo teste Tukey ao nível de 5%.

Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças nos teores de MS e de PB em função do estádio de maturação das plantas (Tabela 1).

Senger et al. (2005), avaliando silagens de milho com distintos teores de umidade, verificaram que a silagem de milho com 20% de MS e compactação [$700 \text{ kg (m}^3\text{)}^{-1}$] produziu efluente na quantidade de 61,21 l tonelada⁻¹ de MV. Silagens produzidas com maior teor de umidade são susceptíveis à compactação, que proporciona o rompimento da membrana das células e o vazamento do conteúdo

celular, que resulta em perdas substanciais de nutrientes e, conseqüentemente, em queda no valor nutritivo (Rabelo et al., 2012).

As alterações bromatológicas nas silagens dependem das características da planta no momento da ensilagem. Desse modo, no presente trabalho, possivelmente a silagem com teor reduzido de MS pode ter apresentado elevadas quantidades de efluentes, que carrearam em solução, em nutrientes de alta digestibilidade e em compostos fundamentais para a fermentação e a manutenção do valor nutritivo da forrageira.

Os teores de FDN diferiram na comparação da planta com a silagem, mostrando valores para as plantas ensiladas no estágio de maturação R3-R4 de MS de 65,6% e 62,3% e para o estágio R5 de 53,7% e 49,7% de MS, respectivamente (Tabela 1).

Neumann et al. (2007) observaram aumento da FDN nas silagens de milho, comparativamente à forragem fresca. Estas diferenças podem ser atribuídas a variações nos processos bioquímicos que ocorreram nas silagens. Senger et al. (2005) observaram nas silagens de milho com 26% e 28% de MS que os teores de FDN diminuíram com o processo de ensilagem em relação à forragem fresca.

Nesse aspecto, a fração FDN do material ensilado pode ser modificada em decorrência do decréscimo dos carboidratos solúveis, de parte da fração celulose e da degradação variável da fração hemicelulose no processo de ensilagem, uma vez que fazem parte da planta e os dados são expressos em porcentual da MS. Assim, implicam em modificações na fração FDN da silagem.

As plantas ensiladas no estágio R3-R4 apresentaram maiores PeMS (9,8% e, 2,6%) e PePB (8,9% e 0,7%) que as plantas ensiladas no estágio R5. Isto provavelmente ocorreu porque silagens com baixos teores de MS, segundo McDonald et al. (1991), favorecem o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que são responsáveis pela produção de ácido butírico e degradação da fração proteica. Desse modo, no presente trabalho, a PeMS e a PePB decresceram com o aumento do teor de MS do material ensilado (Tabela 2).

Rabelo et al. (2012) observaram que silagens de milho produzidas com plantas no estágio dois terços da linha do leite (32,3% de MS) e camada negra (37,8% de MS) apresentaram menores PeMS. Neumann et al. (2007) observaram perdas para plantas acondicionadas nos “bags” com teor médio de

TABELA 1. Composição porcentual de nutrientes da planta e silagem em diferentes estádios de maturação e estratos nos silos.¹

Variáveis	Estádio ²	Planta	Silagem	CV (%)
Matéria Seca (%)	R3-R4	25,7 a	23,6 b	4,77
	R5	33,5 a	32,8 a	4,95
Proteína bruta (% MS)	R3-R4	8,0 a	7,4 b	8,99
	R5	6,7 a	6,6 a	5,44
Fibra em detergente neutro (% MS)	R3-R4	66,7 a	61,2 b	3,79
	R5	53,1 a	50,3 b	7,22

¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo Teste Tukey. ²Escala de desenvolvimento nos estádios de maturação: R3-R4 = grão pastoso e R5 = grão farináceo a duro. ^{ns}não significativo.

30,64% de MS e, quando resgatada à silagem, com 28,37% de MS, com altura de corte baixo (15 cm) e PeMS média de 3,47%. Resultado esse que é inferior ao encontrado no presente trabalho para as plantas ensiladas no estágio R3-R4 e superior às plantas ensiladas no estágio R5.

Na análise das PeFDA, foram observadas maiores ($p < 0,05$) perdas nas plantas ensiladas no estágio R5 (5,6% de MS) em relação às plantas ensiladas no estágio R3-R4 (2,4% de MS). Essas alterações podem ser explicadas pela deterioração aeróbia, que aumenta a sua susceptibilidade em silagens de alta qualidade em função dos maiores resíduos de carboidratos solúveis e de ácidos orgânicos (Borreani et al., 2008).

A silagem de milho é um alimento particular, uma vez que é constituído por duas frações distintas: a fração de grãos e a fração forragem. Entretanto, há uma grande variação no valor nutricional das silagens de milho em função do estágio de maturação, determinada pelas modificações nos componentes morfológicos da planta, que se relaciona diretamente com a fração fibrosa e a densidade energética da silagem. No presente estudo, pode-se concluir que as perdas (PeMS, PePB e PeFDN) foram reduzidas com o avanço no estágio de maturação.

Quanto ao pH (Tabela 3), foram observados valores superiores ($p < 0,05$) nas plantas ensiladas no estágio R5 (4,1). Entretanto, ambos os estádios de maturação estão dentro de uma faixa ideal que, conforme McDonald et al. (1991), situa-se entre 3,8 e 4,0. No entanto, não são válidas as generalizações quanto a valores de pH na eficiência de conservação (Jobim et al., 2007), pois não há garantias de que atividades fermentativas secundárias foram inibidas nas plantas ensiladas no estágio R3-R4, sendo que o efeito inibitório sobre as bactérias depende do rápido declínio do pH, o que possibilita menor extensão da fermentação.

A temperatura foi maior ($p < 0,05$) no estrato superior do silo (26,5 °C) comparativamente ao estrato inferior (20,5 °C), sendo os diferenciais de temperatura entre as silagens e o ambiente de 3,5 °C, observados apenas nos estratos superiores dos silos. Essa observação está relacionada possivelmente ao maior fluxo de ar e a trocas gasosas com o ambiente, pela proximidade com o filme plástico no estrato superior do silo. Essa afirmação é justificada pela menor ($p < 0,05$) eficiência de compactação do estrato superior [149,7 e 177,5 kg MS (m³)⁻¹] e pelo pH superior (4,1 e 3,9) em relação ao estrato inferior do silo, respectivamente (Tabela 3).

TABELA 2. Perdas de nutrientes em silagens nos diferentes estádios de maturação e estratos nos silos.¹

Variáveis	Estádio (E) ²		Estratos (ES) ³		E	ES	ExES	CV (%)
	R3-R4	R5	I	S				
Matéria seca (%)	9,8 a	2,6 b	6,2	6,2	*	ns	ns	16,92
Proteína bruta (% MS)	8,9 a	0,7 b	-0,2 b	9,8 a	*	*	ns	27,02
Fibra em detergente neutro (% MS)	6,5	7,1	5,6 b	8,0 a	ns	*	ns	17,01
Fibra em detergente ácido (%MS)	2,4 b	5,6 a	-0,3 b	8,4 a	*	*	ns	23,50

¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo Teste Tukey. ²Escala de desenvolvimento nos estádios de maturação: R3-R4 = grão pastoso e R5 = grão farináceo a duro. ³Estratos: inferior (I) e superior (S). ns= não significativo. *($p < 0,05$).

TABELA 3. Valores de pH, temperatura e eficiência da compactação na base seca em função dos estádios de maturação das silagens e estratos nos silos.¹

Variáveis	Estádio (E) ²		Estratos (ES) ³		E	ES	ExES	CV (%)
	R3-R4	R5	I	S				
pH (índice)	3,9 b	4,1 a	3,9 b	4,1 a	*	*	ns	2,15
Temperatura (°C)	23,0	24,0	20,5 b	26,5 a	ns	*	ns	11,73
Compactação [kg (m ³) ⁻¹]	140,8 b	186,3 a	177,5 a	149,7 b	*	*	ns	7,16

¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo Teste Tukey. ²Escala de desenvolvimento nos estádios de maturação: R3-R4 = grão pastoso e R5 = grão farináceo a duro. ³Estratos: inferior (I) e superior (S). ns= não significativo. *($p < 0,05$).

As plantas ensiladas no estágio R5 apresentaram maior ($p < 0,05$) eficiência de compactação [186,3 e 140,8 kg MS (m³)⁻¹] comparativamente ao milho ensilado no estágio R3-R4, respectivamente (Tabela 3). O presente trabalho indica que a eficiência na ensilagem do milho está diretamente relacionada ao avanço do estágio de maturação que assegure o adequado processo de fermentação e que permita eficiência na compactação para evitar os incrementos das PeMS e do valor nutricional no processo de ensilagem.

Velho et al. (2007) indicaram que pequenas diferenças na compactação ocasionam mudanças consideráveis na qualidade da silagem. Desse modo, Neumann et al. (2007) verificaram maior deterioração na silagem de milho do estrato superior, justificada pelos maiores valores de temperatura (29,14 e 26,84 °C), pela menor eficiência de compactação [120,3 e 147,0 kg MS (m³)⁻¹] e pelo pH (4,08 e 3,97) na silagem contida no estrato superior do silo, comparativamente ao estrato inferior dos silos. No presente estudo, a compactação combinada com o estágio de maturação determinou a porosidade da massa ensilada que condiciona a taxa de movimentação de ar.

No silo, as áreas mais porosas estão localizadas nas camadas superficiais e laterais, principalmente

pela dificuldade de compactação durante o abastecimento. A ineficiência na compactação no estrato superior do silo causou a presença de oxigênio, o que ocasionou maiores ($p < 0,05$) PePB (9,8 e -0,2%), PeFDN (8,0 e 5,6%) e PeFDA (8,4 e -0,3%).

Conclusões

A planta de milho ensilada no estágio R5 melhorou as características fermentativas e reduziu as perdas, proporcionando uma silagem de melhor valor nutritivo.

Os estratos superiores dos silos apresentaram uma ineficácia na compactação que acarretou aumento da temperatura e do pH e diminuição das características nutricionais da massa ensilada.

Referências

BORREANI, G.; BERNARDES, T. F.; TABACCO, E. Aerobic deterioration influences the fermentative, microbiological and nutritional quality of maize and sorghum silages on farm in high quality milk and cheese production chains. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 68-77, 2008.

- CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M.; ALBERNAZ, W. M.; FERREIRA, J. J. **Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 112).
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 101-119, 2007.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcomb, 1991. 340 p.
- NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J.; OST, P. R.. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 855-864, 2007.
- RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, P. A.; RABELO, F. H. S.; SENEDESE, S. S.; VIEIRA, P. F.; BARBOSA, L. A.; CARVALHO, A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 656-668, 2012.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's Guide: statistics**, version 6. 4.ed. North Caroline, 1993. v. 2, 943p.
- SENGER, C. C. D.; MÜHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; NETTO, D. P.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade "in vitro" de silagem de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, 2005.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 235 p.
- VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p.1532-1538, 2007.
- ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; MARI, J. M.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A. P.; MOURÃO, G. B.. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 452-461, 2009.