



**JOSIANE PEREIRA DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE FILME DE BAIXA  
PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO NO  
REVESTIMENTO DAS PAREDES DE SILOS  
TRINCHEIRA**

**LAVRAS – MG  
2015**

**JOSIANE PEREIRA DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE FILME DE BAIXA PERMEABILIDADE AO  
OXIGÊNIO NO REVESTIMENTO DAS PAREDES DE SILOS  
TRINCHEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes

**LAVRAS – MG  
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Santos, Josiane Pereira dos.

Utilização de filme de baixa permeabilidade no revestimento  
das paredes de silos trincheira / Josiane Pereira dos Santos. – Lavras  
: UFLA, 2015.

54 p.

Dissertação (mestrado acadêmico)—Universidade Federal de  
Lavras, 2015.

Orientador(a): Thiago Fernandes Bernardes.

Bibliografia.

1. Silagem de milho. 2. Leveduras. 3. Fungos filamentosos. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**JOSIANE PEREIRA DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE FILME DE BAIXA PERMEABILIDADE AO  
OXIGÊNIO NO REVESTIMENTO DAS PAREDES DE SILOS  
TRINCHEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de agosto de 2015

Dra. Carla Luiza da Silva Ávila - UFLA

Dra. Adriana Guim - UFRPE

Dr. Thiago Fernandes Bernardes  
Orientador

LAVRAS - MG  
2015

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e por estar sempre presente ao meu lado, dando-me saúde e força para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Mauro e Cida, pelos ensinamentos, pela formação moral, por todo amor, incentivo, carinho e por estar ao meu lado em todas as dificuldades. E aos meus irmãos Erika, Maisa e Marcos Túlio pelo total apoio e constante incentivo.

Ao prof. Thiago Fernandes Bernardes, pela orientação, paciência, exemplo de profissionalismo e estímulo à pesquisa científica.

A minha amiga Luciana Miranda Lima, minha eterna gratidão pelo apoio, amizade, incentivo e pela parceria e ajuda na condução deste trabalho. Muito obrigada, Luluzinha!

Aos colegas do NEFOR, não só pela ajuda na condução do experimento, mas por todo o aprendizado, companheirismo e amizade.

Ao Rafael Andrade, juntamente com a SILOSTOP, ao Geraldo e a todos os funcionários das fazendas Rincão e Vargem Grande, que foram fundamentais na elaboração e na condução do projeto.

Ao prof. Daniel Casagrande que foi de fundamental importância na análise dos dados.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, que contribuíram para a execução deste projeto.

Aos meus amigos que sempre torceram por minhas conquistas e estiveram presentes em vários momentos de minha vida.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado e pelo auxílio financeiro.

## RESUMO GERAL

Conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do revestimento da parede de silos trincheira com filme de baixa permeabilidade ao oxigênio (FBP) sobre as perdas de matéria seca, composição química e a população de leveduras e fungos filamentosos em silagens de milho. Quatro silos tipo trincheira de alvenaria foram divididos longitudinalmente, uma das paredes foi revestida com o FBP, ficando a outra sem revestimento. Cada silo foi dividido em três seções e em cada seção foram alocados sete sacos de nylon. Um saco na zona central e seis na zona periférica do silo, sendo três em cada parte longitudinal, mantendo-se as distâncias em relação à parede do silo: entre 0 e 0,50 m; entre 0,51 e 1,0 m; e entre 1,01 e 1,50 m, caracterizadas como posições 1, 2 e 3, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro blocos, sete tratamentos e três repetições. Foi utilizado o recurso PROC MIXED do programa SAS e os dados foram submetidos a um contraste ortogonal com teste T à 5% significância. O revestimento da parede com FBP obteve uma silagem com maior de ácido láctico, menor pH, maiores estimativas de NDT e de produção de leite. A população de leveduras e fungos filamentosos foram menores nas silagens mantidas sob a nova estratégia de vedação e as perdas de MS também foram menores. Das três posições estudadas a posição 1 foi apresentou maior concentração de ácido láctico e menor pH, maior concentração de amido, melhor DIVFDN e maiores estimativas dos valores de NDT e de produção de leite. Menor penetração de oxigênio propiciou silagens com baixas contagens de leveduras nas três posições e de fungos filamentosos na posição 1 e 2 nas silagens sob o revestimento. A nova estratégia de vedação diminuiu a entrada de oxigênio reduziu o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos amenizando os efeitos negativos destes na qualidade microbiológica e nutricional da silagem de milho durante a utilização do silo.

Palavras-chave: Silagem de milho. Leveduras. Fungos filamentosos.

## GENERAL ABSTRACT

This work was conducted with the objective of evaluating the effect of trench silo wall covering with low permeability to oxygen (LPF) over the loss of dry matter, chemical composition and the populations of yeast and filamentous fungi in maize silage. Four masonry trench type silos were longitudinally divided. One of the walls was coated with the LPF while the other remained with no covering. Each silo was divided into three sections, allocating seven nylon bags in each section. One bag in the central zone and six bags in the peripheral zone of the silo, with three in each longitudinal part. The distances of the bags in relation to the silo was of between 0 and 0.50 m; between 0.51 and 1.0 m; and between 1.01 and 1.50 m, characterized with as positions 1, 2 and 3, respectively. The experimental design was in randomized blocks, with four blocks, seven treatments and three replicates. The PROC MIXED resource of the SAS program was used and the data submitted to an orthogonal contrast with the T test at a 5% level of significance. The wall covering with LPF obtained a silage with higher lactic acid content, lower pH and higher TDN and dairy production estimates. The population of yeast and filamentous fungi were smaller in the silages maintained under the new sealing strategy, and the losses of DM were also lower. Of the three studied positions, position 1 presented higher concentration of lactic acid, lower pH, higher starch concentration, better NDFD and higher estimates for the values of TDN and dairy production. The lower penetration of oxygen provided silages with low yeast counts in all three positions and of filamentous fungi in position 1 and 2 in the silages under sealing. The new sealing strategy decreased the entrance of oxygen and reduced the development of yeast and filamentous fungi, attenuating the negative effects these cause over microbiological and nutritional quality of maize silage during the use of the silo.

Keywords: Maize silage. Yeast. Filamentous fungi.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1 INTRODUÇÃO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1 Silagem de milho .....	13
2.2 Estratégias de vedação .....	15
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO 2 Utilização de filme de baixa permeabilidade no revestimento das paredes de silos trincheira.....	28
1 INTRODUÇÃO .....	299
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	33
3 RESULTADOS .....	38
4 DISCUSSÃO .....	44
5 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51



## **CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL**

### **1 INTRODUÇÃO**

A silagem de milho é uma importante fonte de energia na dieta de animais ruminantes, principalmente de bovinos leiteiros no Brasil. O milho tem sido uma das culturas preponderantes na produção de silagens, principalmente em regiões onde esta é bem adaptada, e por esta espécie apresentar características como teores de matéria seca (MS) adequados no momento ideal de corte (30 – 35% de MS), altos teores de carboidratos solúveis e baixo poder tamponante, o que confere a essa espécie ensilabilidade satisfatória (WOOLFORD, 1984). O milho também apresenta flexibilidade quanto ao uso, podendo se fazer silagem de planta inteira ou somente dos grãos (BERNARDES et al., 2012). No entanto, a silagem de milho é, particularmente susceptível à deterioração aeróbia, quando exposta ao ambiente, principalmente em ambientes de clima quente (BERNARDES; ADESOGAN, 2012).

No processo fermentativo do milho ocorre rápida produção de ácido láctico, característica de fermentação do tipo homolática, o que permite declínio acelerado do pH. Embora esse perfil de fermentação seja o desejado, nem sempre evita a deterioração da silagem após a abertura (MUCK; MOSER; PITT, 2003).

As estruturas horizontais de armazenamento de silagens são basicamente, silo superfície, onde são formadas pilhas de forragem sobre o solo sem estrutura de parede nas laterais, cobertos com filme plástico e o silo tipo trincheira, com paredes laterais de alvenaria ou não, pré moldado ou escavado na terra, aproveitando o desnível da área, onde é depositada a forragem, compactada e coberta com lona plástica (SAVOIE; JOFRIET, 2003). Esses dois

tipos de silos são os mais utilizados no Brasil, pelas suas facilidades de manejo, baixo custo na confecção e manutenção e flexibilidade quanto ao local de construção. Em um levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas produtoras de leite no Brasil, os autores constataram que 60% dos produtores entrevistados responderam que utilizam o silo trincheira e 38% silo de superfície (BERNARDES; RÊGO, 2014).

As perdas, bem como, a qualidade das silagens armazenadas em silos horizontais são altamente dependentes do manejo, tanto na ensilagem quanto no desabastecimento do silo. A grande relação superfície/volume faz com que os silos sejam mais susceptíveis a perdas, em virtude da respiração durante o enchimento, demandando rápido fechamento dos mesmos, e também durante o armazenamento, onde ocorre troca gasosa entre o silo e o ambiente. Mesmo com boas condições de vedação, o uso de lonas plásticas de polietileno pode não impedir a penetração de  $O_2$  nas áreas periféricas de silos horizontais durante o período de estocagem (BORREANI; TABACCO; CAVALLARIN, 2007). A permeabilidade das lonas plásticas pode ser ainda maior em regiões com temperaturas mais elevadas, como as tropicais e, no verão, em países de clima temperado (PAILLAT; GAILLARD, 2001). Um filme plástico de polietileno com espessura de 180  $\mu\text{m}$  tem permeabilidade de 990  $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$  em 24 horas a temperatura de 23°C, com o aquecimento do material para 50°C a permeabilidade ao  $O_2$  aumenta para 3000  $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$  em 24 horas (BORREANI; TABACCO, 2008).

Em razão da dificuldade de compactação, a parte superior do silo apresenta menor densidade, maior porosidade e, conseqüentemente, maior intensidade de trocas gasosas, facilitando, assim, a entrada de  $O_2$  e, conseqüentemente, o processo de deterioração aeróbia, decorrente do desenvolvimento de microrganismos aeróbios. Esse processo de deterioração se intensifica pela alta superfície de contato do material ensilado com o ambiente,

pela deficiência nas práticas de manejo na ensilagem e pela ineficiência dos filmes plásticos em evitar a entrada de O<sub>2</sub>. A deterioração nestas regiões pode se apresentar de forma visível pelo aparecimento de colônias de fungos filamentosos (mofos) e/ou camadas de silagem com coloração escura. Entretanto, pode não haver características visíveis do processo de deterioração na camada superficial do silo, mesmo que esta apresente contagem microbiana alta e ainda é possível que as camadas inferiores às áreas com visível aparecimento de mofos estejam também em processo de deterioração (MUCK; MOSER; PITT, 2003).

Ashbell e Kashanci (1987) estudaram a região periférica de silos trincheira e encontraram que as perdas próximas à parede chegaram ao valor de 76%, enquanto que na zona central do silo o valor máximo alcançou 16%. Portanto, um problema ainda determinante no manejo de silos trincheira é a junção entre o plástico de cobertura e a massa de silagem, o que causa elevados prejuízos, essencialmente próximos à parede.

Entre os polímeros termoplásticos atualmente disponíveis no mercado, o etileno vinil álcool (EVOH), oferece a melhor barreira ao oxigênio. Uma classe especial de EVOH, que combina propriedades de alta barreira, com boas características mecânicas, como resistência à perfuração, resistência ao rasgo, e propriedades de estiramento está disponível desde 2006 (BORREANI et al., 2011).

O mercado de filmes no Brasil acompanha as tendências utilizadas nos países americanos e tem sido voltado para o uso do sistema de vedação "2-step", que consiste na utilização de um filme de etileno vinil álcool (EVOH, barreira ao O<sub>2</sub>) de 45µm de espessura, sem proteção UV, com sobreposição de uma lona de polipropileno para proteção UV e danos mecânicos. Devido ao alto custo dessa lona de polipropileno no Brasil tem-se utilizado lonas convencionais sobre o filme de EVOH. Já, no mercado europeu prevalece o sistema 1step, que consiste

de somente um filme, com duas camadas externas de polietileno e uma camada central de EVOH, para a cobertura do silo.

Apesar de existir diversos trabalhos demonstrando a eficácia dos filmes de baixa permeabilidade ao oxigênio, não há estudos direcionados para o efeito do revestimento das paredes do silo, sendo que essa nova estratégia de vedação poderia ser eficaz no controle da deterioração dessas áreas, promovendo o "empacotamento" da massa ensilada, proporcionando o menor contato da mesma com o oxigênio atmosférico e possíveis chuvas.

Torna-se necessário regulamentar novas estratégias de vedação que reduzam o influxo de O<sub>2</sub> no silo, evitando ou retardando o desenvolvimento de microrganismos deterioradores e seus efeitos negativos durante o armazenamento ou a utilização da silagem.

Desse modo, neste estudo, objetivou-se avaliar a utilização de filme plástico de baixa permeabilidade ao oxigênio no revestimento das paredes de silos trincheira sobre o perfil fermentativo, químico e microbiano e as perdas de matéria seca da silagem de milho.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Silagem de milho**

A silagem de milho é uma importante fonte de energia na dieta de bovinos leiteiros no Brasil, principalmente em regiões onde esta cultura se adapta bem. Bernardes e Rêgo (2014), em um levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas produtoras de leite no Brasil constataram que mais de 50% dos produtores entrevistados utilizam o milho como forrageira para a produção de silagem.

O milho possui características interessantes como alta ensilabilidade, elevado potencial de produção de matéria seca, e elevado valor nutritivo (ALLEN; COORS; ROTH, 2003) e, quando preparada adequadamente, pode ter 80% do valor alimentício que existia no material verde original (ALMEIDA FILHO, 1996). Entretanto, Nussio (1992), trabalhando com oito cultivares de milho, verificou que a análise da planta antes da ensilagem não diferiu significativamente do material ensilado. No Brasil e no mundo, a planta de milho é amplamente utilizada para ensilagem, por proporcionar forragens conservadas com alto valor nutricional.

Segundo Nussio et al. (2001), o milho apresenta composição bromatológica que preenche os requisitos para produção de uma silagem ideal, como: teor de matéria seca entre 30 a 35%, teores de carboidratos solúveis acima de 3% na matéria verde e baixo poder tampão, características essas que propiciam a fermentação láctica, a qual é considerada padrão no processo de conservação das silagens.

Siqueira, Bernardes e Reis (2005), afirmaram que as silagens de milho podem ser consideradas alimentos nobres, pois são dotadas de alto valor nutritivo e elevado custo de MS. Entretanto, a silagem de milho é, particularmente, suscetível à deterioração aeróbia, quando exposta ao ambiente,

principalmente em ambientes de clima quente (ASHBELL et al., 2002; BERNARDES; ADESOGAN, 2012).

A alta eficiência no processo fermentativo do milho resulta em uma silagem com alto teor de ácido lático e carboidratos residuais. No entanto, o contato com o oxigênio faz com que determinados microrganismos (bactérias aeróbias, leveduras e fungos filamentosos) iniciem sua atividade metabólica consumindo esses produtos da fermentação, gerando perdas de matéria seca e produção de calor, resultando na deterioração aeróbia.

A temperatura ambiente pode influenciar tanto nos processos fermentativos quanto na deterioração aeróbia das silagens. Durante as fases iniciais da fermentação, quando o ar está ainda presente entre as partículas de plantas, a temperatura pode subir para mais de 40 ° C, em razão da permanente respiração das plantas e atividade microbiana aeróbia. Em ambientes de clima quente, a temperatura alta pode persistir na silagem, durante vários meses (ASHBELL; WEINBERG, 1992).

O crescimento e desenvolvimento dos microrganismos, e a deterioração aeróbia são intensamente influenciados pela temperatura ambiente, especialmente na face do silo que está constantemente exposta. O pH da silagem de milho pode apresentar valores menores quando submetidos a temperaturas mais baixas durante o armazenamento. Quando o ambiente apresenta altas temperaturas (37°C), ocorre menor contagem de bactérias do ácido lático, tendo como consequência menores concentrações de ácido lático e pH mais alto, o que indica pior perfil fermentativo e aumento das perdas (WEINBERG et al., 2001).

A avaliação da influência da temperatura ambiente sobre a estabilidade aeróbia mostrou que silagens de milho apresentavam valores mais elevados de pH, e decréscimo nas concentrações de ácidos lático e acético no material exposto ao ar que permaneceu sobre a temperatura de 20 e 30°C, em relação as silagens que permaneceram a 10 e 40°C. Maior contagem de leveduras também

foi encontrada em temperatura de 30°C. Além disso, pode ser observada inibição do crescimento desses microrganismos a 40°C. A quantidade de CO<sub>2</sub> produzida nas silagens expostas ao ar em temperatura de 30°C foi maior, sendo este um indicativo de alta proliferação de microrganismos deterioradores (ASHBELL et al., 2002).

Como é impossível controlar a temperatura ambiente, principalmente a campo, e as altas temperaturas de estocagem às quais as silagens estão supostamente expostas em regiões tropicais, como o Brasil, torna-se indispensável cuidados especiais com as práticas de manejo no processo de ensilagem, com o propósito de amenizar o desenvolvimento de microrganismos deterioradores.

## **2.2 Estratégias de vedação**

O filme de plástico é o material mais comum usado para vedar silos horizontais e evitar a deterioração aeróbia (SAVOIE, 1988). No Brasil, o cloreto de polivinila (PVC) e polietileno (PE) são os filmes mais utilizados para essa finalidade. Filmes de PVC são mais baratos e oferecem boas características mecânicas, mas são caracterizados pela alta permeabilidade ao oxigênio e podem liberar dioxinas para o ambiente durante a manufatura ou quando ele é queimado (WISNER et al., 2005). Embora filmes de PE tenham sido o método mais comum usado para vedar silos, a proteção fornecida por estes é altamente variável e, muitas vezes, muda durante o armazenamento.

A impermeabilidade ao oxigênio dos filmes plásticos usados na vedação de silos horizontais tem grande efeito na redução das perdas de deterioração do topo (BORREANI et al., 2007), e é fundamental aliar as características mecânicas e o nível de impermeabilidade ao oxigênio dos filmes plásticos. Desde a década de 90, a única maneira de melhorar a impermeabilidade ao O<sub>2</sub>

dos filmes tem sido aumentar a espessura do polietileno de baixa densidade (PE). Savoie (1988) relatou perdas de MS em razão da permeabilidade do PE em relação à espessura do filme de 24,4 e 3,2% para cada período de 30 dias de conservação com o aumento da espessura do filme de 25 a 200  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Snell et al. (2002) avaliaram a influência da coloração e espessura do filme sobre a qualidade da silagem. Para isso foram utilizados 30 mini silos com 0,3m<sup>3</sup> de volume e foram comparados cinco tipos de filmes plásticos: branco de 90  $\mu\text{m}$ , transparentes de 150  $\mu\text{m}$ , branco de 150  $\mu\text{m}$ , preto de 150  $\mu\text{m}$  e um branco de 200  $\mu\text{m}$ . Os padrões fermentativos foram semelhantes para todos os tratamentos. A temperatura da superfície externa dos plásticos foi maior para os filmes de coloração transparente e preto. Houve diferença de temperatura na camada de silagem logo abaixo do filme (0 a 20 cm), porém, as diferenças de temperatura não influenciaram no crescimento de microrganismos deterioradores. Nesse mesmo estudo, foi avaliada a permeabilidade ao oxigênio dos filmes de coloração branca com espessura de 90, 150 e 200  $\mu\text{m}$ ; os autores encontraram valores de 459, 258 e 188  $\text{cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , respectivamente, indicando que, para o mesmo tipo de material, a permeabilidade ao oxigênio é inversamente proporcional à espessura do filme.

Borreani et al. (2007) demonstraram notável redução em perdas de MS, decorrente da adoção de um filme coextrusado (barreira de oxigênio; OB) com poliamida (PA). Para se obter uma película de plástico com a permeabilidade ao oxigênio  $<100 \text{ cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  (em condições padrão de 23 ° C, 100 kPa, e 65% de umidade relativa), é necessário dispor de uma camada de PA de pelo menos 14  $\mu\text{m}$  de espessura

Entre os polímeros termoplásticos atualmente disponíveis no mercado, o etileno vinil álcool (EVOH), oferece a melhor barreira ao oxigênio. Uma classe especial de EVOH, que combina propriedades de alta barreira, com boas



características mecânicas, como resistência à perfuração, resistência ao rasgo, e propriedades de estiramento está disponível desde 2006 (BORREANI et al., 2011).

Essas características o classificaram como adequado para a produção de filmes plásticos para aplicações agrícolas, por meio de coextrusão com polietileno. Outro aspecto importante é que o polímero de EVOH é caracterizado pela ausência de cloro na sua molécula, assim reduz o risco de produção de dioxinas caso seja queimado. A disponibilidade de uma nova formulação com o polímero de EVOH, juntamente com melhorias de máquinas para sua confecção (RÜBBELKE, 2012), tornaram possível a produção de uma nova geração de filmes de alta barreira ao oxigênio para vedar silos (BORREANI; TABACCO, 2012). Foi recentemente demonstrado que a utilização de películas de plástico com barreira ao oxigênio pode garantir vida útil mais longa a silagem, protegendo-a contra a deterioração e pode adiar o crescimento de fungos patogênicos, que são capazes de produzir micotoxinas que são prejudiciais para os animais e seres humanos (CAVALLARIN et al., 2011; DOLCI et al., 2011).

Borreani e Tabacco (2014) avaliaram o efeito da vedação de silos trincheira com filme de alta barreira ao oxigênio (HOB), coextrusado com etileno vinil álcool (EVOH), em comparação com um filme padrão de polietileno (PE) sobre a qualidade fermentativa, química e microbiológica da silagem de milho. Foram utilizados dois silos trincheira, um em cada uma das duas fazendas testadas. Os silos foram divididos longitudinalmente de modo que uma metade do silo foi coberto com filme PE e a outra com filme HOB. Em conjunto com as análises fermentativas, químicas e microbiológicas avaliou-se o benefício econômico da aplicação do HOB. A camada superior de silagem conservada sob a película HOB apresentou teor mais elevado de ácido láctico e menor pH, apresentando contagens mais baixas de leveduras e fungos filamentosos e maior estabilidade aeróbia. Menores perdas de MS foram

encontradas na silagem armazenada sob a película HOB. Esses resultados propiciaram ganho econômico quando o filme HOB foi utilizado, em decorrência do aumento da recuperação de MS, além de garantir vida útil mais longa da silagem, durante o consumo e reduzir o efeito prejudicial dos fungos sobre a sua qualidade nutricional e microbiológica. Nesse estudo foi calculado o custo da mão de obra empregado no descarte de material deteriorado e foi observado menor valor para as silagens conservadas sob a película HOB.

Segundo as normas da American Society for Testing and Materials - (2010), com a elevação da temperatura de 23 a 50°C, a permeabilidade dos filmes plásticos ao oxigênio aumenta de 3 a 5 vezes. Diante disso infere-se que, no verão, as silagens podem tornar-se mais susceptíveis à deterioração aeróbia. Na escolha do filme, é preferível optar pela cor branca, pois filmes de outras cores, principalmente os escuros, aumentam a permeabilidade ao O<sub>2</sub> pela característica de absorver calor, em função da dilatação dos microporos existentes no filme (TABACCO; BORREANI, 2002).

Uma meta-análise realizada por Wilkinson e Fenlon (2013) relatou que houve grande variação na estabilidade aeróbia de silagens armazenadas sob filme com barreira ao oxigênio e filme convencional de PE. O tempo da estabilidade aeróbia foram 135 e 75h para silagens armazenadas sob filme com barreira ao oxigênio e o filme padrão, respectivamente ( $P < 0,001$ ). A diferença na estabilidade aeróbia entre silagens armazenadas sob barreira ao oxigênio (OB) e silagens sob sistema padrão variou de 3 à 177 h. Os autores destacaram que essa diferença é possível, em razão da grande variação na confecção das silagens, que reflete diferenças entre os tipos de culturas e diversidade na microbiota epífita. A estabilidade aeróbia média das silagens da camada superior armazenada sob OB filme foi de 60 h a mais, comparada ao material armazenado sob o filme padrão. Esse achado é de valor prático, especialmente quando a velocidade de remoção da silagem do silo é relativamente lenta, em

estações mais quentes e, em climas tropicais, quando a temperatura ambiente e umidade relativa do ar são elevados. Melhoria da estabilidade aeróbia é, provavelmente, um reflexo do desenvolvimento mais lento de leveduras e fungos filamentosos (OROSZ et al., 2013).

Amaral et al. (2012) testaram quatro métodos de vedação com base em diferentes tipos de filmes. Os filmes testados foram: filme OB (poliamida de 45  $\mu\text{m}$  de espessura) associado com filme dupla face de polietileno (200  $\mu\text{m}$ ) sobre o filme OB; filme dupla face de polietileno (200  $\mu\text{m}$ ); filme preto de polietileno (200  $\mu\text{m}$ ); e filme reciclado de polietileno (200  $\mu\text{m}$ ) com camada de 10 cm de bagaço de cana sobre o filme. A quantidade de silagem deteriorada descartada diariamente foi menor para os tratamentos que utilizaram os filme OB e filme reciclado de polietileno com camada de 10 cm de bagaço de cana. Para perdas de matéria orgânica, pH, ácido lático e contagem de microrganismos (bactérias ácido lácticas, leveduras e fungos filamentosos) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Dessa forma, a utilização de filmes OB ou bagaço de cana sobre o filme pode auxiliar na redução de silagem deteriorada.

Bernardes et al. (2012) avaliaram a qualidade da silagem conservada sob quatro tipos de filmes plásticos: filme de barreira ao oxigênio de polietileno coextrusado com poliamida (OB), filme convencional de polietileno (PE), filme policloreto de vinila (PVC), e filme polietileno coextrusado com etilenovinilalcool (PVOH). Esses tratamentos diferiram de acordo com a permeabilidade ao oxigênio com valores de 75, 722, 982 e 289  $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^2$  por 24 horas, respectivamente. As silagens conservadas sob os filmes OB e PVOH obtiveram perfis de temperatura e fermentação melhores do que as silagens sob os demais filmes. O filme OB reduziu as perdas de matéria seca (MS) durante o armazenamento (8,2%), e o filme PVOH teve um valor intermediário de perda de MS (10,1%), sendo que silagens sob os filmes de PE e PVC apresentaram perdas mais elevadas (13,8 e 14,5%, respectivamente). Esses autores relatam que

a permeabilidade ao O<sub>2</sub>, através da película de plástico é um fator crucial para a manutenção da qualidade da silagem na camada superior do silo.

Borreani et al. (2007) conduziram dois experimentos em duas fazendas comerciais entre os anos de 2005 e 2006. Foram avaliados dois tipos de filmes plásticos para a vedação de silos (filme de polietileno de 180 µm e filme de poliamida (OB) de 125 µm). Os silos foram divididos em duas metades longitudinalmente e cada uma delas vedada com um dos filmes descritos anteriormente. Para ambos os experimentos os valores de pH foram menores para o material armazenado sob o filme OB. No experimento 1, as perdas foram 3,7 vezes menores para o filme OB. Os resultados indicam que o filme OB pode auxiliar na redução de perdas de MS em condições de fazenda, principalmente quando a taxa de remoção diária de silagem é inadequada.

Dolci et al. (2011) testaram filme de polietileno preto e branco (PE) (120 µm) e filme também preto e branco de polietileno coextrusado com poliamida (OB) (120 µm) em silos experimentais com capacidade de 21 litros. Foram avaliados parâmetros químicos, microbiológicos e moleculares (DNA e RNA). As forragens foram inoculadas com uma mistura de *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* e *Enterococcus faecium*. A permeabilidade ao oxigênio para os filmes PE e OB foram de 1,480 e 70 cm<sup>3</sup>.m<sup>2</sup>.24h, respectivamente. Após 110 dias de armazenamento e após 2, 5, 7, 9, e 14 dias de exposição ao ar as silagens foram amostradas e analisadas quanto às características da fermentação, contagem microbiana convencional e contagem de bactérias e fungos, por meio da técnica de PCR eletroforese em gel com gradiente desnaturante (DGGE) e transcrição reversa (RT)-PCR-DGGE. As contagens de leveduras nas silagens foram de 3,12 e 1,17 ufc.g<sup>-1</sup>, respectivamente. As silagens obtiveram estabilidades aeróbias de 65h para o filme PE e 152h para o filme OB. *Acetobacter pasteurianus* estava presente, tanto em nível de DNA e RNA nas amostras das silagens sob o filme PE, após 2

dias de exposição ao ar, ao passo que ele foi encontrado somente após 7 dias nas silagens sob o filme OB. A transcrição reversa, RT-PCR-DGGE, revelou a atividade de *Aspergillus fumigatus* nas amostras de PE, a partir do dia 7 de exposição ao ar e só surgiu após 14 dias nas silagens de OB. Os autores concluem que o uso de filmes plásticos com barreira ao oxigênio pode assegurar vida útil mais longa da silagem após exposição ao ar, retardando o crescimento de microrganismos patogênicos.

Basso et al. (2009) avaliaram a deterioração aeróbia de silos horizontais do tipo superfície em dois experimentos. Foram utilizados dois silos, os quais foram divididos longitudinalmente, sendo que cada uma das metades foram vedadas com filme de polietileno dupla-face (200  $\mu\text{m}$ ) ou filme de poliamida com barreira ao oxigênio (OB) de 45  $\mu\text{m}$  de espessura com cobertura adicional de filme de polietileno dupla-face (200  $\mu\text{m}$ ). No primeiro experimento, as características fermentativas, contagens microbianas e perdas de MS não foram afetadas pela presença do filme OB. Na segunda avaliação, os valores de pH, ácido propiônico e contagem de leveduras foram menores para silagens vedadas com filme OB, porém não houve diferença estatística para perdas de MS. Os autores concluíram que o filme OB proporciona melhorias no perfil fermentativo e reduzem a contagem de microrganismos deterioradores de silagem.

Bernardes et al. (2009) conduziram dois experimentos para avaliar o efeito do filme OB sobre a qualidade e contagem de microrganismos em silagens de planta inteira de milho. Foram utilizados dois silos tincheira, os quais foram divididos longitudinalmente em duas metades. Os tratamentos utilizados foram, filme de polietileno dupla face 180  $\mu\text{m}$  e filme de poliamida (OB) transparente (45  $\mu\text{m}$ ) com cobertura adicional de filme de polietileno dupla face (180  $\mu\text{m}$ ). No experimento 1, houve redução no pH e nas contagens de leveduras e fungos filamentosos para o filme OB, porém as perdas de matéria seca foram semelhantes para ambos os tratamentos. No segundo experimento, não houve

diferença significativa para os parâmetros avaliados. A qualidade da silagem nas áreas periféricas dos silos foi melhorada, quando a taxa de retirada diária foi maior no caso experimento 1. Os autores concluíram que a utilização do filme OB proporcionou uma rápida redução na população de microrganismos deterioradores e melhoras no perfil fermentativo das silagens nas áreas periféricas do silo.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, M. S.; COORS, J. G.; ROTH, G. W. Corn silage. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 2003. chap. 12, p. 547-608. (Agronomy, 42).

ALMEIDA FILHO, S. L. **Avaliação dos cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 53 p.

AMARAL, R. C. et al. Performance of Holstein cows fed diets containing maize silage from silos with different conveying methods. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 16., 2012, Hämeenlinna. **Proceedings...** Hämeenlinna: ISC, 2012. p. 470-471.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3985**: standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor. Philadelphia, 2010.

ASHBELL, G. et al. The effect of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silage. **Journal Industrial Microbiology & Biotechnology**, New York, v. 28, n. 5, p. 261-263, May 2002.

ASHBELL, G.; KASHANCI, Y. Silo losses from wheat ensiled in bunker silos in a subtropical climate. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v. 40, p. 95-98, 1987.

ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G. Top silage losses in horizontal silos. **Canadian Agricultural Engineering**, Warszawa, v. 34, n. 2, p. 171-175, Apr./May 1992.

BASSO, F. C. et al. Aerobic deterioration in corn silage sealed with oxygen barrier film under farm conditions. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 15., 2009, Madison. **Proceedings...** Madison: ISC, 2009. p. 199-200.

BERNARDES, T. F.; ADESOGAN, A. T. Aerobic deterioration of silages in warm climates. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 6., 2012, Viçosa, MG. **Proceedings...** Viçosa, MG: UFV, 2012. 1 CD-ROM.

BERNARDES, T. F. et al. Aerobic deterioration in corn silage covered with oxygen barrier film in stack silos. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 15., 2009, Madison. **Proceedings...** Wisconsin: ISC, 2009. p. 215-216.

BERNARDES, T. F. et al. Alternativas de suplementação volumosa na estação seca do ano. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 266, p. 7-14, jan./fev. 2012.

BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 3, p. 1852-1861, Mar. 2014.

BORREANI, G. et al. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 10, p. 4701-4706, Oct. 2007.

BORREANI, G. et al. Special EVOH: based films improve quality and sanity of farm corn silage. In: CONFERENCE AGRICULTURAL AND HORTICULTURAL FILM INDUSTRY, 2011, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: Applied Market Information, 2011. p. 1-15.

BORREANI, G.; TABACCO, E. Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silages. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 16., 2012, Hämeenlinna. **Proceedings...** Hämeenlinna: ISC, 2012. p. 71-72.

BORREANI, G.; TABACCO, E. Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 4, p. 2415-2426, Apr. 2014.



BORREANI, G.; TABACCO, E. Low permeability to oxygen of a new barrier film prevents butyric acid bacteria spore formation in farm corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 11, p. 4272-4281, Nov. 2008.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 10, p. 4701-4706, Oct. 2007.

CAVALLARIN, L. et al. Aflatoxin accumulation in whole crop maize silage as a result of aerobic exposure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, West Sussex, v. 91, n. 13, p. 2419-2425, June 2011.

DOLCI, P. et al. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 77, n. 21, p. 7499-7507, Nov. 2011.

MUCK, R. E.; MOSER, M. R.; PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. chap. 6, p. 251-304.

NUSSIO, L. G. Produção de silagem de alta qualidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SSA/SCT/ABMS/EMATER-RS/EMBRAPA/CNPMS, 1992. p. 155-175.

NUSSIO, L. G. et al. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 127-145.

OROSZ, S. et al. Microbial status, aerobic stability and fermentation of maize silage sealed with an oxygen barrier film or standard polyethylene film. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 22, n. 1, p. 182-188, 2013.

PAILLAT, J. M.; GAILLARD, F. Air-tightness of wrapped bales and resistance of polythene stretch film under tropical and temperate conditions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 79, n. 1, p. 15-22, 2001.

RÜBBELKE, I. Technology trends and requirements to modern extrusion machinery for silage stretch. In: CONFERENCE AGRICULTURE HORTICULTURAL FILM INDUSTRY, 2012, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Applied Market Information, 2012. p. 4.1-4.20.

SAVOIE, P. Optimization of plastic covers for stack silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Easton, v. 41, p. 65-73, 1988.

SAVOIE, P.; JOFRIET, J. C. Silage storage. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. chap. 9, p. 405-469. (Agronomy, 42).

SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F.; REIS, R. A. Instabilidade aeróbia de silagens: efeitos e possibilidades de prevenção. In: REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERTIPAGLIA, L. M. A. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2005. p. 25-60.

SNELL, H. G. J. et al. Effects of the colour and thickness of polyethylene film on ensiling conditions and silage quality of chopped maize, as investigated under ambient conditions and mini-silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 57, n. 4, p. 342-350, Dec. 2002.

TABACCO, E.; BORREANI, G. Extent of aerobic deterioration in farm maize silage as affected by silo management. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: SAC, 2002. p. 178-179.

WEINBERG, Z. G. et al. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 90, n. 4, p. 561-566, Apr. 2001.

WILKINSON, J. M.; FENLON, J. S. A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 69, n. 3, p. 385-392, Sept. 2013.

WISNER, D. et al. PVC environmental, health, safety. In: WILKES, C. E.; SUMMERS, J. W.; DANIELS, C. A. (Ed.). **PVC handbook**. Munich: Hanser, 2005. p. 639-678.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: M. Dekker, 1984. v. 4, 350 p.

## **CAPÍTULO 2 Utilização de filme de baixa permeabilidade no revestimento das paredes de silos trincheira**

### **RESUMO**

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito do revestimento da parede de silos trincheira com filme de baixa permeabilidade ao oxigênio (FBP) sobre as perdas de matéria seca, composição química e a população de leveduras e fungos filamentosos em silagens de milho. Quatro silos tipo trincheira de alvenaria foram divididos longitudinalmente, uma das paredes foi revestida com o FBP ficando a outra sem revestimento. Cada silo foi dividido em três seções e em cada seção foram alocados sete sacos de nylon. Um saco na zona central e seis na zona periférica do silo, sendo três em cada parte longitudinal, mantendo-se as distâncias em relação à parede do silo: entre 0 e 0,50 m; entre 0,51 e 1,0 m; e entre 1,01 e 1,50 m, caracterizadas como posições 1, 2 e 3, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro blocos, sete tratamentos e três repetições. Foi utilizado o recurso PROC MIXED do programa SAS e os dados foram submetidos a um contraste ortogonal com teste T à 5% significância. O revestimento da parede com FBP obteve uma silagem com maior de ácido láctico, menor pH, maiores estimativas de NDT e de produção de leite. A população de leveduras e fungos filamentosos foram menores nas silagens mantidas sob a nova estratégia de vedação e as perdas de MS também foram menores. Das três posições estudadas a posição 1 foi a que apresentou maior concentração de ácido láctico e menor pH, maior concentração de amido, melhor DIVFDN e maiores estimativas dos valores de NDT e de produção de leite. Menor penetração de oxigênio propiciou silagens com baixas contagens de leveduras nas três posições e de fungos filamentosos na posição 1 e 2 nas silagens sob o revestimento. A nova estratégia de vedação diminuiu a entrada de oxigênio reduziu o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos amenizando os efeitos negativos destes na qualidade microbiológica e nutricional da silagem de milho durante a utilização do silo.

Palavras-chave: Silagem de milho. Leveduras. Fungos filamentosos .

## ABSTRACT

This work was conducted with the objective of evaluating the effect of trench silo wall covering with low permeability to oxygen (LPF) over the loss of dry matter, chemical composition and the populations of yeast and filamentous fungi in maize silage. Four masonry trench type silos were longitudinally divided. One of the walls was coated with the LPF while the other remained with no covering. Each silo was divided into three sections, allocating seven nylon bags in each section. One bag in the central zone and six bags in the peripheral zone of the silo, with three in each longitudinal part. The distances of the bags in relation to the silo was of between 0 and 0.50 m; between 0.51 and 1.0 m; and between 1.01 and 1.50 m, characterized with as positions 1, 2 and 3, respectively. The experimental design was in randomized blocks, with four blocks, seven treatments and three replicates. The PROC MIXED resource of the SAS program was used and the data submitted to an orthogonal contrast with the T test at a 5% level of significance. The wall covering with LPF obtained a silage with higher lactic acid content, lower pH and higher TDN and dairy production estimates. The population of yeast and filamentous fungi were smaller in the silages maintained under the new sealing strategy, and the losses of DM were also lower. Of the three studied positions, position 1 presented higher concentration of lactic acid, lower pH, higher starch concentration, better NDFD and higher estimates for the values of TDN and dairy production. The lower penetration of oxygen provided silages with low yeast counts in all three positions and of filamentous fungi in position 1 and 2 in the silages under sealing. The new sealing strategy decreased the entrance of oxygen and reduced the development of yeast and filamentous fungi, attenuating the negative effects these cause over microbiological and nutritional quality of maize silage during the use of the silo.

Keywords: Maize silage. Yeast. Filamentous fungi.

## 1 INTRODUÇÃO

A silagem de milho é um dos volumosos conservados mais difundidos em todo o mundo, principalmente por sua qualidade nutricional desejável e características favoráveis a ensilagem.

No processo fermentativo do milho, ocorre rápida produção de ácido láctico, característica de fermentação do tipo homolática, o que permite declínio acelerado do pH. Entretanto, esse perfil de fermentação nem sempre evita a deterioração da silagem após a abertura (MUCK; MOSER; PITT, 2003). A probabilidade de ocorrer a deterioração é grande, principalmente pela falta de planejamento e falhas ocorridas nas etapas do processo de ensilagem e pós-abertura dos silos, tendo como principal entrave a penetração de oxigênio.

Silos horizontais são, geralmente, atrativos em razão da maior economia no armazenamento, facilidade de manejo, custo relativamente baixo e flexibilidade quanto ao local de construção. No entanto, essas estruturas propiciam uma grande superfície de exposição e de trocas gasosas com o ambiente durante o abastecimento e armazenamento.

A densidade da silagem pode variar de acordo com a região do silo. O centro geralmente é mais denso pela autocompactação, enquanto que as áreas periféricas e principalmente próximas à parede a densidade é menor em função principalmente das dificuldades de compactação. Os valores de densidade, em silos do tipo trincheira, nas zonas periféricas são de 52-170 kg de MS . m<sup>-3</sup> e nas zonas centrais variam de 170-246 kg MS . m<sup>-3</sup> (BORREANI; BERNARDES; TABACCO, 2008).

A parte superior do silo apresenta menor densidade, maior porosidade e, conseqüentemente, maior intensidade de trocas gasosas tornando essa área mais susceptível à entrada de O<sub>2</sub> e, conseqüentemente, ao processo de deterioração. Essa condição é agravada pela alta superfície de contato com o ambiente, pela

ineficiência dos filmes plásticos em barrar a entrada de O<sub>2</sub> e pela deficiência nas práticas de manejo na ensilagem.

Mesmo com boas condições de vedação, o uso de lonas plásticas de polietileno, pode não impedir a penetração de O<sub>2</sub> nas áreas periféricas de silos horizontais durante o período de estocagem (BORREANI; TABACCO; CAVALLARIN, 2007). Filmes plásticos de polietileno (PE) têm sido usados por muitos anos, em razão das suas adequadas características mecânicas e baixo custo. No entanto, esses filmes apresentam alta permeabilidade ao O<sub>2</sub> e podem contribuir para a baixa qualidade da silagem na camada superior de silos horizontais, além de produzir dioxinas no ambiente durante a fabricação ou quando este é queimado (WISNER et al., 2005).

Novas estratégias de vedação têm sido desenvolvidas com intuito de amenizar a deterioração aeróbia no topo dos silos e dentre os polímeros termoplásticos atualmente disponíveis no mercado, o etileno nivil álcool (EVOH), é o que oferece a melhor barreira ao oxigênio. Uma classe especial de EVOH, disponível no mercado, desde 2006, combina propriedades de alta barreira, com boas características mecânicas, como resistência à perfuração, resistência ao rasgo, e propriedades de estiramento.

O mercado de filmes no Brasil acompanha as tendências utilizadas nos países americanos e tem sido voltado para o uso do sistema de vedação "2-step", que consiste na utilização de um filme de etileno vinil álcool (EVOH, barreira ao O<sub>2</sub>) de 45µm de espessura, sem proteção UV, com sobreposição de uma lona de polipropileno para proteção UV e danos mecânicos. Devido ao alto custo dessa lona de polipropileno no Brasil, tem-se utilizado lonas convencionais sobre o filme de EVOH.

Apesar de existir diversos trabalhos demonstrando a eficácia dos filmes de baixa permeabilidade ao oxigênio, não há estudos direcionados para o efeito do revestimento das paredes do silo, sendo que essa nova estratégia de vedação

poderia ser eficaz no controle da deterioração das áreas periféricas, promovendo o "empacotamento" da massa ensilada, ocasionando o menor contato da mesma com o oxigênio atmosférico e, possivelmente, chuvas.

Torna-se necessário regulamentar novas estratégias de vedação que reduzam o influxo de O<sub>2</sub> no silo, evitando ou retardando o desenvolvimento de microrganismos deterioradores e seus efeitos negativos durante o armazenamento ou a utilização da silagem.

Desse modo, neste estudo, objetivou-se avaliar a utilização de filme plástico de baixa permeabilidade ao oxigênio no revestimento das paredes de silos trincheira sobre o perfil fermentativo, químico e microbiano, bem como sobre as perdas de matéria seca da silagem de milho.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos em dois locais do sul de Minas Gerais, Fazenda Vargem Grande, localizada no município de Itutinga-MG (latitude 21° 17' 54" Sul; longitude 44° 39' 36" oeste e altitude 945 m) onde foram utilizados para as avaliações dois silos trincheira de alvenaria e Fazenda Rincão localizada no município de Itumirim-MG (latitude 21° 19' 01" Sul; longitude 44° 52' 16" oeste e altitude 871 m), utilizados também dois silos trincheira de alvenaria.

O híbrido de milho utilizado nas duas fazendas foi o AG 8041 (Sementes Agrocere, Brasil) . As plantas foram colhidas por uma colhedora autopropelida, regulada para tamanho teórico de partículas de 13 mm e com dispositivo para rompimento dos grãos para 2,5 mm, no período de janeiro a fevereiro de 2014. Para verificar a eficiência do filme com baixa permeabilidade ao oxigênio (FBP), os silos foram divididos longitudinalmente em duas partes, sendo que somente uma das paredes foi revestida com o FBP (tratamento CR), ficando a outra sem revestimento (tratamento SR).

Os silos foram divididos em três seções. Para a avaliação das perdas fermentativas, durante a ensilagem, foram colocados, em cada seção, sete sacos de nylon contendo, aproximadamente, 6 kg de forragem cada, nas seguintes zonas do silo: I) um saco na zona central (tratamento CT), posicionados à 1,5 m de altura, e II) seis na zona periférica do silo, sendo três em cada parte longitudinal, mantendo-se as distâncias em relação à parede do silo: entre 0 e 0,50 m; entre 0,51 e 1,0 m; e entre 1,01 e 1,50 m, caracterizadas como posições 1, 2 e 3, respectivamente. (Figura 1).

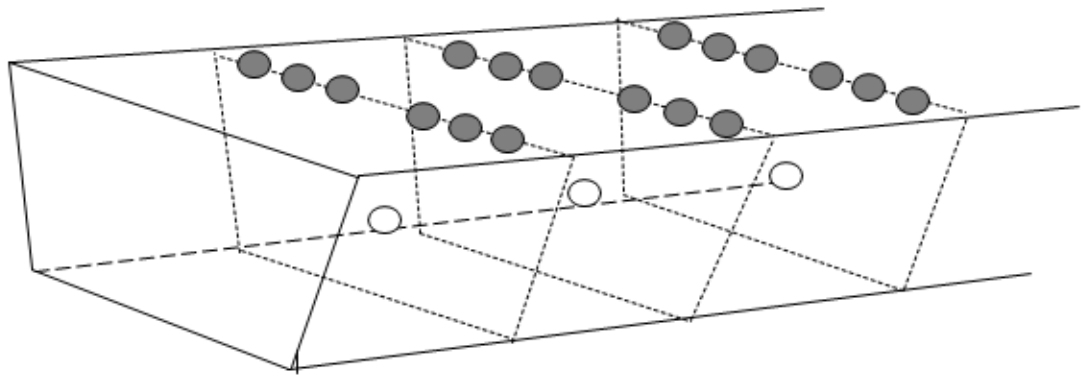


Figura 1 Posicionamento dos sacos de nylon na superfície e centro dos silos trincheira.

As seções foram divididas de acordo com as dimensões de cada silo. Os silos da fazenda Vargem Grande possuíam 50 m de comprimento, 4 m de largura e 3 m de altura e as seções foram divididas a cada 10 m, a partir dos 10 metros iniciais do silo. Na fazenda Rincão, os silos continham 47 m de comprimento, 3 m de largura e 3 de altura, sendo que as seções foram dispostas nos trinta metros iniciais, sendo a distância entre elas de dez metros.

No momento em que os silos eram abastecidos nas determinadas áreas (zona central, periférica, início e fim) amostras de forragem foram coletadas para análises químicas e posterior enchimento dos sacos. Após o abastecimento dos silos, os mesmos foram cobertos com a lona de polietileno (PE) de 200  $\mu\text{m}$  de espessura, ficando o filme FBP sob a lona de PE. Isso faz-se necessário, pois as amostras de silagens, durante o processo de desabastecimento, devem ser retiradas contemporaneamente, devido à elevada influência dos parâmetros climáticos sobre o fenômeno estudado.

Os silos foram abertos de acordo com a gestão de silagem de cada fazenda e a medida em que ocorreu o desabastecimento destes os sacos foram removidos, pesados e amostrados, e analisados.

As silagens foram inoculadas com uma associação de *Pediococcus acidilactici* e *Lactobacillus plantarum*.

O tempo de armazenamento, tempo de utilização, avanço no painel e o aditivo utilizado na inoculação das silagens estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 Tempo de armazenamento, tempo de utilização, avanço e aditivo utilizados na confecção das silagens

	Faz. Vargem Grande		Faz. Rincão	
	Silo 1	Silo 2	Silo 1	Silo 2
Tempo de armazenamento (dias)	57	246	192	137
Tempo de utilização (dias)	34	29	39	28
Avanço (m.dia <sup>-1</sup> )	0,90	1,12	0,68	0,88

O material pré-ensilado e as silagens, ambos em duplicata, foram levados à estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h para a determinação da MS (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990) e, posteriormente, moídos em peneira de crivo de 1 mm para a determinação da proteína bruta (PB), conforme AOAC (1990), do amido de acordo com Hall e Mertens (2008), quantificação da fibra em detergente neutro (FDN), conforme Soest, Robertson e Lewis (1991), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), utilizando Daisy II (ANKOM Technology Corp, Fairport, NY, EUA), pelo método de Holden (1999).

Nutrientes digestíveis totais (NDT), energia líquida para lactação ( $EL_{\text{lactação}}$ ) e a produção de leite (kg/ton MS) foram estimados de acordo com a planilha MILK 2006 (SHAVER et al., 2006).

A determinação do pH e do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foram obtidos por meio de um extrato aquoso. Foram pesadas 30g de amostra de silagem, adicionados 270 g de água destilada sendo medidas utilizando o aparelho multiparâmetro (Thermo Scientific Orion Star A214 pH / ISE).

Foram identificados os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico e suas concentrações foram determinadas por comparação dos tempos de retenção com valores padrões conhecidos. O aparelho (modelo Shimadzu LC-10Ai; Shimadzu Corp., Tóquio, Japão) foi equipado com uma sistema duplo de detecção, que consiste em um detector de radiação ultravioleta (UV) e um detector de índice de refração (RID; 10A SPD-10Ai). Uma coluna de exclusão de íon da Shimadzu (Shim-pack SCR-101H; 7,8 mm · 30 cm), operando a 50° C foi utilizada para a separação cromatográfica. Os ácidos foram detectados por absorvância de UV (210 nm) e índice de refração (CARVALHO et al., 2012).

A contagem de leveduras e fungos filamentosos foi realizada, utilizando-se um extrato aquoso (1:10) com água peptonada (1g por litro de água destilada), homogeneizado por 4 minutos em Stomacher (Stomacher 400, Seward, Nova Iorque, EUA). Foram preparadas diluições em série e realizada a técnica de plaqueamento em superfície com o meio de cultura YGC Agar (Fluka, Sigma Aldrich Química Brasil Ltda). Em seguida, as placas foram incubadas a 28 °C durante cinco dias, sendo as colônias contadas separadamente, com base nas suas características macromorfológicas (TABACCO et al., 2009). Após a contagem microbiana, houve transformação para  $\log_{10}$  visando a obter distribuição normal dos dados.

As perdas de MS foram calculadas como a diferença entre o peso de MS colocado em cada saco na ensilagem e a MS removida no final do armazenamento (BOLSEN 1997).

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com sete tratamentos e quatro blocos, sendo três repetições em cada bloco. Foi utilizado modelo misto PROC MIXED do programa SAS 9.0 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2002) e foi realizado contraste ortogonal com teste de t a 5% de significância. Os contrastes realizados foram: centro vs parede com revestimento; centro vs parede sem revestimento; parede com revestimento vs parede sem revestimento. E os contrastes em relação as posições foram: 0-0,50 m com revestimento vs 0-0,50 m sem revestimento; 0,51-1,0 m com revestimento vs 0,51-1,0 m sem revestimento e 1,01-1,50 m com revestimento vs 1,01-1,50 m sem revestimento.

### 3 RESULTADOS

Os dados de composição química, estimativa da produção de leite, perfil fermentativo, fungos filamentosos e leveduras, e perdas de matéria seca (MS) das silagens localizadas no centro, revestidas com o filme de baixa permeabilidade ao oxigênio (CR) e das silagens sem revestimento (SR) estão apresentados na tabela 2.

O conteúdo de MS das silagens submetidas aos tratamentos foram diferentes estatisticamente ( $P < 0,05$ ). O tratamento CR apresentou menor teor de MS quando comparada com os tratamentos CT e SR. O teor de PB do tratamento CT foi menor em relação à CR e SR, e estes não diferiram entre si ( $P = 0,5057$ ). Os teores de amido foram maiores para as silagens CR, não havendo diferenças entre CT e SR. Os teores de FDN foram semelhantes estatisticamente para CR e SR e maiores que CT. Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) para DIVFDN. No entanto, a DIVMS do CT foi maior que SR, e CR não difere estatisticamente de CT e SR ( $P > 0,05$ ).

Para as variáveis NDT,  $EL_{lac}$  e produção de leite, o tratamento SR apresentou menores valores e CT e CR foram semelhantes ( $P > 0,05$ ). O tratamento SR apresentou maior valor de pH que CT e CR, mas estes não foram diferentes entre si ( $P > 0,05$ ). Os teores de  $N-NH_3$  não foram influenciados pelos tratamentos ( $P > 0,05$ ). O ácido lático foi maior para CT e SR apresentou menores concentrações. Os teores de ácido acético e propiônico foram semelhantes estatisticamente entre CR e SR ( $P > 0,05$ ), e CT apresentou menor valor desses ácidos. Os maiores valores de ácido butírico foram encontrados em CT ( $P < 0,05$ ), e entre CR e SR não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ). O tratamento CT apresentou menor contagem de leveduras e fungos filamentosos, CR apresentou valores intermediários e SR demonstrou as maiores populações desses microrganismos.

Tabela 2 Composição química, estimativas da produção de leite, perfil fermentativo, população de leveduras e fungos filamentosos, e perdas de MS das silagens armazenadas no centro do silo e no topo com (CR) e sem (SR) revestimento FBP

	CT	CR	SR	EPM	VALOR DE P		
					CT*CR	CT*SR	CR*SR
MS (%)	39,0 <sup>a</sup>	37,2 <sup>c</sup>	37,8 <sup>b</sup>	2,07	0,0002	0,0121	0,0402
Cinzas	3,02 <sup>b</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	0,22	0,0174	0,0056	0,4873
PB	7,93 <sup>b</sup>	8,56 <sup>a</sup>	8,66 <sup>a</sup>	0,54	0,0087	0,0024	0,5057
Amido	40,0 <sup>b</sup>	41,2 <sup>a</sup>	39,2 <sup>b</sup>	4,04	0,3991	0,5102	0,0265
FDN	43,7 <sup>b</sup>	47,3 <sup>a</sup>	48,4 <sup>a</sup>	4,48	0,0033	0,0002	0,1273
DIVFDN	40,5	40,1	41,2	1,80	0,6029	0,4501	0,6740
DIVMS	66,6 <sup>a</sup>	64,7 <sup>ab</sup>	63,8 <sup>b</sup>	2,06	0,1742	0,0464	0,2426
NDT	59,7 <sup>a</sup>	58,7 <sup>a</sup>	57,9 <sup>b</sup>	1,81	0,2745	0,0469	0,0631
EL <sub>lac.</sub> (Mcal/kg MS)	1,33 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	1,28 <sup>b</sup>	0,05	0,2435	0,0316	0,0408
Leite (Kg/ton MS)	1153,9 <sup>a</sup>	1124,8 <sup>a</sup>	1095,9 <sup>b</sup>	60,1	0,3118	0,0497	0,0496
PH	3,76 <sup>b</sup>	3,81 <sup>b</sup>	3,96 <sup>a</sup>	0,07	0,2973	0,0002	<0,0001
N-NH <sub>3</sub> (% N-Total)	6,18 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>	5,86 <sup>a</sup>	1,60	0,6784	0,3439	0,4160

Tabela 2, continua

	CT	CR	SR	EPM	VALOR DE P		
					CT*CR	CT*SR	CR*SR
Ácido láctico	9,75 <sup>a</sup>	7,29 <sup>b</sup>	5,95 <sup>c</sup>	1,44	0,0212	0,0005	0,0538
Ácido acético	0,32 <sup>b</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,22	0,0024	0,0777	0,0478
Ácido propiônico	0,63 <sup>b</sup>	1,04 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,27	0,0014	0,0017	0,9603
Ácido butírico	0,30 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,09	0,0088	0,0273	0,5280
Leveduras (log ufc/ g)	<2,00 <sup>c</sup>	5,09 <sup>b</sup>	7,42 <sup>a</sup>	1,21	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fungos filamentosos (log ufc/ g)	<2,00 <sup>c</sup>	2,94 <sup>b</sup>	6,34 <sup>a</sup>	0,40	0,0008	<0,0001	0,0001
Perdas de MS (%)	2,46 <sup>b</sup>	4,08 <sup>b</sup>	7,17 <sup>a</sup>	1,77	0,4808	0,0455	0,0038

Dados de composição química e perfil fermentativo são apresentados como % MS; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; DIVFDN: digestibilidade in vitro da FDN; DIVMS: digestibilidade in vitro da MS, NDT: nutrientes digestíveis totais; EL<sub>lac.</sub>: energia líquida para lactação; N-NH<sub>3</sub>: nitrogênio amoniacal. CT: centro; CR: com revestimento e SR: sem revestimento



As perdas de MS foram influenciadas pelos tratamentos, sendo maiores no tratamento SR e semelhantes estatisticamente entre CT e CR ( $P > 0,05$ ).

Na tabela 3, estão apresentadas as características químicas e estimativas da produção de leite das silagens armazenadas nas posições 1, 2 e 3 (0-0,50 m; 0,51-1,00 m; 1,01-1,50 m, respectivamente) da lateral do silo com o revestimento FBP (CR) e da lateral do silo sem revestimento FBP (SR). O conteúdo de MS foi similar para as diferentes posições ( $P > 0,05$ ), com valores variando de 36,8 à 38,0%. Não houve também diferenças significativas nos teores de cinzas e PB ( $P > 0,05$ ). Para teores de amido, a posição 1 apresentou diferença estatística ( $P = 0,0250$ ), sendo a maior concentração de amido encontrada no tratamento CR. Os teores de FDN não diferiram em nenhuma das posições, entretanto a DIVFDN foi maior para a posição 1 do CR ( $P = 0,0395$ ) e não observou-se diferença estatística nas posições 2 e 3 ( $P > 0,05$ ). Para DIVMS, a posição 2 apresentou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), sendo maior para o tratamento CR.

Tabela 3 Características químicas e estimativas da produção de leite das silagens armazenadas com revestimento (CR) e sem o revestimento (SR) de FBP nas posições 1(0-0,50 m), 2(0,51-1,00 m) e 3(1,01-1,50 m)

VARIÁVEL		DISTÂNCIA DA PAREDE		
		Posição 1	Posição 2	Posição 3
MS (%)	CR	37,5	37,4	36,8
	SR	38,0	37,7	37,7
	EPM	2,08	2,07	2,07
	VALOR DE <i>P</i>	0,2362	0,5689	0,0708
Cinzas (%MS)	CR	3,38	3,21	3,26
	SR	3,36	3,32	3,32
	EPM	0,22	0,22	0,22
	VALOR DE <i>P</i>	0,9003	0,3901	0,6636

Tabela 3, continua

VARIÁVEL		DISTÂNCIA DA PAREDE		
		Posição 1	Posição 2	Posição 3
PB (%MS)	CR	8,56	8,62	8,50
	SR	8,71	8,57	8,71
	EPM	0,58	0,58	0,58
	VALOR DE <i>P</i>	0,1353	0,8698	0,4744
Amido (%MS)	CR	41,2	40,8	41,4
	SR	37,7	39,4	40,4
	EPM	4,04	4,04	4,04
	VALOR DE <i>P</i>	0,0250	0,3174	0,5314
FDN (%MS)	CR	47,1	47,1	47,6
	SR	49,2	48,1	47,9
	EPM	0,55	0,55	0,55
	VALOR DE <i>P</i>	0,0914	0,4201	0,8905
DIVFDN (%MS)	CR	42,9	40,0	40,5
	SR	40,7	41,5	41,6
	EPM	1,70	1,70	1,70
	VALOR DE <i>P</i>	0,0395	0,1318	0,1692
DIVMS (%MS)	CR	64,6	65,9	63,6
	SR	64,4	62,7	64,2
	EPM	2,06	2,06	2,06
	VALOR DE <i>P</i>	0,9356	0,0188	0,6981
NDT (%MS)	CR	59,6	58,3	58,3
	SR	57,2	58,8	57,7
	EPM	1,81	1,81	1,81
	VALOR DE <i>P</i>	0,0230	0,5157	0,1317

Tabela 3, continua

VARIÁVEL		DISTÂNCIA DA PAREDE		
		Posição 1	Posição 2	Posição 3
EL <sub>lac</sub> (Mcal/Kg MS)	CR	1,32	1,30	1,30
	SR	1,27	1,30	1,28
	EPM	0,46	0,46	0,46
	VALOR DE <i>P</i>	0,0505	0,7668	0,0655
Leite (Kg/ton MS)	CR	1148,3	1111,3	1114,9
	SR	1073,7	1123,5	1090,6
	EPM	60,14	60,14	60,14
	VALOR DE <i>P</i>	0,0294	0,6203	0,0992

O valor de NDT foi maior para o tratamento CR na posição 1 ( $P < 0,05$ ), não havendo diferenças para as demais posições. Para EL<sub>lac</sub>, houve uma tendência de maior valor para CR na posição 1 ( $P = 0,0505$ ), entretanto isso não foi observado nas posições 2 e 3. A estimativa da produção de leite foi maior para CR somente na posição 1. O tratamento CR na posição 1 apresentou menor valor de pH que SR e não houve diferença nas demais posições. Para N-NH<sub>3</sub> houve diferença somente na posição 3 ( $P < 0,05$ ), sendo a menor concentração encontrada em SR. O ácido láctico foi maior em CR que SR, mas somente na posição 1 e os valores de ácido acético, propiônico e butírico não foram diferentes estatisticamente ( $P > 0,05$ ) em nenhuma das posições. A menor população de leveduras foi encontrada no tratamento CR nas três posições propostas. Para a população de fungos filamentosos, esse comportamento pode ser observado para CR somente nas posições 1 e 2. Em relação às perdas de MS, essas foram menores na posição 1 para o tratamento CR ( $P < 0,05$ ).

Tabela 4 Perfil fermentativo, população de leveduras e fungos filamentosos, e perdas de MS de silagens armazenadas com revestimento FBP (CR) e sem (SR) revestimento das paredes nas posições 1(0-0,50 m), 2(0,51-1,00 m) e 3(1,01-1,50 m)

VARIÁVEL		DISTÂNCIA DA PAREDE		
		Posição 1	Posição 2	Posição 3
pH	CR	3,83	3,77	3,82
	SR	4,07	3,89	3,91
	EPM	0,071	0,071	0,071
	VALOR DE <i>P</i>	0,0002	0,0535	0,1128
N-NH <sub>3</sub> (% N-Total)	CR	5,80	5,99	6,33
	SR	6,01	6,09	5,48
	EPM	1,60	1,60	1,60
	VALOR DE <i>P</i>	0,5972	0,8040	0,0289
Ácido láctico (%MS)	CR	7,28	6,94	7,63
	SR	4,41	6,43	7,00
	EPM	1,44	1,44	1,44
	VALOR DE <i>P</i>	0,0197	0,6613	0,5968
Ácido acético (%MS)	CR	0,75	0,67	0,65
	SR	0,59	0,47	0,55
	EPM	0,22	0,22	0,22
	VALOR DE <i>P</i>	0,2100	0,1445	0,4418
Ácido propiônico (%MS)	CR	1,02	0,94	1,16
	SR	1,03	1,08	1,02
	EPM	0,27	0,27	0,27
	VALOR DE <i>P</i>	0,9018	0,3394	0,3382

Tabela 4, continua

VARIÁVEL		DISTÂNCIA DA PAREDE		
		Posição 1	Posição 2	Posição 3
Ácido butírico (%MS)	CR	0,15	0,13	0,05
	SR	0,16	0,19	0,08
	EPM	0,081	0,081	0,081
	VALOR DE <i>P</i>	0,9824	0,4564	0,7375
Leveduras (ufc/g)	CR	4,98	4,96	5,32
	SR	7,56	7,50	7,19
	EPM	1,21	1,21	1,21
	VALOR DE <i>P</i>	0,0003	0,0004	0,0094
Fungos filamentosos (ufc/g)	CR	<2,00	<2,00	6,81
	SR	5,83	6,16	7,04
	EPM	0,39	0,39	0,39
	VALOR DE <i>P</i>	<0,0001	<0,0001	0,7270
Perdas de MS (%)	CR	4,17	4,62	3,44
	SR	6,30	6,58	8,63
	EPM	1,92	1,92	1,92
	VALOR DE <i>P</i>	0,0149	0,1903	0,1514

## 4 DISCUSSÃO

É de extrema importância a confecção de uma silagem com alta qualidade e uniforme sobre todo o perfil do silo. A incorporação inadequada de silagens deterioradas pode contaminar o alimento por microrganismos indesejáveis, tais como fungos filamentosos e esporos aeróbios e anaeróbios (BORREANI et al., 2013), e por micotoxinas nocivas (CAVALLARIN et al., 2011), que poderiam reduzir o consumo de MS dos animais e o desempenho de vacas leiteiras (QUEIROZ et al., 2012; TABACCO et al., 2011).

Como a energia é a principal contribuição das silagens de milho para rações de gado leiteiro, a sua conservação durante o armazenamento e desabastecimento dos silos é importante para a formulação da dieta, produção de leite, e o retorno líquido de produções leiteiras.

Uma parte dos esforços feita para produzir rendimentos elevados de silagem de alta qualidade por hectare é cancelada quando a deterioração aeróbia acontece. As perdas podem chegar a 70% da MS armazenada nas zonas periféricas e próximo às paredes laterais de silos trincheira (BOLSEN et al., 1993). Essa intensa deterioração além de causar perdas de MS acarreta perdas significativas no valor nutritivo das silagens.

Segundo Tabacco et al. (2011), no decorrer da deterioração aeróbia, compostos solúveis são facilmente oxidados e como consequência carboidratos estruturais mais complexos, proteína bruta e cinzas tendem a aumentar. No presente trabalho, pode se observar maiores valores de PB e de FDN para CR e SR em relação ao CT, entretanto, a DIVMS da silagem armazenada sob a nova estratégia de vedação foi superior do que nas silagens sem revestimento.

A nova estratégia de vedação possibilitou melhor conservação dos componentes nutritivos da silagem em relação às silagens não submetidas ao revestimento da parede, o que pode influenciar positivamente a produção

animal. A silagem deteriorada, devido ao valor nutritivo inferior, ocasiona efeitos negativos sobre desempenho animal (KUNG JUNNIOR et al., 1998), que também está relacionado com a proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos (LINDGREN; OLDENBURG; PAHLOW, 2002) e a síntese de micotoxinas (RICHARD et al., 2009).

As condições de silagens em deterioração mudam constantemente e, como resultado, a composição da população microbiana muda em conformidade (LINDGREN et al., 1985), sendo assim, espécies capazes de degradar polissacarídeos, tais como amido e hemiceluloses, podem crescer sob essas condições (PAHLOW et al., 2003). Silagens deterioradas apresentam aumento na concentração de FDN e diminuição no teor de amido, acarretando queda no valor energético e, conseqüentemente, na produção de leite (TABACCO et al., 2011). O menor teor de amido foi encontrado na silagem sem revestimento (SR), isso pode ser decorrente do consumo desse nutriente por parte dos microrganismos deterioradores.

Utilizando os dados de composição química das silagens na planilha Milk 2006, para estimar o potencial de produção de leite, fica evidente o efeito do revestimento das paredes com o filme de baixa permeabilidade ao oxigênio. Silagens submetidas à nova estratégia de vedação (CR) apresentaram maiores estimativas dos valores de NDT,  $EL_{lac}$  e produção de leite frente às silagens que permaneceram próximas à parede sem o revestimento. Tabacco et al. (2011), utilizando essa mesma planilha, observaram uma correlação negativa entre a produção de leite e contagem de fungos filamentosos, fato que pode ser observado no presente trabalho onde silagens armazenadas próximas à parede sem revestimento tiveram maior contagem de fungos filamentosos e, conseqüentemente, apresentaram menores estimativas para a produção de leite, demonstrando a eficiência do revestimento da parede com o filme de baixa permeabilidade ao oxigênio em preservar os nutrientes da silagem.

Em relação ao perfil de fermentação menor teor de ácido lático foi encontrado nas silagens que não foram submetidas à nova estratégia de vedação que é consistente com o valor de pH mais elevado desse tratamento (3,98). Isso ocorre devido ao maior ingresso de O<sub>2</sub> nessas silagens e, conseqüentemente, maior desenvolvimento de microrganismos deterioradores que irão consumir o ácido lático elevando o pH.

Embora a quantidade de ácido acético no tratamento CR tenha sido maior em relação a CT e SR, esse valor se encontra abaixo dos valores relatados em alguns trabalhos (BERNARDES et al., 2011; BORREANI; PIANO; TABACCO, 2015; DOLCI et al., 2011). No entanto, estudos mostram que um maior nível de anaerobiose durante o período de conservação poderia reduzir a contagem de leveduras na silagem, mesmo quando pequenas quantidades de ácido acético são produzidos, resultando em maior estabilidade aeróbia. Esse fato é consistente com os resultados de Orosz et al. (2013), esses autores relataram que embora a silagem de milho na camada superior do silo sob a película de barreira ao O<sub>2</sub> (OB) apresentassem concentrações mais baixas de ácido acético, a sua estabilidade aeróbia foi maior do que a silagem armazenada sob uma película convencional de PE. Esses autores atribuíram a maior estabilidade aeróbia na camada superior da silagem armazenada sob o filme OB, por reduzir a permeação de oxigênio, em decorrência da vedação do silo durante o período de armazenamento.

A correta vedação e cobertura do silo com intuito de evitar a penetração de oxigênio durante a fase de conservação é um dos fatores mais relevantes que irá influenciar na qualidade microbiológica da silagem durante toda a extensão do silo (BORREANI; TABACCO; CAVALLARIN, 2007). Leveduras e, em seguida, fungos filamentosos são os principais microrganismos responsáveis pelo início da deterioração aeróbia de silagens causando um aumento no pH (PAHLOW et al., 2003).



A maioria das silagens é exposta ao oxigênio durante o período de conservação, em razão da permeabilidade da lona ao O<sub>2</sub> e as dificuldades de realizar uma vedação adequada do silo (BORREANI et al., 2013). Algumas leveduras utilizam o ácido láctico e açúcares remanescentes como substrato, além de outros ácidos orgânicos, o que leva a um aumento no pH (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991) e esse fato torna o ambiente favorável para o desenvolvimento de fungos filamentosos. Uma melhor barreira ao oxigênio apresentada pelo revestimento da parede do silo com o FBP afetou a contagem microbiana no presente estudo. A maior contagem de leveduras e fungos filamentosos foi detectada onde não havia o revestimento FBP, portanto maior penetração de O<sub>2</sub> ocorreu nessa área e, conseqüentemente, uma menor concentração de lactato e um maior pH foram encontrados. Pahlow et al. (2003) relataram que, como resultado da infiltração de ar, microrganismos ácido tolerantes aeróbios (facultativos) presentes na silagem se desenvolvem oxidando açúcares e ácido láctico.

Como mencionado anteriormente, o tratamento SR foi o que obteve a maior contagem de fungos filamentosos, e, como consequência disso, as perdas de MS foram maiores para silagens sem o revestimento em relação às silagens do centro e as que receberam o revestimento da parede. Além da preocupação com as perdas de MS, que pode afetar o planejamento alimentar do plantel, tem-se a questão da qualidade higiênica da silagem. Maior contagem de fungos filamentosos aumenta os riscos de contaminação da silagem com micotoxinas produzidas por esses microrganismos, o que pode acarretar grandes prejuízos na saúde animal e humana. Recentemente, tem sido demonstrado que o uso de barreira ao oxigênio filmes de plástico para ensilagem pode garantir uma vida útil mais longa de silagem, protegendo-a de deterioração, adiando o crescimento de fungos patogênicos, que são capazes de produzir micotoxinas que são

prejudiciais para os animais e seres humanos (CAVALLARIN et al., 2011; DOLCI et al., 2011).

Em relação às posições estudadas neste trabalho, fica claro que a nova estratégia de vedação com o filme de baixa permeabilidade ao oxigênio melhorou a fermentação microbiana e a qualidade da silagem de milho armazenada na camada do topo do silo trincheira e, principalmente, nas áreas próximas à parede. Essa nova estratégia de vedação proporcionou a confecção de silagens com maior qualidade higiênica e melhor valor nutritivo, o que, certamente, influenciará na produtividade animal.

A reduzida disponibilidade de oxigênio durante a conservação da massa sob a nova estratégia de vedação teve acentuado efeito sobre a população de leveduras e fungos filamentosos o que influenciou alguns parâmetros químicos estudados.

Para as silagens localizadas na posição 1, houve uma maior preservação do amido e melhores estimativas de NDT e produção de leite. Não foram relatadas diferenças quanto ao FDN das silagens, entretanto, as silagens na posição 1, sob a nova estratégia de vedação, apresentaram melhores DIVFDN.

A contagem de leveduras foi significativamente menor na silagem submetida à nova estratégia de vedação (CR), em relação a silagens sem o revestimento (SR) nas três posições estudadas e para a contagem de fungos filamentosos isso pode ser observado para as posições 1 e 2. O pH foi menor e o ácido láctico foi maior na posição 1 para silagens submetidas à nova estratégia de vedação. McDonnell (2008) observou que silagens conservadas sob o filme de barreira ao O<sub>2</sub> tiveram um maior conteúdo de ácido láctico, pH mais baixo, e contagens mais baixas de leveduras e fungos filamentosos. O mesmo autor (MCDONELL, 2008) relatou que o ácido láctico era quase duas vezes maior para a silagem armazenada sob um filme de barreira ao O<sub>2</sub> que as armazenadas em um filme de PE. Isso ocorreu no presente trabalho onde a concentração de

ácido láctico foi de 1,65 vezes maior para silagens armazenadas sob a nova estratégia de vedação, demonstrando um menor desenvolvimento de microrganismos assimiladores de lactato nas silagens submetidas à nova estratégia de vedação.

Menor perda de MS foi encontrada na posição 1 para silagens onde houve o revestimento da parede com FBP em relação à silagem sem revestimento, não havendo diferenças entre as demais posições. Borreani, Piano e Tabacco (2014) relataram um atraso no início da deterioração aeróbia da silagem de milho sob o filme FBP o que resultou em menores perdas de MS e uma menor quantidade de silagem deteriorada que era descartada no momento do fornecimento aos animais.

## **5 CONCLUSÃO**

O revestimento das paredes de silos trincheira com o filme de baixa permeabilidade ao oxigênio reduz o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos, promovendo maior preservação dos nutrientes da silagem de milho localizada na região periférica, principalmente próxima à parede. Essa estratégia de vedação permite que a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem localizada no topo seja similar àquela da região central do silo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990. 1117 p.

BERNARDES, T. F. et al. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 67, p. 34-42, 2011.

BOLSEN, K. K. Issues of top spoilage losses in horizontal silos. In: **SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK**, 1997, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cooperative Extension, 1997. p. 137-150.

BOLSEN, K. K. et al. Rate and extent of top spoilage in horizontal silos. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 10, p. 2940-2962, 1993.

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, July 2008. Número especial.

BORREANI, G. et al. Aerobic deterioration stimulates outgrowth of spore-forming *Paenibacillus* in corn silage stored under oxygen-barrier or polyethylene films. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 8, p. 5206-5216, Aug. 2013.

BORREANI, G.; PIANO, S.; TABACCO, E. Aerobic stability of maize silage stored under plastic films with different oxygen permeability. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 94, n. 13, p. 2684-2690, Oct. 2014.

BORREANI, G.; PIANO, S.; TABACCO, E. Bio-based biodegradable film to replace the standard polyethylene cover for silage conservation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 1, p. 386-394, Jan. 2015.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 10, p. 4701-4706, Oct. 2007.

CARVALHO, B. F. et al. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 67, n. 4, p. 462-470, Dec. 2012.

CAVALLARIN, L. et al. Aflatoxin accumulation in whole crop maize silage as a result of aerobic exposure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, West Sussex, v. 91, n. 13, p. 2419-2425, June 2011.

DOLCI, P. et al. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 77, n. 21, p. 7499-7507, Nov. 2011.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. Technical note: effect of sample processing procedures on measurement of starch in corn silage and corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 12, p. 4830-4833, Dec. 2008.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, Aug. 1999.

KUNG JUNIOR, L. et al. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1322-1330, May 1998.

LINDGREN, S. et al. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 36, p. 765-774, 1985.

LINDGREN, S.; OLDENBURG, E.; PAHLOW, G. Influence of microbes and their metabolites on feed and food quality. In: GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 29., 2002, La Rochelle. **Proceedings...** La Rochelle: [EGF], 2002. p. 503-511.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. Microorganisms. In: MCDONALD, P. (Ed.). **The biochemistry of silage**. 2<sup>nd</sup> ed. Aberystwyth: Chalcombe, 1991. p. 81-152.

MCDONELL, E. E. **An evaluation of methods used to cover bunker silos with oxygen barrier plastic to maintain the nutritive value of silage**. 2008. 88 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - University of Delaware, Newark, 2008.

MUCK, R. E.; MOSER, M. R.; PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. chap. 6, p. 251-304.

OROSZ, S. et al. Microbial status, aerobic stability and fermentation of maize silage sealed with an oxygen barrier film or standard polyethylene film. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 22, n. 21, p. 182-188, Nov. 2013.

PAHLOW, G. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 2003. p. 31-93.

QUEIROZ, O. C. M. et al. Effect of a dual-purpose inoculant on the quality and nutrient losses from corn silage produced in farm-scale silos. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 95, n. 6, p. 3354-3362, June 2012.

RICHARD, E. et al. Evaluation of fungal contamination and mycotoxin production in maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 148, n. 2/4, p. 309-320, Jan. 2009.

SHAVER, R. D. et al. **MILK2006 corn silage**: calculates TDN-1x, NEL-3x, milk per ton, and milk per acre. 2006. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

SOEST, P. J. van; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **User's guide**. Version 8. Cary, 2000. 1 CD-ROM.

TABACCO, E. et al. Clostridia spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silages as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 107, n. 5, p. 1632-1641, Nov. 2009.

TABACCO, E. et al. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 3, p. 1409-1419, Mar. 2011.

WISNER, D. et al. PVC environmental, health, safety. In: WILKES, C. E.; SUMMERS, J. W.; DANIELS, C. A. (Ed.). **PVC handbook**. Munich: Hanser, 2005. p. 639-678.