

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Filmes plásticos de vedação na qualidade da silagem de milho e
desempenho de cordeiros**

Lucas Felipe Francisco

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2021**

**Lucas Felipe Francisco
Bacharel em Zootecnia**

**Filmes plásticos de vedação na qualidade da silagem de milho e desempenho
de cordeiros**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Francisco, Lucas Felipe

Filmes plásticos de vedação na qualidade da silagem de milho e desempenho de cordeiros / Lucas Felipe Francisco. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

52 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Valor nutricional 2. Polietileno 3. Vedação de silo 4. Deterioração aeróbia . I. Título

“Dedico a todos que acreditaram em mim durante a caminhada,
Ao meu grupo de pesquisa,
Meu orientador,
Meus colegas,
Meus amigos,
Meus pais e irmã,
Sem vocês nada seria possível.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e àqueles que se fazem presente dele, meus pais e minha irmã, que participaram integralmente na minha vida e me auxiliaram em princípios únicos, valores e ensinamentos preciosos. Vocês são minha inspiração e meu lar.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento e apoio ao desenvolvimento do presente projeto que foi concedido por meio do processo 2019/11614-6, agradeço também pela bolsa concedida durante a vigência 01/09/2019 a 28/02/2021.

Ao programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens e a Diretoria da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, pelo respaldo burocrático e acadêmico, como também todo o corpo docente da instituição que tive o prazer de estabelecer contato por meio da matriz curricular, saliento meu agradecimento.

A Prefeitura do Campus Fernando Costa em Pirassununga e a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, por acreditar e colaborar com a realização do projeto, assim como, destaco ainda o apoio técnico e operacional dos prestadores de serviços associados ao setor de agricultura e administrativo do Campus, meu sincero agradecimento a todos.

Aos professores colaboradores que contribuíram de forma essencial para o planejamento e execução deste trabalho, Prof^o Dr. Arlindo Saran Netto, Prof^o Dr. Evandro Maia Ferreira, Prof^a Dra. Sarita Bonagurio Gallo, serei eternamente grato por todo o apoio e ensinamentos a mim dedicado.

Em especial ao meu orientador Professor Doutor Luiz Gustavo Nussio do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, pela orientação deste trabalho, pela capacidade científica, compartilhamento de experiências e conhecimento técnico, como também por toda a força e incentivo ao longo da realização deste. Sou eternamente grato pela sua disposição, entusiasmo e profissionalismo.

Aos meus amigos que fizeram dos meus dias, dias mais claros, muitas das vezes dias de ânimo, dias de sentir saudade, dias de se sentir especial por ter alguém com quem pudesse contar. Em especial a Juliana Machado, Andreia Volpato, Larissa Maniero Nazato, Danilo Pedersen entre muitos outros, que tive a

oportunidade e prazer de conviver e a partir de agora levar comigo um pouco de cada um em meu coração. A toda minha família, vocês me deram sustento, base para esse sonho, sempre me apoiando e dando votos de confiança.

Aos meus colegas do grupo de Qualidade e Conservação de Forragens (QCF), em especial ao Gabriel de Assis Reis, Ariadna Ribeiro, Álvaro Bernardo, Gustavo Salvatti, Willian Pereira, Dannylo Oliveira, Érica Benjamin, Greiciele de Moraes, Késia Oliveira, Viviane Gritti, Pedro Augusto Salvo e também a todos que passaram pelo grupo mesmo que de forma breve durante minha trajetória. Só tenho a agradecer pela atenção e auxílio com o conhecimento compartilhado e até mesmo em ocasiões de descontração.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS POR FERMENTAÇÃO	13
2.2. PERDAS FERMENTATIVAS E DETERIORAÇÃO AERÓBIA	14
2.3. FILMES PLÁSTICOS PARA VEDAÇÃO	16
2.4. CONSERVAÇÃO DE FORRAGEM NA PRODUÇÃO DE OVINOS	18
REFERÊNCIAS	20
3. VALOR NUTRICIONAL, PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TEMPERATURA UTILIZANDO FILMES DE POLIETILENO NA VEDAÇÃO DE SILAGENS DE MILHO	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT	25
3.1. INTRODUÇÃO	26
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
3.4. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37
4. SILAGENS DE MILHO UTILIZANDO FILMES DE POLIETILENO NA VEDAÇÃO SOBRE A ESTABILIDADE AERÓBIA E DESEMPENHO DE CORDEIROS	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT	41
4.1. INTRODUÇÃO	42
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.4. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51

RESUMO

Filmes plásticos de vedação na qualidade da silagem de milho e desempenho de cordeiros

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características de quatro filmes de polietileno e uma estratégia de sobreposição de filmes e seus efeitos sobre a qualidade nutricional, características físico-químicas e estabilidade aeróbia da silagem de milho e, como consequência, os efeitos sobre o desempenho e de cordeiros em terminação. Foram desenhados cinco tratamentos da seguinte forma: polietileno linear buteno 120 μ m (PLB120); polietileno linear octeno 120 μ m (PLO120); polietileno linear octeno 100 μ m (PLO100); polietileno linear octeno 80 μ m (PLO80); polietileno linear buteno 120 μ m + polietileno linear octeno 50 μ m (PLB120+PLO50). Foram confeccionados quatro silos do tipo superfície, cada um contendo os 5 tratamentos distribuídos ao longo do seu comprimento. O período de estocagem foi de 180 dias e após a abertura a silagem foi destinada para cordeiros em terminação para avaliação de desempenho animal. A forragem foi analisada antes e após a fermentação, por meio de análises bromatológicas (MS, MM, PB, FDN, FDA, MO), determinação do pH, medidas de temperatura e dos produtos de fermentação, perdas de matéria seca e estabilidade aeróbia. Os dados foram estudados por meio de contrastes, avaliando os efeitos de Espessura (PLO 80 e PLO 100 vs PLO 120), Material (PLO 120 vs PLB 120) e de Filme Adicional (PLB 120 vs PLB120+PLO50). A espessura dos filmes foi determinante sobre o perfil de temperatura superficial e de painel, e o PLO 120 resultou em menores temperaturas do filme, melhor controle de perdas (6,3 pontos percentuais a menos de perda de MS) e maior estabilidade aeróbia (aumento médio de 26 horas) que os filmes mais finos PLO 80 e PLO 100. Os materiais (eteno e buteno) foram semelhantes quanto à perda de MS (média de 11%), porém a estabilidade aeróbia foi significativamente maior para o PLO 120 (aumento médio de 32 horas). A estratégia de combinação de filmes não diferiu sobre o perfil de temperatura, porém em condições após abertura se mostrou eficiente em reduzir a temperatura da porção mais superficial do solo. O desempenho dos animais foi semelhante, entretanto, houve tendências de superioridade de algumas variáveis sobre o efeito de um filme adicional, que pode ser explicado pela divergência de composição nutricional das silagens nas dietas.

Palavras-chave: Valor nutricional; Polietileno; Vedação do silo; Deterioração aeróbia

ABSTRACT

Plastic sealing films on corn silage quality and lamb performance

The present trial aimed to evaluate the characteristics of four polyethylene films and a film overlay strategy and its effects on nutritional quality, physicochemical and aerobic stability of corn silage and, as a consequence, the effects on performance and on finishing lambs. Five treatments were designed as follows: linear polyethylene butene 120 μ m (PLB120); octene 120 μ m linear polyethylene (PLO120); linear polyethylene octene 100 μ m (PLO100); octene 80 μ m linear polyethylene (PLO80); 120 μ m linear butene polyethylene + 50 μ m octene linear polyethylene (PLB120+PLO50). Four surface-type silos were made, each containing the 5 treatments distributed along its length. The storage period was 180 days and after opening, the silage was offered to finishing lambs for evaluation of animal performance. The forage was analyzed before and after fermentation, through chemical analysis (DM, MM, CP, NDF, ADF, OM), pH determination, temperature measurements and fermentation products, dry matter losses and aerobic stability. Data were studied using contrasts, evaluating the effects of Thickness (PLO80 and PLO100 vs PLO120), Material (PLO120 vs PLB120) and Additional Film (PLB120 vs PLB120+PLO50). The thickness of the films was decisive for the surface and panel temperature profile, and the PLO120 resulted in lower film temperatures, lower losses (6.3 percentage points less DM loss) and greater aerobic stability (average increase 26 hours) than the thinner PLO80 and PLO100. The Materials (octene and butene) were similar in terms of DM loss (mean 11%), but aerobic stability was significantly higher for PLO120 (mean increase of 32 hours) than PLB120. The film combination strategy did not differ on the temperature profile, but under conditions after opening it was efficient in reducing the temperature of the outermost superficial layer of the silo. The performance of the animals was similar, however, there were trends on the effect of an additional film, which can be explained by the divergence of nutritional composition of the silages in the diets.

Keywords: Nutritional value, Polyethylene; Silo sealing; Aerobic deterioration

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição químico-bromatológica da forragem de milho no momento da ensilagem.....	28
Tabela 2. Valor nutricional da silagem de milho no momento da abertura vedada com diferentes filmes de polietileno	31
Tabela 3. Perfil de ácidos orgânicos e ph da silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno	32
Tabela 4. Perdas de matéria seca ao longo do período de armazenamento da silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno	33
Tabela 5. Média de temperatura superficial e interna dos silos cobertos por diferentes filmes de polietileno	34
tabela 6. Temperatura média do painel estabelecido após abertura de silos cobertos por diferentes filmes de polietileno	35
Tabela 7. Composição da ração experimental e valor nutricional dos ingredientes.....	44
Tabela 8. Estabilidade aeróbia e temperaturas de silagens de milho produzidas sob diferentes filmes de polietileno durante o ensaio de exposição ao ar	45
Tabela 9. Valor nutricional das dietas compostas por silagens vedadas com diferentes filmes de polietileno	47
Tabela 10. Desempenho de cordeiros em confinamento alimentado por dieta composta por silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno.....	48

1. INTRODUÇÃO

A conservação de forragens e grãos por meio de ensilagem é uma prática eficiente e importante na atividade pecuária brasileira. A ensilagem é um processo capaz de manter o valor nutricional dos alimentos por grandes períodos de estocagem, possibilitando o suprimento de estoques forrageiros e de grãos para uso nas épocas de escassez ou clima desfavorável (Driehuis e Oude Elferink, 2000).

A manutenção da anaerobiose durante a fase de armazenamento das silagens é o principal fator para uma boa conservação (Borreani et al., 2007). Grande parte das estruturas utilizadas para a ensilagem se baseiam em silos horizontais, por serem estruturas de baixo custo de construção, necessidade mínima de infraestrutura e praticidade para o abastecimento e desabastecimento (Savoie e Jofriet, 2003). Porém, os silos horizontais são caracterizados pela grande superfície exposta ao ambiente, o que torna o material ensilado mais vulnerável à deterioração por microrganismos aeróbios e ação de intempéries (Bolsen et al., 1993).

Falhas e ineficiências no processo de ensilagem permitem a entrada de oxigênio, elevando a perda de qualidade do material (Borreani e Tabacco, 2017). A presença do oxigênio favorece o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios, cujo metabolismo resulta em redução do valor nutricional da silagem, possíveis impactos sobre o consumo dos animais (Lindgren et al., 1985; McDonald et al., 1991) e possível produção de metabólitos tóxicos para a saúde animal e humana, como as micotoxinas (Driehuis, 2011; Borreani e Tabacco, 2017).

Dentre as principais estratégias para vedação de silos, está a utilização de filmes plásticos a base do polímero polietileno. Este material é utilizado como cobertura de silos desde a sua implementação na atividade agrícola em meados dos anos 50, devido ao seu baixo custo e suas características físicas (Degano, 1999). A espessura do filme de polietileno é considerada o fator que determina a resistência do material a danos e rasgos, tal como a permeabilidade ao oxigênio (Muck e Holmes, 2000). Isso por que a influência da espessura do filme sobre a permeabilidade ao oxigênio e resistência são consideradas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menos espesso o filme, maior a permeabilidade ao oxigênio e mais suscetível a rasgos e perfurações (Bernardes et al., 2009). Os filmes constituídos a base de polietileno apresentam permeabilidade ao oxigênio ainda mais acentuada quando exposto a certas condições ambientais, o que se torna um obstáculo para a manutenção do ambiente anaeróbio do silo ao longo do tempo de armazenamento (Savoie, 1988; Degano, 1999; Bernardes et al., 2009).

Sendo assim, têm-se buscado alternativas para reduzir as perdas associadas à vedação, utilizando-se filmes plásticos coextrusados; estratégias de combinação de filmes de polietileno com barreiras de oxigênio a base de poliamida ou de copolímeros etileno e álcool vinílico; diferentes tipos de cobertura sobre plástico, como terra, bagaço de cana, palhadas, dentre outras. Além de uma cobertura eficiente para garantir qualidade da fermentação, a estratégia de vedação deve assegurar que o manejo de desabastecimento do silo seja facilitado (Amaral, 2011). A procura por um filme plástico capaz de reduzir as perdas superficiais nos silos, sem elevar custos ou resultar em maior

esforço de manejo é uma meta nos sistemas de produção animal, justificando a condução do presente estudo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da vedação com diferentes filmes plásticos de polietileno sobre a qualidade nutricional da silagem de milho e determinar a influência das estratégias de vedação sobre o desempenho de cordeiros em terminação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Conservação de forragens por fermentação

A ensilagem é um processo de conservação de forragens baseado na fermentação anaeróbica do material picado e compactado no silo. Ao longo deste processo, ocorre a conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, sob atuação de microrganismos, em especial, as bactérias ácido-láticas. O metabolismo dessas bactérias resulta na queda do pH e conservação do material, prevenindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como, por exemplo, bactérias do gênero *Clostridium* (Pereira e Reis, 2001).

Quatro etapas essenciais são destacadas na dinâmica da conservação por fermentação anaeróbica, cada qual correspondente a uma cadeia de reações subsequentes e necessárias para o sucesso no processo e qualidade final do material (Barnett, 1954). A primeira etapa engloba todo o período de abastecimento até o fechamento e vedação do silo em que a respiração celular e proteólise são as principais reações presentes no material recém colhido e armazenado. Ainda metabolicamente ativo, o material vegetal respira enquanto o oxigênio está disponível. A respiração do tecido vegetal é o principal motivador para remover o oxigênio do silo e produzir calor, embora a respiração por microrganismos aeróbios também contribua. Assim, o consumo de açúcares pelas células vegetais e microrganismos aeróbios em um ambiente fechado, resulta na rápida exaustão do oxigênio. Além da ação sobre carboidratos, as enzimas proteolíticas presentes no material vegetal atuam sobre as proteínas (McDonald et al., 1991; Wilkinson et al., 2003).

Quando o enchimento e vedação dos silos são feitos rapidamente, a primeira etapa é finalizada em poucas horas após seu fechamento. Entretanto, possíveis ineficiências podem acarretar em maior duração da ensilagem, elevando as perdas em aerobiose. Temperaturas elevadas (acima de 40 °C) por muito tempo podem conduzir a desnaturação das proteínas, afetando a disponibilidade de aminoácidos nos alimentos conservados. A desnaturação ocorre lentamente abaixo de 38 °C (Muck e Pitt, 1993). A persistência de temperaturas elevadas conduz ainda à formação dos compostos de “Maillard”, que consistem na complexação entre carboidratos e frações nitrogenadas, em um processo que é visualmente identificado pelo escurecimento da silagem (Pahlow et al., 2003). Rees (1982) relataram perdas de MS de 1,7% para cada aumento de 10 °C na temperatura de silos laboratoriais. A produção de calor é normal durante o processo de ensilagem e um aumento de até 12 °C na temperatura da massa é comum, mesmo em silos confeccionados adequadamente (Adesogan e Newman, 2014).

A etapa subsequente é caracterizada pelas condições do ambiente resultante após a fase inicial, o qual encontra-se em anaerobiose, interrompendo assim a respiração das células vegetais e a atuação de microrganismos aeróbios, que serão sucedidos pelos microrganismos anaeróbios. Estes, por sua vez, atuam sobre os carboidratos solúveis, convertendo-os em ácido lático, ácidos graxos voláteis, etanol, CO₂, etc. Nesta fase, conhecida como fase fermentativa, a ação de bactérias ácido láticas (BAL) é desejável para que ocorra a adequada conversão de carboidratos em ácido lático, reduzindo efetivamente o pH para a manutenção da estabilidade da silagem. A acidificação

eficiente da massa reduz o potencial de perdas de matéria seca pela ação de microrganismos que podem competir por substrato com as BAL, como as enterobactérias, bactérias do gênero *Clostridium* e leveduras (Pahlow et al., 2003). As taxas de crescimento das BAL essenciais são afetadas pela temperatura, disponibilidade de açúcares, grau de anaerobiose e níveis de umidade (Yamamoto et al., 2011).

A eficiência desta etapa determina a extensão da atividade de microrganismos que afetam a qualidade final do material. Essa fase se prolonga até o alcance de um nível de pH inibitório ao crescimento de todos os microrganismos. Quando a redução do pH não ocorre satisfatoriamente, a presença de altos teores de ácidos orgânicos, como o acético e butírico, como também o alto teor de nitrogênio solúvel e amônia são indicadores da menor qualidade fermentativa (McDonald et al., 1991; McAllister e Hristov, 2000; Pahlow et al., 2003).

A manutenção das condições dentro do silo após todos estes processos caracteriza o momento de estabilização da silagem, o qual apresenta uma atividade microbiológica diminuída. Nesta situação, a vedação e a eficiência dos materiais utilizados para a mesma são determinantes para impedir ao máximo o influxo de oxigênio para o meio, uma vez que o aporte de O₂ pode desencadear a proliferação e atividade de organismos aeróbios como leveduras e fungos, com consequente degradação do material estocado (Pahlow et al., 2003).

Ao final do período de estocagem e início do desabastecimento e utilização da silagem, o silo será exposto de forma brusca ao contato com oxigênio e ao clima. Nesta situação adversa, a capacidade do material se manter estável em aerobiose será desafiada. Alguns fatores de manejo serão essenciais sobre a resistência que o material impõe sobre a velocidade de degradação realizada por microrganismos aeróbios e seus processos de oxidação (Jobim et al., 2007). Holmes (2009) afirmou que a densidade final aliada ao teor de matéria seca da silagem determinam o nível de porosidade do alimento, ditando desta forma o deslocamento e infiltração de oxigênio dentro do silo. Zonas com menor densidade de compactação estão mais susceptíveis à degradação acentuada, e, para reduzir este fator, é necessário a adoção de técnicas adequadas no momento da ensilagem, como a colheita da forragem com teor de matéria seca ideal, tamanho de partícula, eficiência no abastecimento, compactação homogênea e eficaz, e assim finalizando com uma vedação hermética (McDonald et al., 1991; Pitt; Muck, 1993; Rotz, 2003).

De fato, a exposição do material ao oxigênio ambiental desencadeará a atuação em série de microrganismos que elevam o status de degradação. Porém, esse problema pode ser aumentado caso a silagem, ainda na fase de armazenamento, seja afetada pela presença de O₂ decorrente de más condições de vedação. Neste cenário, a somatória de efeitos negativos será maior, antecipando a atuação de microrganismos indesejáveis que consequentemente elevam perdas de matéria seca, reduzem a qualidade nutricional e tornam o material muito menos estável, influenciando desta forma o consumo pelos animais e aumentando os riscos potenciais à saúde animal e humana (McDonald et al., 1991; Borreani e Tabacco, 2010).

2.2. Perdas fermentativas e deterioração aeróbia

As populações microbianas epífitas das culturas utilizadas para ensilagem são influenciadas pelo material vegetal colhido, condições de cultivo, fatores ambientais, eficiência de processos entre outros (Pahlow et al., 2003; Muck et al., 2003). No início da confecção dos silos, as enterobactérias são frequentemente encontradas em populações mais altas do que BAL, influenciando a fermentação inicial no material (Pahlow et al., 2003). Após o alcance de um patamar de anaerobiose dentro do silo, diversos grupos de microrganismos anaeróbios e facultativos começam a se proliferar passando a ser dominantes e a converterem açúcares em ácidos orgânicos, sobretudo as bactérias ácido lácticas. Embora geralmente considerados anaeróbios, a maioria das BAL podem crescer em condições aeróbias, consumindo oxigênio molecular e ajudando a criar condições anaeróbias na massa da planta (Yamamoto et al., 2011), mas há evidências indicando que o ar influencia o metabolismo de algumas BAL (Condon, 1987), impactando negativamente a produção de ácido láctico (Kim e Adesogan, 2006).

As diferentes espécies de BAL diferem em sua atuação fermentativa, disputando dominância na fermentação e utilização dos substratos fermentescíveis. Quando abordamos o conjunto das BAL que atuam pela rota homofermentativa, tem-se a conversão da glicose em duas moléculas de lactato, não representando perdas de matéria seca. Contudo, espécies de BAL de metabolismo heterofermentativo, convertem a molécula de glicose a ácido láctico, ácido acético e dióxido de carbono, expressando uma redução de até 24% da matéria seca nesta reação, mas ainda assim representando a subtração de apenas 1% da energia bruta do material (Zimmer, 1980).

Outros grupos de microrganismos podem atuar sobre a fase fermentativa, de forma muito menos eficiente, gerando maiores valores de perdas de matéria seca, como as leveduras, que convertem glicose a etanol. As bactérias do gênero *Clostridium* produzem butirato a partir do lactato e da glicose, podendo ainda convertê-los a gás hidrogênio, elevando ainda mais perdas brutas de energia.

O processo de deterioração aeróbia é complexo e envolve a ação sucessiva de microrganismos. É iniciado comumente por leveduras que consomem carboidratos solúveis e ácido láctico, elevando o pH e a temperatura da silagem (Wilkinson e Davies, 2013). As leveduras são capazes de se desenvolver em baixas concentrações de oxigênio e em ambientes com ampla variação de pH, criando condições adequadas para o desenvolvimento de outras populações de fungos e bactérias com maior extensão de degradação (McDonald et al., 1991). As áreas superficiais dos silos são as mais susceptíveis à infiltração de ar, devido à menor densidade de compactação e, conseqüentemente, maior porosidade da massa, além dessas áreas serem diretamente afetadas pela qualidade dos materiais utilizados na cobertura e vedação. Em condições de infiltração de ar, a multiplicação de leveduras pode ser intensificada durante o período em que o silo ainda está fechado e no momento de abertura, a população pode se tornar ainda mais elevada. Silagens com contagens de leveduras acima de 10^5 ufc g⁻¹ são potencialmente mais propensas à deterioração aeróbia, afetando a estabilidade do material poucas horas após o desabastecimento do silo (Kung et al., 1998).

Todas as etapas que compõem o processo de ensilagem são responsáveis por alterações de composição química das forragens estocadas, tendo em vista as reações bioquímicas que estão envolvidas. A presença de oxigênio de forma descontrolada incidirá na ativação de processos de

oxidação e degradação, impactando diretamente na composição de nutrientes antes utilizados para conservação (Neumann et al., 2007). Durante a fase em que o silo permanece vedado, a camada superficial do topo e as áreas laterais se tornam pontos críticos da ação de fungos e leveduras. A alta porosidade nestas regiões, combinada com a ineficácia dos materiais de cobertura, dá início a pontos de degradação e redução da qualidade (Savoie & Jofriet, 2003). Após a abertura, as características do silo, como o padrão de compactação, tamanho de partículas e teor de matéria seca, podem contribuir para uma maior infiltração de oxigênio na massa, acelerando processos de deterioração. A composição e concentração dos produtos de fermentação do silo também influenciam na estabilidade do material após a retirada para fornecimento aos animais, tendo impacto sobre o aumento de temperatura do material.

Diversos fatores influenciam o potencial de perdas em todo o processo de ensilagem, de modo que as perdas podem ser classificadas como evitáveis ou inevitáveis. Perdas inevitáveis são atribuídas às reações como a atividade celular de respiração, bioquímica da fermentação e produção de efluentes, podendo representar de 7 a 10% da matéria seca estocada. As perdas consideradas evitáveis são oriundas de ações que agregam amplitude às perdas inevitáveis, devido à ineficácia dos processos, falhas ou negligenciamento das operações de confecção dos silos (McDonald et al., 1991; Pahlow et al., 2003).

2.3. Filmes plásticos para vedação

Até 1950, manter silos adequadamente fechados era uma tarefa difícil, dada a utilização de materiais pouco desenvolvidos para esta finalidade na época. A vedação dos silos era feita com terra, serragem, parafina, telhas ou até mesmo sem qualquer tipo de cobertura. A partir da década de 50, quando a utilização de filmes plásticos começou a se disseminar na agricultura, observou-se um salto tecnológico e produtivo na produção de silagens (Wilkinson et al., 2003).

O polímero polietileno (PE) ganhou notoriedade por apresentar características de resistência mecânica de grande interesse e, principalmente, maior resistência aos raios ultravioletas (UV), comparado ao cloreto de polivinila (PVC) utilizado anteriormente (Borreani e Tabacco, 2008). Atualmente, o PE ainda tem sido a base da composição dos filmes plásticos para vedação, em função do seu baixo custo de produção (Borreani et al., 2007). Minson e Lancaster (1965) testaram diferentes coberturas antes comumente empregadas e a utilização de filme plástico de polietileno (PE). Os autores descreveram percentuais de perdas de MS de 34% a 12%, para os tratamentos sem cobertura e com cobertura de PE, respectivamente. A evidência da eficiência dos filmes plásticos foi também descrita por Bolsen et al. (1993), registrando perdas de MS de 8% contra 46% entre os silos cobertos com filme plástico e silos sem cobertura. A ampla diferença de eficiência em reduzir as perdas de MS está intimamente relacionada ao potencial destes materiais em manter uma barreira física capaz de condicionar um ambiente no interior do silo menos afetado pelas condições externas.

À medida que os filmes plásticos foram incorporados na agricultura, foram estabelecidas algumas diretrizes essenciais que um filme plástico teria que apresentar para ser empregado na vedação da silagem: como barreira física deve evitar precipitação e danos causados por chuva, granizo ou pássaros e outros animais, apresentar resistência aos raios ultravioletas para permanecer

intacto após exposição prolongada à luz solar e garantir condições de anaerobiose durante a ensilagem e o período de estocagem (Bernardes, 2016).

Com o avanço tecnológico e desenvolvimento do mercado, o aumento da impermeabilidade ao oxigênio dos filmes foi uma das formas mais eficientes de melhorar a qualidade de conservação e aumentar a estabilidade da silagem após a exposição ao ar (Borreani et al., 2007; Dolci et al., 2011; Borreani e Tabacco, 2017). A permeabilidade ao oxigênio é afetada de forma direta pela elevação da temperatura ambiente (Degano, 1999). Portanto, em condições tropicais como em grande parte do Brasil, os filmes plásticos podem facilmente se tornar mais permeáveis ao ar e menos resistentes à radiação, especialmente se forem utilizados por longos períodos de armazenamento, elevando o risco de deterioração aeróbia (Bernardes et al., 2018).

Esta característica de permeabilidade e, conseqüentemente, influxo de oxigênio para o silo apresenta correlação positiva com as perdas de matéria seca, sendo a permeabilidade ao oxigênio a característica do filme plástico que mais influência na deterioração. Atualmente, existem diversos filmes plásticos disponíveis, com diferentes polímeros em sua composição e diferentes espessuras, porém, não há garantia definitiva sobre a devida proteção contra os efeitos prejudiciais do oxigênio, nem a resistência mecânica do material. Por mais que seja garantido pelos fabricantes, o desempenho do material é variável para cada ambiente e situação, por isso cabe o estudo detalhado da aplicação e condições para a utilização dos materiais (Sheidt, 2020).

A indústria tem trabalhado com novas combinações de polímeros e copolímeros, como filmes barreira de oxigênio (BO) incluindo poliamida (PA) e etileno-vinil álcool (EVOH), que melhoram a impermeabilidade do filme aos gases (O_2 e CO_2), com características mecânicas adequadas em comparação aos filmes plásticos à base de PE (Borreani et al., 2007; Borreani e Tabacco, 2014). Mas estes materiais geralmente não possuem proteção contra radiação UV, recomendando sua utilização em conjunto com uma manta protetora devido à exposição dos filmes à alta temperatura ambiente e à radiação solar (Paillat e Gaillard, 2001; Wilkinson e Fenlon, 2014). Alguns estudos mostraram que os novos filmes nem sempre são eficazes (Wilkinson e Fenlon, 2014) e essas falhas podem ser explicadas por gerenciamento inadequado para impedir que o ar entre sob o plástico através das juntas entre camadas de filmes plásticos.

Estratégias de dupla camada e cobertura sobre os filmes plásticos com terra e materiais que agreguem compressão à superfície do silo são extremamente recomendadas em diversas situações, porém, elevam o custo de produção e até mesmo exigem manejo diferenciado, o que muitas vezes não garantem a adesão de produtores. Bernardes et al. (2009) estudaram a eficácia de diversas estratégias de vedação na redução de perdas na camada superior de silagens tropicais no Brasil. Cobrir com uma folha de plástico preto junto com terra ($100 \text{ kg} / \text{m}^2$) reduziu as perdas e foi associado à diminuição do pH e do teor de cinzas e menor contagem de leveduras. No entanto, a maioria dos agricultores reluta em cobrir os silos horizontais com terra, principalmente se o silo for grande, pois não acreditam que a mão-de-obra e os custos possam ser economicamente justificados.

O PE ainda é o polímero mais utilizado para fabricação de filmes plásticos, mesmo apresentando fragilidade quanto a capacidade de impermeabilidade ao oxigênio quando o material é exposto a temperaturas elevadas. Mas por ser um material de custo de fabricação baixo, matriz de

fácil manipulação e que é de grande interesse industrial, há uma impulsão na busca e desenvolvimento de materiais a base de PE com maior efetividade a fim de otimizar as características desejáveis e sanar caracteres ineficientes destes materiais, sem elevar custos ou mão-de-obra, através de tecnologias de produção.

2.4. Conservação de forragem na produção de ovinos

Na grande maioria dos casos, os efeitos da conservação ineficaz das silagens são invisíveis, mascarando a percepção da deterioração microbiana que pode ser detectada apenas pelo aumento da temperatura da silagem retirada (Muck e Holmes, 2000; Borreani e Tabacco, 2010). Neste ponto, não só a perda econômica direta de material estocado e de nutrientes afetam a produção, mas também desencadeia uma série de perdas indiretas, uma vez que o material fornecido para alimentação dos animais possui menor valor nutritivo, palatabilidade reduzida e o risco de efeitos negativos no desempenho animal (Kung et al., 1998). Os riscos podem ser agravados caso ocorra a proliferação de patógenos de importância na saúde animal e humana (Lindgren et al., 2002; Driehuis, 2013; Spadaro et al., 2015).

A utilização de silagens é comum dentro da cadeia de produção de carne ovina, sobretudo no contexto da intensificação dos sistemas produtivos, por meio da terminação de cordeiros em confinamento. A formulação de ração balanceada para ovinos tem por objetivo principal o fornecimento de quantidades adequadas de nutrientes, resultando, assim, em melhor desempenho e/ou produtividade animal (Cardoso et al., 2006). O fornecimento de maiores quantidades de concentrados no confinamento aumenta o risco de ocorrência de distúrbios metabólicos, além de elevar os custos de produção. Entretanto, permite aumentar a concentração de nutrientes nas dietas, otimizando o uso de raças com alto potencial para ganho de peso (Carvalho et al., 2007). Portanto, estudos para avaliação da eficiência do uso de diferentes relações volumoso:concentrado poderão contribuir para o aumento da eficiência produtiva e econômica, sendo potencialmente a silagem a saída para essas relações.

Considerando que a estacionalidade na produção de forragens é um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional, a escolha de alimentos para reduzir esses efeitos têm elevada importância na economia dos sistemas e na manutenção do equilíbrio entre oferta e demanda de nutrientes (Resende et al., 2005). A silagem de milho e a cana-de-açúcar são os principais volumosos utilizados na terminação de ovinos e bovinos em confinamento, por fornecerem altos teores de energia, embora seja necessária a suplementação com fontes de proteína (Nussio, 2003; Moreno et al., 2010). Para o sistema de produção intensivo, os níveis nutricionais da dieta devem ser compatibilizados com o potencial genético de crescimento dos animais, visando à maximização da eficiência de produção, com uma boa relação custo/benefício e a silagem de milho pode ajudar a alcançar este objetivo. A planta de milho (*Zea mays*) apresenta características satisfatórias para a fermentação e um alto valor nutricional, com elevado teor de carboidratos solúveis, assim como, excelente rendimento de matéria seca, fatores estes que condicionam a uma fermentação adequada do material, resultando em teores em torno de 33,30% de

MS, 7,85% de PB e 45,8% de FDN para as silagens provenientes da planta inteira de milho (Souza Martins et al., 1999; Pires et al., 2009).

Apesar do excelente potencial de conservação da cultura do milho pela técnica da ensilagem, não é possível assegurar um material final com perdas reduzidas e com valor nutricional adequado, caso não exista a preocupação e manutenção de uma vedação eficiente durante o período de estocagem. A deterioração aeróbia das silagens durante a fase de alimentação é um problema significativo para a lucratividade da fazenda e para a qualidade da alimentação em todo o mundo (Berger e Bolsen, 2006; Borreani e Tabacco, 2010). Em contraste com as perdas de superfície que ocorrem durante o armazenamento, o ar exerce um efeito mais forte durante a fase de alimentação porque a exposição da silagem ao oxigênio é inevitável, uma vez que o silo está aberto. O ar pode penetrar pela face da silagem até distâncias de 4 metros, especialmente na periferia do silo (Pahlow et al., 2003; Borreani et al., 2007; Vissers et al., 2007)

Diversos estudos têm relacionado a avaliação de desempenho de animais alimentados com silagens produzidas sob diferentes métodos de vedação e filmes plásticos, a fim da constatação dos efeitos diretos de um processo de vedação eficiente sobre o potencial produtivo dos animais. Além das avaliações físico-químicas realizadas na silagem, as respostas obtidas através do desempenho dos animais elucidam uma cadeia de potenciais efeitos que podem influenciar isoladamente ou em sinergia, alterando características no material final que impactam no consumo de matéria seca (CMS) e ganho de peso dos animais. Gerlach et al., (2013) relataram uma redução média de 53% no CMS de silagens de milho expostas ao ar por 8 dias antes de serem oferecidas a cabras em um ensaio de preferência. A temperatura da silagem durante a exposição aeróbia foi o melhor preditor de CMS, sendo o consumo maior nas situações de menor amplitude entre a temperatura do material e a temperatura do ambiente. Os mesmos autores relataram que a exposição aeróbia de alfafa e silagens de grama também influenciou fortemente a preferência e o CMS de curto prazo por cabras, embora a temperatura da silagem e os produtos de fermentação mudassem apenas ligeiramente durante a exposição aeróbia (Gerlach et al., 2014). Quando oferecida a ruminantes, a silagem estragada pode ser parcialmente ou totalmente recusada (Gerlach et al., 2013) e, se consumida, pode afetar os parâmetros metabólicos e a imunidade dos animais (Korosteleva et al., 2007).

Para que a produção de carne ovina seja viável, é necessário propiciar condições adequadas para que os animais expressem o máximo potencial produtivo, utilizando raças especializadas na produção de carne ou seus cruzamentos, e principalmente fornecendo alimentos que atendam suas exigências nutricionais e permitam alcançar o peso de abate mais precocemente (Zeola et al., 2002). A silagem, como ingrediente, não só possibilita tais condições, como também é capaz de ampliar a janela de fornecimento e estoque de alimentos reduzindo impactos econômicos em função de flutuações no mercado de insumos.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.C. Estratégias de controle da deterioração aeróbia em silagem de milho e seu valor alimentício para vacas em lactação. 2011. 173p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ADESOGAN, A. T.; Y. C. Newman. Silage harvesting, storing and feeding. IFAS Extension, University of Florida, Gainesville 2014.
- BARNETT, A.J.G. Silage fermentation. New York: Academy Press, 1954.
- BERGER, L. L., and K. K. Bolsen. Sealing strategies for bunker silos and drive-over piles. Pages 1–18 in Proc. Silage for Dairy Farms: Growing, Harvesting, Storing, and Feeding. NRAES 181. Ithaca, NY, 2006.
- BERNARDES TF, Daniel J.L.P.; Adesogan A.T.; Mcallister T.A.; Drouin P.; Nussio L.G.; Huhtanen P.; Tremblay G.F.; Bélanger G.; Cai Y. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of dairy science*. 2018; 101(5): 4001-4019.
- BERNARDES, T.F.; Amaral, R.C.; Nussio, L.G. Sealing strategies to control the top losses in horizontal silos. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, São Pedro. Proceedings. São Pedro, 2009, p.190-209.
- BERNARDES, T.F. Advances in Silage Sealing. In: Da Silva T, Santos EM. Advances in Silage Production and Utilization. 1 ed. Rijeka, Croatia: InTech; 2016. p. 53-62.
- BOLSEN, K. K.; Dickerson, J. T.; Brent, B. E.; Sonon Jr, R. N.; Dalke, B. S.; Lin, C.; Boyer Jr J. E. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 1993, 2940-2962.
- BORREANI G.; Tabacco E. Plastics in animal production, In: ORZOLEK, M. (Ed.). A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture. 2009, 9nd ed. Amsterdam.
- BORREANI, G.; E. Tabacco. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *J. Dairy Sci*. 93:2620–2629, 2010.
- BORREANI, G.; E. Tabacco. Low permeability to oxygen of a new barrier film prevents butyric acid bacteria spore formation in farm maize silage. *J. Dairy Sci*. 91:4272–4281, 2008.
- BORREANI, G; E. Tabacco. 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. *J. Dairy Sci*. 97:2415–2426, 2014.
- 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, p.4701-4706, 2007.
- CARDOSO, A.R.; Pires, C.C.; Carvalho, S.; Galvani, D. B., Jochims, F., Hastenpflug, M.; Wommer, T. P. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros alimentados com dietas que contêm diferentes níveis de fibra em detergente neutro. *Ciência Rural*, v.36, n.1, p.215-221, 2006.
- CARVALHO, S.; Brochier, M.A.; Pivato, J.; Vergueiro, A.; Teixeira, R. C.; Kieling, R. Desempenho e avaliação econômica da alimentação de cordeiros confinados com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. *Ciência Rural*, v.37, n.5, p.1411-1417, 2007.
- CONDON, S. Responses of lactic acid bacteria to oxygen. *FEMS Microbiol. Lett*. 46:269–280, 1987.

- DEGANO, L. Improvement of silage quality by innovative covering system. In: Proc. 12th Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden. British Grassland Society, Reading, UK. 1999. p. 296-297.
- DOLCI, P., E. Tabacco, L. Cocolin, and G. Borreani. Microbial dy-namics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. *Appl. Environ. Microbiol.* 77:7499–7507, 2011.
- DRIEHUIS, F. Silage and the safety and quality of dairy foods: A review. *Agric. Food Sci.* 22:16–34, 2013.
- DRIEHUIS, F. Occurrence of mycotoxins in silage. In Proceedings of the II International Symposium. 2011
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. *Veterinary Quarterly*, v.22, p.212-217, 2000.
- GERLACH, K., Y. Liao, and K. H. Sudekum. Aerobic exposure of lucerne silages and its impact on preference and dry matter intake by goats. *Small Rumin. Res.* 121:308–2014.
- GERLACH, K., K. Weiss, F. Ross, W. Buscher, and K. H. Sudekum. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and its impact on feed intake by goats. *Agric. Food Sci.* 22:168–181, 2013.
- HOLMES, B.J. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2009. São Pedro, SP. Proceedings. Piracicaba: Fealq, 2009. p.189-208.
- JOBIM, C.C.; Nussio, L.G.; Reis, R.A.; Schmidt, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.
- KIM, S. C., A. T. Adesogan. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 89:3122–3132. 2006.
- KOROSTELEVA, S. N., T. K. Smith, and H. J. Boermans. 2007. Effects of feedborne *Fusarium* mycotoxins on the performance, metabolism, and immunity of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:3867–3873.
- KUNG, L., Jr., A. C. Sheperd, A. M. Smagala, K. M. Endres, C. A. Bessett, N. K. Ranjit, and J. L. Glancey. The effect of pre-servatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81:1322–1330, 1998.
- LINDGREN, S., G. Pahlow, and E. Oldenburg. Influence of microbes and their metabolites on feed and food quality. Pages 503–511 in Proc. 19th Gen. Meet. EGF, La Rochelle, France. Br. Grassl. Soc., Reading, UK, 2002.
- LINDGREN, S.; Petterson, K.; Kasperson, A.; Lingvall, P. Microbial Dynamics during aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.36, p.765-774, 1985.
- MCALLISTER, T. A., and A. N. Hristov. The fundamentals of mak-ing good quality silage. *Adv. Dairy Technol.* 12:381–399, 2000.
- MCDONALD, P.; Henderson, A.R.; Heron, S.J.E. The biochemistry of silage. 2. Ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.

- MINSON, D. J.; Lancaster, R. J. The efficiency of six methods of covering silage. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v. 8, n. 3, p. 542-554, 1965.
- MORENO, G. M. B.; Silva Sobrinho, A. G., Leão, A. G., Loureiro, C. M. B., Perez, H. L., & Rossi, R. C. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 853-860, 2010.
- MUCK, R. E., B. J. Holmes. Factors affecting bunker silo densities. *Appl. Eng. Agric.* 16:613–619, 2000.
- MUCK, R. E., R. E. Pitt. Ensiling and its effect on crop quality. Page 57 in *Proc. National Silage Prod. Conf., NRAES Cooperative Extension, Ithaca, NY, 1993.*
- MUCK, R. E., L. E. Moser; R. E. Pitt. Postharvest factors affecting ensiling. Pages 251–304 in *Silage Science and Technology (Agronomy Series No. 42)*. D. R. Buxton, R. E. Muck, and H. J. Harrison, ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, 2003.
- MUCK, R. E.; Holmes, B. J. Influence of cover type on silage quality in bunker silos. In: *Proceedings of 15 th International Silage Conference*. Madison, USA. 2009. p. 277-278.
- NEUMANN M, Sandini IE, Ost PR, Falbo MK, Lustosa SBC, Pellegrini LG. feedlot performance of steers fed with silages of corn and of sorghum associated with three levels of concentrate. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*. 2007; 6(3): 365-378.
- NUSSIO, L. G.; Schmidt, P.; Pedroso, A. de F. Silagem de cana-de-açúcar. In: *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: *SIMPÓSIO SOBRE PASTAGEM*, 20., 2003, Piracicaba. *Produção animal em pastagens: situação atual e perspectivas: anais*. Editado por Aristeu M. Peixoto, José Carlos de Moura, Sila Carneiro da Silva e Vidal Pedroso de Faria., 2003.
- NUSSIO, L.G.; Campos, F.P.; Dias, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: *SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS*, 1., 2001, Maringá. *Anais*. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.127-145.
- PAHLOW, G.; Muck, R.E.; Driehuis, F.; Oude Elferink, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: *BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). Silage Science and technology*. Madison: Wisconsin, USA: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 2003. p.31-94.
- PEREIRA, J. R. A.; Reis, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. *Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas*, v. 1, p. 64-86, 2001.
- PIRES, A. J. V.; Carvalho, G. G. P. D.; Garcia, R.; Carvalho Junior, J. N. D; Ribeiro, L. S. O; Chagas, D. M. T. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante contendo casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 1620-1626, 2009.
- PITT, R. E., R. E. Muck, and R. Y. Leibsensperger. A quantitative model of the ensiling process in lactate silages. *Grass Forage Sci.* 40:279–303, 1985.
- REES, D.V.H. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. *J. Agric. Eng. Res.*, London. v.27, n.4, p.469-479. 1982.

- RESENDE, F.D.; Signoretti, R.D.; Coan, R.M.; Siqueira, G. R. Terminação de bovinos de corte com ênfase na utilização de volumosos conservados. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. (Eds.) et al. Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2005. p.83-106.
- ROTZ, C. A. How to maintain forage quality during harvest and storage. Pages 227–239 in Proc. of 2003 Western Canadian Dairy Seminar, Advances in Dairy Technology, vol. 15. 2003.
- SAVOIE, P. Optimization of plastic covers for stack silos. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 41, n. 2, p. 65-73, 1988.
- SAVOIE, P.; Jofriet, J.C. Silage Storage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. Silage Science and technology. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.405-468.
- SCHEIDT, K. C. Medidas de perdas em silagem de milho armazenada com diferentes estratégias de vedação e valor alimentício avaliado em ovinos. 77p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá. 2019.
- SOUZA MARTINS, Adriana de Souza et al. Degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 28, p. 1109-1117, 1999.
- SPADARO, D., M. P. Bustos-Lopez, M. L. Gullino, S. Piano, E. Tabacco, and G. Borreani. Evolution of fungal populations in corn silage conserved under polyethylene or biodegradable films. J. Appl. Microbiol. 119:510–520, 2015.
- VISSERS, M. M. M., F. Driehuis, M. C. Te Giffel, P. De Jong, and J. M. G. Lankveld. Concentrations of butyric acid bacteria spores in silage and relationships with aerobic deterioration. J. Dairy Sci. 90:928–936, 2007.
- WILKINSON, J. M., D. R. Davies. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass Forage Sci. 68:1–19. 2013.
- WILKINSON, J. M.; J. S. Fenlon. A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. Grass Forage Sci. 69:385–392, 2014.
- WILKINSON, J.M.; Bolsen, K.K.; LIN, C.J. History of silage: silage science and technology. Madison: ASA, 2003. p.1-30.
- YAMAMOTO, Y., P. Gaudu, A. Gruss K. Sonomoto, A. Yokota (Eds.), Oxidative stress and oxygen metabolism in lactic acid bacteria Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria: Current Progress in Advanced Research, Caister Scientific Press, Norfolk, UK. 2011, pp. 91-102
- ZEOLA, N. M. B. L.; Souza, P. D.; Souza, H. D.; Silva Sobrinho, A. D. Parâmetros qualitativos da carne ovina: um enfoque à maturação e marinação. Revista portuguesa de ciências veterinárias, v. 102, n. 563-564, p. 215-224, 2007.
- ZIMMER, E. Efficient silage systems. Pages 176–194 in - Forage Conservation in the '80s - Occasional Symposium, British Grass-land Society Conference, No. 11, Brighton, UK, 1980.

3. VALOR NUTRICIONAL, PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TEMPERATURA UTILIZANDO FILMES DE POLIETILENO NA VEDAÇÃO DE SILAGENS DE MILHO

RESUMO

Objetivou-se avaliar as perdas de matéria seca, e o valor nutricional de silagens de milho vedada com cinco diferentes filmes de polietileno (Tratamento 1 - polietileno linear buteno, 120 μ m (PLB120); Tratamento 2 - polietileno linear octeno, 120 μ m (PLO120); Tratamento 3 - polietileno linear octeno, 100 μ m (PLO100); Tratamento 4 - polietileno linear octeno, 80 μ m (PLO80); Tratamento 5 - polietileno linear buteno, 120 μ m + polietileno linear octeno, 50 μ m (PLB120+PLO50). Os silos do tipo superfície foram abertos após 180 dias de armazenamento, e então foram colhidas as amostras. O material ensilado foi avaliado pré e pós estocagem, e realizadas análises bromatológicas (MS, MM, PB, FDN, FDA, MO) além da determinação do pH, análise de ácidos orgânicos, densidade da massa e perdas de matéria seca. Os dados foram estudados por meio de contrastes, avaliando os efeitos de Espessura (PLO80 e PLO100 vs PLO120), Material (PLO120 vs PLB120) e de Filme Adicional (PLB120 vs PLB120+PLO50). As variáveis analisadas não diferiram estatisticamente quanto a qualidade nutricional após abertura. A determinação da densidade da massa ensilada demonstrou que a área superficial era a menos compactada em todos os tratamentos. As perdas de matéria seca foram influenciadas de forma significativa ($P < 0,01$) em função da espessura do filme utilizada. A espessura dos filmes foi determinante também sobre as características de temperatura superficial e temperatura de painel ($P < 0,01$), e a adição de um filme no tratamento PLB120+PLO50 exibiu uma tendência na redução da temperatura na região do topo do silo.

Palavras-chave: Estimativa de perdas, Valor nutritivo, Filme plástico, Temperatura da silagem

NUTRITIONAL VALUE, STORAGE LOSSES AND TEMPERATURE BY USING POLYETHYLENE SEALING FILMS IN CORN SILAGE

ABSTRACT

The objective was to evaluate the dry matter losses and nutritional value of corn silages sealed with five different polyethylene sheets (Treatment 1 - linear butene polyethylene, 120 μ m (PLB120); Treatment 2 - linear octene polyethylene, 120 μ m (PLO120); Treatment 3 - linear octene polyethylene, 100 μ m (PLO100); Treatment 4 - linear octene polyethylene, 80 μ m (PLO80); Treatment 5 - linear butene polyethylene, 120 μ m + octene linear polyethylene, 50 μ m (PLB120+PLO50). The surface-type silos were opened after 180 days of storage, and then samples were collected. The ensiled material was evaluated pre and post storage, and chemical analyzes performed (DM, MM, CP, NDF, ADF, OM) in addition to pH determination, acid analysis organics, mass density and dry matter losses. The data were studied by means of contrasts, evaluating the effects of Thickness (PLO80 and PLO100 vs PLO120), Material (PLO120 vs PLB120) and Additional Film (PLB120 vs PLB120+PLO50). The variables analysed did not differ statistically in nutritional quality after opening. The determination of ensiled mass density showed that the surface area was the least compacted in all treatments. Dry matter losses were significantly influenced ($P<0.01$) as a function of the thickness of the films used. The thickness of the films was also determinant on the characteristics of surface temperature and panel temperature ($P<0.01$), and the addition of a film in the PLB120+PLO50 treatment showed a tendency to reduce the temperature at the top of the silo.

Keywords: Loss estimation, Nutritive value, Plastic film, Silage temperature

3.1. Introdução

A conservação de forragens na forma de silagem depende, dentre outros fatores, da vedação eficiente do silo. Falhas na vedação podem comprometer a eficiência na conservação de forragens, dado que, a silagem é um alimento produzido sob condições anaeróbias. O influxo de ar na massa é crítico, pois o oxigênio beneficia os microrganismos indesejáveis, principalmente as leveduras e fungos filamentosos, causando perdas de importantes componentes nutricionais, além de promover redução na qualidade higiênica da silagem, e aumento de custos de produção. Desta forma, o filme plástico utilizado na vedação dos silos apresenta uma contribuição expressiva, visto que o mesmo é utilizado com o intuito de reduzir a penetração de ar do ambiente externo para o interior do silo.

O filme de polietileno tem sido o material mais comumente utilizado na vedação de silos, a exemplo dos filmes pretos ou de dupla-face preta e branca, principalmente em função de seu baixo custo. Contudo, as pesquisas mostram que o polímero de polietileno apresenta permeabilidade ao oxigênio, que tende a aumentar com a elevação da temperatura. Desta forma, a proteção fornecida por este material é altamente variável podendo sofrer alterações durante o período de armazenamento, deixando o topo do silo exposto a deterioração. Nos últimos anos, tem-se buscado alternativas para conter as perdas durante a estocagem das silagens.

Nesse contexto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes filmes de polietileno para vedação nas perdas de matéria seca durante a estocagem, no perfil fermentativo e na composição químico-bromatológica de silagens de milho.

3.2. Material e métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA - USP), localizada na latitude 21°59'46" S e longitude 47°25'33" O e contou com a confecção das quatro unidades experimentais. A confecção dos silos ocorreu no mês de março de 2019 e o material ensilado era proveniente da lavoura de milho do próprio campus com produção média de 40 ton/ha de massa verde, e foi colhida com auxílio de uma colhedora tracionada por trator, quando a lavoura atingiu porcentagem de matéria seca próximo a 33%.

Foram utilizados como unidades experimentais quatro silos tipo superfície em grande escala, com dimensões de 5,5 m largura x 14 m de comprimento e cerca de 1 m de altura. Para a ensilagem do material, foram abastecidos em camadas (15-25cm) e compactados com auxílio de tratores, visando uma densidade de compactação entre 550 a 600 kg m⁻³. Após o abastecimento dos silos experimentais foi feita a vedação em faixas de filme plástico cobrindo-o em sua largura, cada tratamento com seus respectivos filmes, cada qual com 2 m de comprimento, considerando cerca de 2 m de ambas as extremidades como zona de descarte (Figura 1).

Os tratamentos foram desenhados de acordo com cinco tratamentos de filmes plásticos a base de polietileno:

- 1) Tratamento PLB120 - polietileno linear buteno, 120µm;

- 2) Tratamento PLO120 - polietileno linear octeno, 120 μ m;
- 3) Tratamento PLO100 - polietileno linear octeno, 100 μ m;
- 4) Tratamento PLO80 - polietileno linear octeno, 80 μ m;
- 5) Tratamento PLB120+PLO50 - polietileno linear buteno, 120 μ m + polietileno linear octeno, 50 μ m.

Cada tratamento foi distribuído aleatoriamente nos quatro silos experimentais, constituindo assim quatro réplicas, somando um total de vinte painéis experimentais. Após a vedação os silos ficaram fechados por 180 dias.

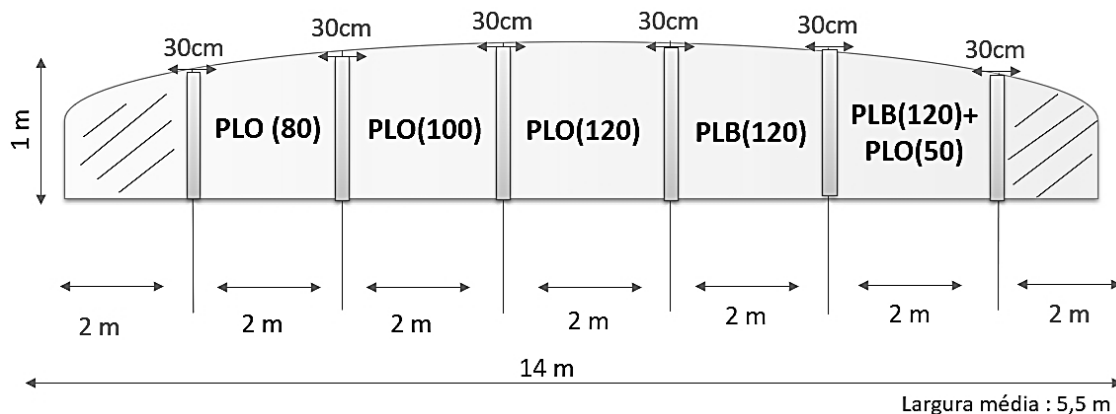


Figura 1. Croqui da implementação e dimensão dos tratamentos em silo superfície

3.2.1. Avaliação da forragem fresca

No momento em que o material foi ensilado, foram coletadas amostras de forragem fresca para análise prévia do material (Tabela 1). Primeiramente pré-secas em estufa a 55°C por 72 horas, e então moídas em moinho com peneira de 1 mm. A partir da amostra moída foram realizadas análises de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM) baseado na metodologia da AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest et al. (1991) e a concentração de proteína bruta (PB) segundo métodos descritos por Wiles, Gray e Kissling (1998), por meio da combustão das amostras segundo o método de Dumas (LECO 2000, Leco Instruments Inc.), utilizando auto-analisador de nitrogênio, marca LECO modelo FP-528. O teor de matéria orgânica (MO) foi obtido por diferença: $MO = (100 - \%MM)$. O EE foi determinado com base na extração a quente com éter de petróleo em extrator do tipo Soxhlet.

A avaliação do tamanho de partículas das silagens foi conduzida com base na estratificação das partículas por meio do método "Penn State Particle Size" (Lammers et al., 1996) e o tamanho médio das partículas estimado por ponderação da proporção de retenção do material em cada uma das peneiras.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica da forragem de milho no momento da ensilagem

Variáveis ¹	Médias das Amostras			
	Silo 1	Silo 2	Silo 3	Silo 4
MS, %	34,27±1,82	34,81±1,21	34,72±1,18	33,56±1,03
MM, %MS	3,68±0,42	3,21±0,51	3,10±0,33	3,05±0,31
MO, %MS	96,32±0,35	96,79±0,12	96,90±0,22	97,49±0,10
PB, %MS	9,58±0,09	9,79±0,08	9,59±0,07	9,69±0,04
FDN, %MS	45,46±1,57	44,44±0,98	45,12±0,76	49,40±1,25
FDA, %MS	25,15±1,24	30,50±1,55	25,49±0,78	28,26±0,45
EE, %MS	2,56±0,41	2,89±0,22	3,02±0,56	3,00±0,20
TMP, mm	8,38±1,98	10,16±2,16	7,87±2,11	8,89±2,13

¹MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; TMP: tamanho médio de partícula.

3.2.2. Avaliação da silagem após o armazenamento

Após o período de armazenamento do material e os silos abertos, foram colhidas amostras para análises de qualidade. Todas as variáveis descritas anteriormente (capítulo 3.3.1) para forragem fresca foram realizadas para as amostras das silagens. Adicionalmente nesta etapa a avaliação das concentrações de ácidos orgânicos foi estabelecida.

Foram pesados 30g de forragem fresca e diluídos em 270g de água deionizada em um saco plástico e homogeneizada por cerca de 4 minutos. Ao fim deste processo o pH do extrato foi aferido por meio de potenciômetro digital modelo DM 20, marca Digimed®. Então realizou-se a extração de 800 microlitros de extrato aquoso da silagem, juntamente com 200 microlitros de ácido fórmico e 100 microlitros de padrão interno, que foram transferidos para um frasco de vidro e analisado em um cromatógrafo líquido gasoso, CLG (Hewlett Packard 5890, series II), enquanto que a determinação da concentração de ácido láctico foi obtida por meio da adaptação do método colorimétrico (565 nm) de Pryce (1969).

Os carboidratos totais (CT) foram calculados conforme metodologia descrita por Sniffen et al. (1992), sendo que: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela subtração da fibra em detergente neutro corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteína (FDN_{ncp}) dos CT. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela equação: $NDT = 87,84 - (0,7 \times FDA)$, conforme Undersander et al. (1993).

3.2.3. Determinação de densidade do silo

As medidas de densidade do painel foram feitas com o auxílio de um cilindro metálico com 18 cm de diâmetro x 30 cm de comprimento, com borda cortante serrilhada acoplado a uma furadeira. A profundidade utilizada para o cálculo do volume de amostra retirada foi medida com régua no orifício deixado após a retirada do cilindro da superfície do silo. Assim, considerando o volume do cilindro e o peso da massa retirada pode-se determinar a densidade para cada ponto (4 pontos por

tratamento) na região do topo (superfície até 30 cm de profundidade), meio (30 – 60 cm de profundidade), base (60 cm até o solo) e do painel estabelecido.

3.2.4. Perdas de matéria seca no armazenamento

Para a avaliação de perdas de matéria seca (PMS) no período de armazenamento, foram colocados sacos de nylon no momento do enchimento dos silos, contendo em média 500g de forragem, sendo dois sacos faixa de tratamento. Estes foram alocados em zona superficial dos silos (25 cm) e retirados com o passar do consumo dos painéis. Posteriormente para determinação das perdas fermentativas foi utilizada a seguinte equação proposta por Bolsen (1997): $PMS = ((MF_f \times MS_f) / (MF_i \times MS_i)) \times 100$, em que: MF_i = massa de forragem inicial (g); MS_i = teor de matéria seca inicial (%); MF_f = massa de forragem final (g); MS_f = teor de matéria seca final (%).

3.2.5. Perfil de temperatura no armazenamento

Para a determinação do perfil de temperatura durante o armazenamento, medidas de temperatura superficial do filme e temperatura interna (25 cm) em três posições (Face Direita, Face Esquerda e Topo) foram mensuradas, como também a temperatura do painel, e então registradas durante o período de armazenamento e após a abertura e consumo da silagem.

A temperatura superficial dos filmes foi tomada com o auxílio de um termômetro infravermelho, as 11:30 da manhã e 16:00 da tarde. Enquanto que para a tomada de temperatura interna e temperatura de painel utilizou-se de um termômetro de espeto, sendo a temperatura interna tomada nos mesmos horários que a temperatura superficial, enquanto que a temperatura de painel foi tomada após a abertura dos silos em três posições (Topo, Meio e Base).

3.2.6. Análise estatística

O delineamento experimental adotado consiste em blocos casualizados (DBC), com quatro blocos compostos por cinco tratamentos com quatro repetições que foram distribuídos ao acaso no campo experimental. No presente experimento de campo foi possível confeccionar silos em escala comercial com estabelecimento de um tamanho amostral passível de análise estatística e também replicando as condições mais próximas a realidade prática.

Para avaliação dos dados foi utilizado o software R e execução do pacote "ExpDes.pt". Os resultados obtidos das análises de valor nutricional, perdas de matéria seca e ácidos orgânicos anteriormente citados foram tratados de acordo com análise de variância e testes de contrastes, constituindo três contrastes de interesse:

- 1) Material – Polietileno Linear Octeno 120 μ m x Polietileno Linear Buteno 120 μ m
- 2) Espessura - Polietileno Linear Octeno 120 μ m x Polietileno Linear Octeno 100 μ m e 80 μ m
- 3) Filme Adicional - Polietileno Linear Buteno 120 μ m x Polietileno Linear Buteno 120 μ m + Polietileno Linear Octeno 50 μ m.

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1. Forragem fresca e densidade do silo

No momento da ensilagem (Tabela 1), os teores de matéria seca (média de 34,34% MS), apresentaram valores dentro dos recomendados para ensilagem de milho que variam de 32 a 35% de MS (McDonald et al.,1991). Forragens colhidas com teor de MS abaixo de 28% podem tornar a massa ensilada mais susceptível ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, além de que favorece a lixiviação de nutrientes pelo excesso de umidade. Enquanto, a colheita da planta com teor de MS acima de 36%, pode acarretar em dificuldades durante a compactação e, conseqüentemente, aumento da porosidade da massa (Nussio et al., 2001). Os resultados encontrados para as demais variáveis avaliadas na forragem de milho fresca, estão em consonância com os valores normalmente registrados na literatura.

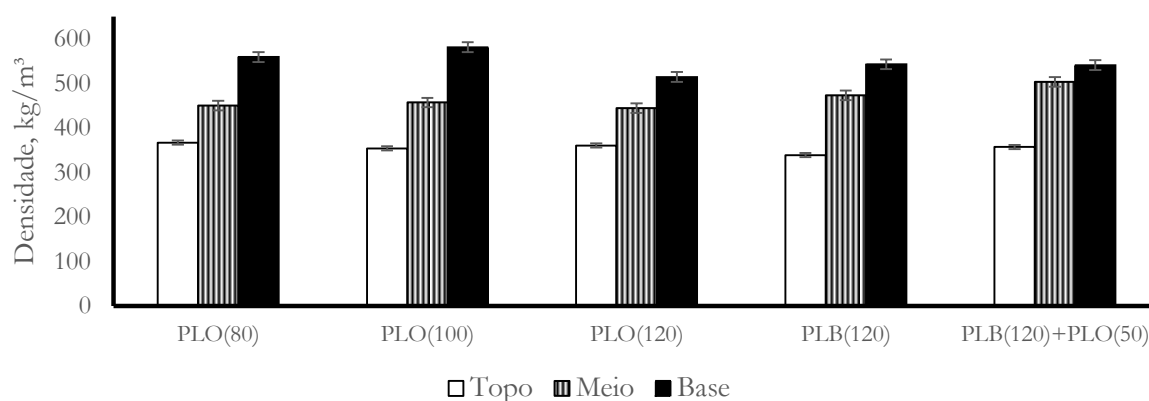


Figura 2. Densidade da massa da silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno. Topo: posição superficial do painel (até 30 cm de profundidade); Meio: posição intermediária do painel (30 cm a 60 cm de profundidade); Base: mais profunda do painel (60 cm de profundidade até o solo). EPM: Erro padrão da média (0,18 Topo/0,10 Meio/ 0,12 Base). P-valor -Tratamento (0,18): diferença entre médias dos tratamentos. Posição (<0,01): diferença das médias entre as posições de avaliação

Conforme Driehuis e Oude Elferink (2000), a deterioração aeróbia de silagens está associada com a penetração de oxigênio na forragem durante o armazenamento ou ao fornecimento aos animais. Em silos tipo superfícies, as regiões periféricas, principalmente nas camadas superior e lateral a infiltração de oxigênio é maior, uma vez que, o processo e maquinário empregado fica limitado a compressão do material sem uma zona de contenção, de tal forma impossibilitando uma compactação mais eficiente. Neste contexto, no presente estudo, foi possível constatar uma distinção de densidade nas diferentes profundidades dos silos ($P < 0,01$) independente dos tratamentos (Figura 2).

De acordo com Jobim et al. (2007), embora não exista um valor considerado ideal para avaliação em um silo, os benefícios da compactação adequada sobre as características fermentativas e perdas em silagem de milho são obtidos com valores mínimos de 225 kg de MS/m³. Assim, os valores obtidos na camada do Topo com menores valores de densidade ainda assim possibilitaram condições de fermentação satisfatórias durante o armazenamento. Entretanto, em comparação às

regiões mais profundas, o Topo sofreu com uma maior quantidade de ar infiltrada na massa, acarretando o prolongamento da respiração (liberação de CO₂ e perda de MS), maior consumo de carboidratos solúveis, menor produção de ácidos orgânicos.

3.3.2. Valor nutricional e perfil de ácidos orgânicos da silagem

Em relação à composição nutricional das silagens, constatou-se que as variáveis avaliadas não apresentaram diferenças entre os contrastes analisados (Tabela 2).

Os teores médios de MS da silagem obtidos após abertura se enquadram nos valores considerados ideais por diversos estudos, constatando que a massa ensilada esteve em condições fermentativas satisfatórias durante o armazenamento, já que a avaliação geral do material não expressou perdas de MS característica de deterioração aeróbia.

Tabela 2. Valor nutricional da silagem de milho no momento da abertura vedada com diferentes filmes de polietileno

Variáveis	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+ PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
MS, %	34,79	34,66	33,68	34,27	35,43	0,26	0,45	0,36	0,15
MM, %MS	4,36	4,19	5,07	4,97	4,08	0,19	0,84	0,55	0,11
MO, %MS	95,63	95,80	94,93	95,16	95,91	0,18	0,65	0,55	0,17
PB, %MS	9,86	9,87	9,58	9,47	9,76	0,20	0,87	0,82	0,68
FDN, %MS	47,51	51,00	47,98	47,05	50,45	0,81	0,66	0,13	0,49
FDA, %MS	33,73	34,20	36,26	31,44	34,55	0,78	0,08	0,31	0,24
EE, %MS	3,02	2,81	3,04	2,96	2,82	0,08	0,76	0,59	0,58
CT, %MS	82,75	83,12	82,30	82,59	83,33	0,27	0,75	0,44	0,43
CNF, %MS	35,23	32,12	34,32	35,54	32,88	0,86	0,59	0,74	0,25
NDT, %MS	64,22	63,90	62,45	65,83	63,65	0,54	0,08	0,31	0,24

¹MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais. ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrastes – Material: diferenças entre médias de PLB(120) vs PLO(120); Espessura: PLO(120) vs PLO(100), PLO(80); Filme Adicional: PLB(120) vs PLB(120)+PLO(50)

Como o teor médio de MS da silagem (34,56%) foi muito próximo ao encontrado na massa verde (34,34%), pode-se entender que a fermentação homolática atuou de forma predominante e eficientemente convertendo os açúcares em ácido lático e não favorecendo fermentações secundárias com produção de dióxido de carbono e redução da matéria seca (Muck, 1993). Este panorama pode ser considerado, dados os valores da concentração de ácido lático que não diferiram entre os contrastes, com média de 6,5% da MS (Tabela 3). As concentrações de ácido lático se encontram dentro da faixa de 2,69 a 7,76% da MS, considerada extremamente variável, mas que é tida como indicador de silagens bem preservadas (Kung Jr, 2000; Jensen et al., 2005, Santos et al., 2009; Amaral, 2011).

As demais variáveis de valor nutricional também se apresentam dentro dos aspectos considerados tradicionais para silagens sem inoculante, resultando em valores de CT maiores que

80% e um NDT médio de 64,01%, valores próximos encontrados por Valadares Filho et al. (2006) em estudos com silagens nacionais.

Os valores de pH (Tabela 3) estão dentro da faixa considerada ideal (3,6 a 4,2) para promover a conservação eficiente da massa ensilada (McDonald et al., 1991) e não diferiram entre os contrastes. Com os resultados encontrados, é possível presumir de que tenha ocorrido adequado processo fermentativo. Isso evidencia um padrão de fermentação adequado durante o armazenamento de todos os tratamentos. No que se refere ao ácido acético, não houve efeito significativo para as diferentes fimes de vedação. Segundo McDonald et al. (1991), a presença do ácido acético em teores acima de 3% pode demonstrar a ação de enterobactérias e reduzir o consumo da silagem pelos animais, tal como evidencia perdas de MS pela fermentação heterolática. No presente trabalho, os valores de ácido acético foram baixos em comparação aos encontrados por Bernardes et al., (2009) que obteve valores próximos a 3% da MS em silagens com 31,1% de MS

Em diversos estudos com silagens de milho foi possível constatar que a concentração de ácidos orgânicos é reduzida quando a matéria seca se eleva, com exceção do ácido láctico que em contrapartida pode sofrer um incremento em sua concentração em relação aos demais ácidos orgânicos, dada às mesmas condições (Nussio et al., 2001).

Tabela 3. Perfil de ácidos orgânicos e pH da silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno

Variáveis ¹	TRATAMENTOS						CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+ PLO(50)	EPM ²	Material	Espessura	Filme Adicional
pH	4,2	4,1	4,2	3,8	3,9	0,11	0,17	0,81	0,65
Ác. Láctico,%	5,3	8,66	5,2	5,3	8,1	0,60	0,97	0,12	0,26
Etanol,%	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,00	0,46	1,00	1,00
Ácido acético,%	1,7	1,6	1,4	2,6	1,9	0,03	0,21	0,74	0,48

¹pH: potencial hidrogeniônico; MS corrigida: matéria seca corrigida; Ácido láctico: porcentagem na MS corrigida; Etanol: porcentagem na MS corrigida; Ácido acético: porcentagem na MS corrigida; ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrastes – Material: diferenças entre médias de PLB(120) vs PLO(120); Espessura: PLO(120) vs PLO(100), PLO(80); Filme Adicional: PLB(120) vs PLB(120)+PLO(50)

Índices mais elevados de pH têm relação direta com o desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras, que utilizam, principalmente o ácido láctico, como substrato para seu desenvolvimento, resultando em aumento nos valores de pH e também de temperatura (Braga Cristo et al., 2021). A presença de oxigênio no silo é um dos principais fatores que desencadeiam o desenvolvimento desses microrganismos (Bernardes et al., 2018) e o filme plástico utilizado para vedar os silos pode se tornar a principal porta de entrada de oxigênio no material ensilado, reduzindo assim a concentração de gás carbônico no interior do silo e a eficiência de conservação da forragem (Borreani e Tabacco, 2014; Gallo et al., 2015).

A concentração de etanol pouco variou entre os tratamentos. Compostos orgânicos voláteis, como o etanol, são oriundos da conversão de açúcares solúveis presentes na planta ensilada (Daniel et al., 2014). Embora o etanol tenha concentração de energia, a sua alta volatilidade pode acarretar em perdas de energia da silagem, pois esse composto é facilmente perdido para o ambiente antes

mesmo do alimento ser ofertado aos animais, tornando a fermentação alcoólica indesejável (Bernardes et al., 2018). A produção de etanol é desencadeada majoritariamente pelo crescimento de leveduras. Para Kung Jr et al. (2018) as silagens que apresentam concentração de etanol próximo a 2% da MS podem apresentar baixa estabilidade aeróbica. No estudo atual, os valores reduzidos da concentração de etanol solidificam a hipótese de que a vedação e a manutenção da fermentação desejável ocorreram de forma eficiente em todos os tratamentos.

3.3.3. Perdas de matéria seca no armazenamento

A silagem da superfície do silo é mais propensa à deterioração, devido ao efeito da menor compactação, já verificada no cenário deste estudo (Figura 2), e da consequente maior porosidade nesta região. Esse fator é ainda mais agravado quando se utilizam materiais para vedação ineficientes (Borreani e Tabacco, 2014; Neumann et al. 2017). Sob este contexto as avaliações de perda de MS (Tabela 4) expressam um valor significativo ($P < 0.01$) para o contraste de espessura, ou seja, evidenciando desta forma que a menor espessura do filme plástico de polietileno eleva o percentual de perdas.

Tabela 4. Perdas de matéria seca ao longo do período de armazenamento da silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno

Variável ¹	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
Perda, %MS	16,57	18,62	11,25	11,1	12,55	0,71	0,85	<0,01	0,08

¹ Perda: percentual de perda de matéria seca do material ensilado decorrente de perdas fermentativas durante o armazenamento. ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrastes – Material: diferenças entre médias de PLB(120) vs PLO(120); Espessura: PLO(120) vs PLO(100), PLO(80); Filme Adicional: PLB(120) vs PLB(120)+PLO(50)

Tal resultado corrobora com estudos descritos por Savoie (1989). Wilkinson e Fenlon (2014) relataram grande variação nas perdas de matéria seca em função do material utilizado para a vedação dos silos, além de destacarem a camada superior do silo e/ou regiões periféricas como as mais suscetíveis às perdas de MS, por conta da maior exposição ao oxigênio. Isso se deve à maior infiltração de oxigênio na camada superior do silo, em função do uso de filmes menos espessos associadas à menor densidade de compactação desta região. De acordo com Pahlow et al. (2003), o processo de deterioração tem início com o desenvolvimento de leveduras, as quais consomem parte do ácido láctico para o seu desenvolvimento e reprodução. O consumo do ácido láctico eleva o pH da massa e possibilita o crescimento dos fungos filamentosos. Jobim e Gonçalves (2003) citam que as leveduras provocam grande liberação de CO₂ pelo metabolismo dos açúcares, resultando em perdas de MS.

No presente estudo, notou-se que as silagens vedadas com PLO80 e PLO100 apresentaram as maiores perdas de MS, o que comprova a ineficiência de materiais menos espessos sobre a preservação da silagem estocada nas camadas mais superficiais, imediatamente abaixo do filme plástico. Bernardes et al. (2011), em estudo com filmes de polietileno, encontraram perdas de matéria seca da silagem de milho estimada em 13,8%, enquanto Neumann et al. (2017) relatam perdas de 14,36%, valores estes ainda inferiores às médias de perdas de MS apresentadas pelos

tratamentos de menor espessura neste trabalho. Entretanto, os tratamentos representados por filmes de maior espessura (120 micras) ou a estratégia de combinação de filmes apresentaram média de 11,6% de perdas de MS, comprovando que o aumento da espessura dos filmes contribui para uma conservação de forragens mais eficiente.

3.3.4. Temperatura durante o armazenamento

Apesar das aferições de temperatura terem sido subdivididas em três faces de exposição ao sol (norte, sul e topo) e diferentes horários de coleta, o comportamento de reflexão e aquecimento não diferiu entre as faces e horários, permitindo, desta forma, a avaliação das temperaturas superficiais e interna em um contexto global do silo. Na Tabela 5 podemos observar os valores de temperatura superficial e interna para cada tratamento.

A temperatura superficial das silagens apresentou diferenças significativas quando avaliada nos contrastes de material e espessura, demonstrando assim que o tratamento PLB120 obteve temperatura média de 46,78°C na superfície em relação ao tratamento PLO120 com temperatura média de 41,82°C. Possivelmente esse efeito de material influenciou a média de temperatura do tratamento PLB120 +PLO50 que também foi elevada, uma vez que este é composto por um filme de cobertura de mesmo material.

A espessura também proporcionou comportamentos diferentes entre filmes do mesmo material, uma vez que silagens vedadas com PLO80 apresentaram maior aquecimento em relação ao PLO120, enquanto o PLO100 resultou em uma temperatura intermediária. Isso ilustra uma escala de eficiência dos materiais quanto ao aquecimento superficial, em função da espessura dos mesmos.

Tabela 5. Média de temperatura superficial e interna dos silos cobertos por diferentes filmes de polietileno

Variável ¹	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+ PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
Superficial	46,26	42,18	41,82	46,78	47,26	0,42	<0,01	<0,01	0,49
Interna	28,85	27,15	27,93	26,09	26,28	0,69	0,04	0,92	0,83

¹Mensurações de temperatura superficia e interna. ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrates – Material: diferenças entre médias de PLB (120) vs PLO (120); Espessura: PLO (120) vs PLO (100), PLO (80); Filme Adicional: PLB (120) vs PLB (120)+PLO(50)

Sabendo que a permeabilidade ao oxigênio dos filmes plásticos está intimamente ligada à temperatura destes materiais, é possível interpretar que os tratamentos compostos por octeno de menor espessura (PLO 80 e PLO 100) e os filmes buteno (exclusivo ou na estratégia) apresentaram faces superficiais mais aquecidas, o que poderia elevar a infiltração de gases através destes materiais (Borreani e Tabacco, 2008).

Entretanto, ao analisar a temperatura interna (Tabela 5), o contraste de material apresentou divergências significativas. Neste caso, é possível destacar uma reação inversa quanto ao tratamento PLO120, o qual anteriormente apresentava as menores temperaturas superficiais, mas internamente apresenta temperaturas superiores quando comparada ao tratamento PLB120. Tal efeito pode estar

vinculado à propriedade reflexiva do material PLB120, e um possível efeito de condução de calor do material octeno para a massa ensilada, elevando sua temperatura.

O possível efeito reflexivo do tratamento PLB120 pode ter-se replicado no tratamento PLB 120+PLO50 com médias de temperatura superficial e interna próximas. Sendo assim, o material PLB não apresentou diferenças de temperatura interna quando utilizado de forma isolada ou combinado, evidenciando que o acréscimo de um filme plástico nestas condições não impactou em uma temperatura menor da massa ensilada, tal como da temperatura superficial.

Passando à análise das faces expostas dos silos, as medidas de temperatura de painel revelaram que a porção mais superficial da silagem sobre o filme mais fina (PLO80) mostrou-se mais aquecida (Tabela 6). Possivelmente, a maior temperatura da silagem vedada com PLO80 pode ser atribuída à incidência direta do sol sobre o plástico mais fino, a qual demonstrou anteriormente transmitir as altas temperaturas superficiais para a massa ensilada, em consonância com a menor densidade de compactação desta área (Figura 3). Esse conjunto favorece o metabolismo de microrganismos aeróbios e o acréscimo na temperatura da silagem na camada superficial. Verificou-se, ainda, que independentemente do filme de vedação, todas as silagens apresentaram maiores valores médios de temperatura no topo em relação ao meio e à base.

Tabela 6. Temperatura média do painel estabelecido após abertura de silos cobertos por diferentes filmes de polietileno

Temperatura do Painel (°C) ¹	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
Topo	51,20	42,10	41,68	43,65	39,08	1,36	0,40	<0,01	0,06
Meio	39,50	37,95	36,53	38,63	38,10	0,40	0,06	0,03	0,61
Base	36,68	35,1	35,65	35,48	34,88	0,32	0,77	0,65	0,32

¹ Mensurações de temperatura do painel na região do topo, meio e base (Topo: até 30 cm de profundidade; Meio: 30 cm a 60 cm de profundidade; Base: 60 cm de profundidade até o solo). ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrates – Material: diferenças entre médias de PLB (120) vs PLO (120); Espessura: PLO (120) vs PLO (100), PLO (80); Filme Adicional: PLB (120) vs PLB (120)+PLO (50)

Observou-se uma tendência de menor temperatura de topo para a estratégia de combinação de filmes em relação ao tratamento PLB120 isolado, diferentemente do que foi observado para o silo fechado. Alguns autores como Amaral et al., (2011) e Borreani et al., (2007) relataram que a utilização em conjunto de filmes de barreira de oxigênio com polietileno possibilitou temperaturas menores na silagem em comparação à silagem coberta apenas por filme de polietileno, e este efeito ainda se amplia quando comparado a polietilenos menos espessos. Cabe destacar que no presente trabalho existiram diferenças de respostas conforme a metodologia de aferição da temperatura. Assim, o tipo de termômetro utilizado e o método de tomada da temperatura devem ser considerados para nortear a avaliação da efetividade dos filmes plásticos.

As temperaturas registradas no meio do painel revelaram novamente um efeito de espessura, uma vez que filmes menos espessos, como o PLO80, além de não apresentarem a propriedade de impedir o aquecimento elevado na porção superficial, permitiram maior transmissão de calor em profundidade. Ou seja, foi possível constatar que a ineficiência dos materiais pode

permear até regiões do silo antes consideradas mais estáveis. Na porção do meio, também pôde-se observar uma tendência de influência do tipo de material, uma vez que o PLB120 apresentou maiores médias de temperatura nesta região em comparação ao PLO120. A região da base, mais próxima ao solo e, portanto, mais protegida, não mostrou diferenças significativas. Isso é favorecido pelo cenário já descrito na literatura, de se tratar de uma região menos porosa e de maior densidade de compactação. Assim, as silagens deste estrato estão associadas à maior estabilidade e resistência à deterioração aeróbia.

3.4. Conclusões

1. O uso do filme de polietileno buteno com a adição de um filme de octeno menos espesso na vedação do silo não asseguram diminuição das perdas de matéria seca em comparação com o filme buteno utilizado isoladamente, tal qual não influenciou sobre a qualidade nutricional da silagem estocada.

2. A utilização de um filme adicional de menor espessura apresentou efeitos sobre a temperatura da região mais superficial do painel do silo em relação ao PLB120 isolado.

3. A espessura apresentou o efeito mais acentuado sobre as perdas de matéria seca do material ensilado, constatando de fato que a espessura menor dos filmes utilizados para vedação contribuiu para as maiores taxas de perdas.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.C. Estratégias de controle da deterioração aeróbia em silagem de milho e seu valor alimentício para vacas em lactação. 2011. 173p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.
- BERNARDES T.F.; Daniel J.L.P.; Adesogan A.T.; Mcallister T.A.; Drouin P.; Nussio L.G.; Huhtanen P.; Tremblay G.F.; Bélanger G.; Cai Y. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of dairy science*. 2018; 101(5): 4001-4019.
- BERNARDES, T.F.; Amaral, R.C.; Nussio, L.G. Sealing strategies to control the top losses in horizontal silos. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, São Pedro. Proceedings. São Pedro, 2009, p.190-209.
- BOLSEN, K.K. Issues of top spoilage losses in horizontal silos. In: Proceedings of Silage: Field to Feedbunk. NRAES Publ. 99. Ithaca, NY. p.137-150, 1997.
- BORREANI, G.; E. Tabacco. 2008. Low permeability to oxygen of a new barrier film prevents butyric acid bacteria spore formation in farm maize silage. *J. Dairy Sci.* 91:4272–4281. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1151>.
- BORREANI, G.; E. Tabacco. 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. *J. Dairy Sci.*97:2415–2426, 2014.
- 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, p.4701-4706, 2007.
- CRISTO, F. B., Neumann, M., de Souza Sidor, F., Seller, M. E. C., Plodoviski, D. C., Carneiro, E. L., ... & da Costa, L. Efeito de diferentes filmes plásticos dupla face sobre características químico-fermentativas da silagem de milho. *Ciência Animal Brasileira*,22. 2021.
- DANIEL J.L.P.; Capelesso A.; Cabezas-Garcia E.H.; Zopollatto M.; Santos M.C.; Huhtanen P.; Nussio L.G. Fibre digestion potential in sugarcane across the harvesting window. *Grass and Forage Science*. 2014; 69(1); 176-181.
- DRIEHUIS, F.; Oude Elferink, S.J.W.H. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. *Veterinary Quarterly*, v.22, p.212-217, 2000.
- GALLO A.; Guibert G.; Frisvad J.C.; Bertuzzi T.; Nielsen K.F. Review on mycotoxin issues in ruminants: occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. *Toxins*. 2015; 7(8): 3057-3111.
- JENSEN, C.; Weisbjerg, M.R.; Norgaard, P.; Hvelplund, T. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.118, p.279-294, 2005.

- JOBIM, C.C.; Gonçalves, G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. et al. (Ed.). Volumosos na produção de ruminantes: valor alimentício de forragens. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p.1-26.
- JOBIM, C.C.; Nussio, L.G.; Reis, R.A.; Schmidt, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.
- KUNG JUNIOR L.; Robinson J.R.; Ranjit N.K.; Chen J.H.; Golt C.M.; Pesek J.D. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. Journal of Dairy Science. 2000; 83(7): 1479-1486.
- KUNG JUNIOR L.; Shaver R.D.; Grant R.J.; Schmidt R.J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. Journal of dairy Science. 2018; 101(5): 4020-4033.
- LAMMERS, B.P.; Buckmaster, D.R.; Heirichs. E.J. A simple method for the analyses of particle size of forage and total mixed rations. Journal of Dairy Science, Champaign, v.79, n.5, p.922-928, 1996.
- MCDONALD, P.; Henderson, A.R.; Heron, S.J.E. The biochemistry of silage. 2. Ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
- NEUMANN M.; Leão G.F.M.; Askel E.J.; Marafon F.; Figueira D.N.; Poczynek M. Sealing type effect on corn silage quality in bunker silos. Ciência Rural. 2017; 47(5): 1-6.
- NUSSIO, L. G.; Simas, J. E. C.; Lima, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. Milho para a silagem. Piracicaba: FEALQ, p. 11-26, 2001.
- PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. Analyst, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.
- SANTOS, M.C.; Nussio, L.G.; Mourão, G.B.; Schmidt, P.; Mari, L. J.; Ribeiro, J. L.; Toledo Filho, S. G. D. Nutritive value of sugarcane silage treated with chemical additives. Scientia Agricola, v.66, n.2, p.159-163, 2009.
- SAVOIE, P. Optimization of plastic covers for stack silos. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 41, n. 2, p. 65-73, 1988.
- SCHEIDT, K. C. Medidas de perdas em silagem de milho armazenada com diferentes estratégias de vedação e valor alimentício avaliado em ovinos. 77p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá. 2019.
- UNDERSANDER, D.; Mertens, D.R.; Thiex, N. Forage analyses procedures. Omaha: National Forage Testing Association, 1993. 135p.
- VALADARES FILHO, S.C.; Magalhães, K.A.; Rocha Jr., V.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0. Viçosa: UFV, 2006. 297p.
- VAN SOEST, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, Champaign, v.74, p.3583–3597, 1991.
- WILES, P.G.; Gray, I.K.; Kissiling, R.C. Routine analyses of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. Journal of the AOAC International, Washington, v. 81, p. 620-632, 1998.

WILKINSON, J. M., and J. S. Fenlon. A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. *Grass Forage Sci.* 69:385–392, 2014.

4. SILAGENS DE MILHO UTILIZANDO FILMES DE POLIETILENO NA VEDAÇÃO SOBRE A ESTABILIDADE AERÓBIA E DESEMPENHO DE CORDEIROS

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes estratégias de vedação de silagem de milho, sobre a estabilidade aeróbia e desempenho de cordeiros em confinamento. Os tratamentos foram definidos de acordo com a estratégia de vedação do silo: (Tratamento 1 - polietileno linear buteno, 120 μ m (PLB120); Tratamento 2 - polietileno linear octeno, 120 μ m (PLO120); Tratamento 3 - polietileno linear octeno, 100 μ m (PLO100); Tratamento 4 - polietileno linear octeno, 80 μ m (PLO80); Tratamento 5 - polietileno linear buteno, 120 μ m + polietileno linear octeno, 50 μ m (PLB120+PLO50). Foram utilizados 8 cordeiros mestiços por tratamento, totalizando 40 animais, por 60 dias de confinamento. Na avaliação de estabilidade o tratamento PLO120 resultou em maior estabilidade aeróbia (média de 26 h a mais) que os filmes mais finos. Os materiais (octeno e buteno) divergiram de forma expressiva quanto a estabilidade aeróbia, que foi significativamente maior para o PLO120 (32 horas a mais que o PLB120). O desempenho de cordeiros não foi afetado pelas diferentes vedações, entretanto o teor de FDN diferiu entre as dietas nos contrastes de material e filme adicional que resultou diferenças nos teores de CT e CNF e que influenciou tendências de resultados superiores no tratamento PLB120+PLO50, principalmente para consumo de matéria seca.

Palavras-chave: Carcaça, Deterioração aeróbia, Digestibilidade, Ganho de peso, Ovinos

CORN SILAGE SEALED WITH POLYETHYLENE FILMS OVER THE AEROBIC STABILITY AND LAMB PERFORMANCE

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different strategies for sealing corn silage on the aerobic stability and performance of feedlot lambs. The treatments were defined according to the silo sealing strategy: (Treatment 1 - linear butene polyethylene, 120 μ m (PLB120); Treatment 1 - linear octene polyethylene, 120 μ m (PLO120); Treatment 3 - linear octene polyethylene, 100 μ m (PLO100) ; Treatment 4 - linear polyethylene octene, 80 μ m (PLO80); Treatment 5 - linear polyethylene butene, 120 μ m + linear polyethylene octene, 50 μ m (PLB120+PLO50). Eight crossbred lambs were used per treatment, totaling 40 animals, for 60 days of confinement. In the stability evaluation, the PLO120 treatment resulted in greater aerobic stability (average of 26 ha more) than the thinner films. The materials (octene and butene) diverged significantly in terms of aerobic stability, which was significantly higher for the PLO120 (32 hours more than PLB120). The performance of lambs was not affected by the different seals, however the NDF content differed between the diets in the contrasts of material and additional film, which resulted in differences in the TC and CNF contents and that influenced trends of superior results in the PLB120+PLO50 treatment, mainly for dry matter consumption.

Keywords: Carcass, Aerobic deterioration, Digestibility, Weight gain, Lambs

4.1. Introdução

Dentre as forrageiras mais utilizadas na alimentação animal, o milho é a mais empregada para produção de silagens de alta qualidade. A silagem de milho apresenta características desejáveis como alimento para ruminantes, principalmente por proporcionar alto consumo voluntário e fornecer elevado teor de nutrientes digestíveis totais (Pereira et al., 1993), constituindo uma boa opção para cordeiros em terminação.

Durante o período de fermentação da forragem, podem ocorrer processos que desencadeiam perdas de nutrientes de diversos patamares, sendo o grau de anaerobiose alcançado no interior do silo o principal fator relacionado com o sucesso na preservação da silagem. A infiltração de oxigênio favorece os microrganismos aeróbios que se desenvolvem a partir de fontes de energia presentes na forragem, causando perdas no valor nutricional da silagem e redução do consumo pelos animais (Pahlow et al., 2003). Desta forma, o filme plástico utilizado na vedação dos silos apresenta contribuição expressiva, por ser utilizado com o intuito de reduzir a penetração de ar do ambiente externo para o interior do silo.

Os filmes de polietileno têm sido os mais utilizados na vedação de silos horizontais. Contudo, o polímero de polietileno apresenta permeabilidade ao oxigênio, a qual tende a ser atenuada com a elevação da temperatura ambiental. Assim, mesmo com boas condições de vedação, o uso de filmes plásticos de polietileno pode não impedir de forma eficiente a penetração de oxigênio nas áreas periféricas e superficiais do silo, deixando essas regiões expostas à deterioração.

Diversos estudos foram realizados para avaliação de diferentes filmes plásticos na etapa de vedação, buscando validar a eficiência destes materiais sobre o valor nutricional, porém, são mais escassas as pesquisas que buscaram elucidar os impactos destes materiais sobre o desempenho de animais alimentados com essas silagens. A maioria dos estudos têm como objetivo avaliar as perdas qualitativas e quantitativas das silagens em relação ao tempo de estocagem. Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes filmes de polietileno para vedação de silagens de milho sobre a estabilidade aeróbia e o desempenho de cordeiros em terminação.

4.2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA - USP), localizada na latitude 21°59'46" S e longitude 47°25'33" O e contou com a confecção das quatro unidades experimentais. A confecção dos silos ocorreu no mês de março de 2019 e o material ensilado era proveniente da lavoura de milho do próprio campus com produção média de 40 ton/ha de massa verde, e foi colhida com auxílio de uma colhedora tracionada por trator, quando a lavoura atingiu porcentagem de matéria seca próximo a 33%.

Foram utilizados como unidades experimentais quatro silos tipo superfície em grande escala, com dimensões de 5,5 m largura x 14 m de comprimento e cerca de 1 m de profundidade. Para a ensilagem do material, foram abastecidos em camadas (15-25cm) e compactados com auxílio

de tratores, visando uma densidade de compactação entre 550 a 600 kg m⁻³. Após o abastecimento dos silos experimentais foi feita a vedação em faixas de filmes cobrindo-o em sua largura, cada tratamento com seus respectivos filmes, cada qual com 2 m de comprimento, considerando cerca de 2 m de ambas as extremidades como zona de descarte (Figura 1).

Os tratamentos foram desenhados de acordo com cinco tratamentos de filmes plásticos a base de polietileno:

- 1) Tratamento PLB120 - polietileno linear buteno, 120µm;
- 2) Tratamento PLO120 - polietileno linear octeno, 120µm;
- 3) Tratamento PLO100 - polietileno linear octeno, 100µm;
- 4) Tratamento PLO80 - polietileno linear octeno, 80µm;
- 5) Tratamento PLB120+PLO50 - polietileno linear buteno, 120µm + polietileno linear octeno, 50µm.

Cada tratamento foi distribuído aleatoriamente nos quatro silos experimentais, constituindo assim quatro réplicas, somando um total de vinte painéis experimentais. Após a vedação os silos ficaram fechados por 180 dias. Os silos foram abertos de forma lateral e então iniciado seu fornecimento aos animais.

4.2.1. Estabilidade aeróbica

Para avaliação da estabilidade aeróbica da silagem foram retirados cerca de 3,5kg do material ensilado logo após a abertura de cada silo experimental, e colocados em baldes plásticos sem tampa e sem compactação do material, alocados em ambiente coberto, a temperatura ambiente, por um período de 10 dias (240 horas). No centro geométrico dos baldes foram acondicionados sensores de temperatura associados a um sistema informatizado e eletrônico de aquisição de dados (Chiplog, IMPAC, USA), com programação para tomada de temperatura em intervalos constantes de 30 minutos.

Para a determinação da estabilidade aeróbica os dados obtidos durante o ensaio foram estudados nas seguintes variáveis: Tmax: temperatura máxima alcançada; Ttmax: tempo para alcançar a temperatura máxima; Tmedia: temperatura média; TmaxA: temperatura máxima da silagem descontando-se a temperatura ambiente; Tquebra: tempo necessário para a temperatura da silagem atingir 2°C acima da temperatura ambiente.

4.2.2. Ensaio de desempenho animal

Os animais para o experimento foram fornecidos pelo Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA - USP) Campus Pirassununga. Foram utilizados 40 cordeiros mestiços Santa Inês x Dorper, desmamados e com idade média de 115 dias (CEUA N 3305130820).

A dieta fornecida apresentava relação de 50:50 (Concentrado :Volumoso). A dieta foi formulada através do Software SRNS com base no NRC Small Ruminants 2007, considerando o nível de 15,5% PB na dieta elaborada para ganhos de 250 g/dia (NRC, 2007). O concentrado base das

dietas era comum em todos os tratamentos. Neste ensaio a silagem proveniente dos silos superfície foi o volumoso que compôs a dieta.

Tabela 7. Composição da ração experimental e valor nutricional dos ingredientes

Variáveis ¹	Concentrado			
	Milho Moído	Farelo de Soja	Mineral	Monoensina
Composição da ração, %	27,50	20,0	2,5	0,2
MS	88,28	88,74	100	98
MM	1,54	6,21	100	100
PB	9,58	47,02	0	0
FDN	13,42	14,15	0	0
EE	4,44	5,54	0	0

¹MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: Fibra em detergente neutro; EE: Extrato Etéreo

Os silosirão foram abertos aos 180 dias, lateralmente, de forma que se estabeleceu painéis para cada faixa de filme corresponde aos tratamentos. Assim, cada silo possuía 5 painéis que eram manejados diariamente. Então, foram retirados cerca de 8-10cm do painel todos os dias e fornecidos aos animais. Quando visível as áreas degradadas do painel estas eram retiradas, pesados separadamente e descartado, o qual não era direcionado para o fornecimento aos animais.

A distribuição da dieta foi realizada duas vezes ao dia (8:00h da manhã - 16:00h da tarde), sendo o fornecimento da dieta total parcelado em 50% de manhã e 50% a tarde. Inicialmente os animais foram submetidos a uma dieta de adaptação por 14 dias. A quantidade fornecida era determinada diariamente baseado no consumo diário individual, estimado pela coleta e pesagem das sobras, permitindo até 10% de sobras no cocho. Os animais tinham acesso irrestrito aos bebedouros. Durante o ensaio de desempenho os animais ficaram alocados em gaiolas suspensas, as quais são equipadas com bebedouros e comedouros individuais. O galpão era mantido sob frequência de limpeza de duas vezes ao dia.

Os animais então foram pesados ao fim do período de adaptação e blocados, de forma que serão blocados. Após o início do experimento a pesagem dos animais aconteceu com frequência de 15 dias até o abate, sendo a pesagem precedida de jejum de sólidos de 16 horas, para obtenção do ganho de peso médio diário.

Para a obtenção da estimativa do consumo de matéria seca, diariamente era registrado individualmente a oferta e a sobras, e o acompanhamento semanal da matéria seca da silagem e dieta para a correção dos valores com a progressão do período experimental.

Os animais serão foram em confinamento por 60 dias até o abate e o mesmo foi realizado nas instalações do Frigorífico Escola pertencente a FZEA-USP, no qual os animais receberam insensibilização por choque elétrico após banho de água fria, e então encaminhados para a sangria, esfola e evisceração. Os dados de peso de carcaça quente foram registrados para obtenção dos valores de Rendimento de Carcaça Quente (RCQ).

4.2.3. Análise estatística

Para avaliação dos dados foi utilizado o software R e execução do pacote “ExpDes.pt”. Para o ensaio com animais foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos com 8 repetições por tratamento que foram distribuídas ao acaso.

Os resultados obtidos serão tratados de acordo com análise de variância e testes de contrastes, estabelecendo três contrastes de interesse:

Material – Polietileno Linear Octeno 120 μm x Polietileno Linear Buteno 120 μm

Espessura - Polietileno Linear Octeno 120 μm x Polietileno Linear Octeno 100 μm e 80 μm

Filme Adicional - Polietileno Linear Buteno 120 μm x Polietileno Linear Buteno 120 μm + Polietileno Linear Octeno 50 μm .

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Estabilidade aeróbica

A estabilidade aeróbica das silagens variou entre os tratamentos, demonstrando efeito de material utilizado, da espessura dos filmes e da adição de outro filme plástico na composição da estratégia combinada. Kung et al. (2003) salienta que o perfil de fermentação desejável nem sempre evita perdas após a abertura dos silos, sendo que em alguns casos pode aumentá-las. Silagens que apresentam melhores padrões de fermentação, caracterizadas por alta concentração e predominância de ácido láctico, bem como a presença de açúcares residuais, são mais afetadas pela deterioração aeróbica (Weinberg e Muck, 1996). Os resultados observados no presente experimento corroboram com a literatura mencionada. Como pode ser observado na Tabela 3, as silagens, no geral, apresentaram teores de ácido láctico similares e dentro dos padrões logo após o momento da abertura. Desta maneira, proporcionaram maiores quantidades de substratos disponíveis para consumo dos microrganismos na fase aeróbica, resultando em menor estabilidade aeróbica para a maioria dos tratamentos (Tabela 8), com exceção do PLO120 que se mostrou mais eficiente em manter a estabilidade do material (52,95 horas).

Pôde-se constatar um efeito claro de espessura, contextualizado com todas as respostas previamente mencionadas quanto à ineficácia de materiais mais finos em reduzir perdas de matéria seca, bem como, em proteger o material de aquecimento externo, podendo aumentar o influxo de oxigênio para o interior do silo e ainda favorecer a quebra de estabilidade. De modo geral, ficou evidente que o filmes mais finos (PLO80 e PLO100) tiveram um desempenho inferior ao PLO120, de maior espessura.

Tabela 8. Estabilidade aeróbica e temperaturas de silagens de milho produzidas sob diferentes filmes de polietileno durante o ensaio de exposição ao ar

Variáveis ¹	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+ PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
Tmax, °C	48,2	49,8	50,3	48,3	47,2	0,51	0,35	0,25	0,55
Ttmax, horas	47,32	38,97	67,57	33,3	43,65	4,56	0,42	0,79	0,26
Tmedia, °C	37,1	35,8	37,06	35,56	36,51	0,27	0,16	0,22	0,48

¹ T _{max} : tem per atur	T _{max} A, °C	19,95	21,57	22,00	20,03	18,93	0,51	0,35	0,25	0,55
	Estabilidade aeróbica, horas	23,9	30,45	52,95	20,47	11,3	3,32	<0,01	<0,01	<0,01

a máxima alcançada; T_{max}: tempo para alcançar a temperatura máxima; T_{media}: temperatura média; T_{max}A: temperatura máxima da silagem descontando-se a temperatura ambiente; T_{quebra}: tempo necessário para a temperatura da silagem atingir 2°C acima da temperatura ambiente. ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrates – Material: diferenças entre médias de PLB(120) vs PLO(120); Espessura: PLO(120) vs PLO(100), PLO(80); Filme Adicional: PLB(120) vs PLB(120)+PLO(50)

O aumento na temperatura das silagens é resultado do balanço entre a taxa de calor produzida pela atividade microbiana e as perdas de calor por condução, radiação, evaporação e convecção, e está diretamente relacionado à oxidação da MS, que provoca perdas na forma de dióxido de carbono (CO₂) (Hill e Leaver, 2002). Sob este contexto, a quebra de estabilidade do tratamento PLB120+PLO50 foi muito mais veloz em relação ao tratamento isolado PLB120. Isso pode ser compreendido pelo fato de ambos os tratamentos terem sido eficientes em reduzir perdas de matéria seca, preservando açúcares residuais e ácido láctico. A maior proteção contra o calor no topo do tratamento com o filme adicional pode ter favorecido um ambiente melhor e rico em nutrientes, favorecendo a rápida proliferação de leveduras a partir do momento em que estas silagens foram expostas ao ar. Como descrito na literatura, a deterioração aeróbia envolve uma rápida oxidação de nutrientes, desencadeada pela ação de leveduras (Woolford, 1990), posteriormente seguidas por fungos filamentosos e bactérias oportunistas (McDonald et al. 1991; Wilkinson e Davies, 2013).

Ainda assim é possível observar duas vertentes de acontecimentos, as quais temos uma perda de matéria seca (Tabela 4) mais elevada para os tratamentos PLO80 e PLO100, enquanto que os tratamentos PLB120 e PLB120+PLO50 se mostraram eficientes nesta variável. Entretanto, todos estes tratamentos quebraram sua estabilidade de forma mais rápida, em relação ao PLO120, evidenciando as diferenças significativas para os contrastes de material e espessura.

Filmes menos espessos são ineficientes em prolongar a estabilidade da silagem e quando exposta a condições aeróbias quebram sua estabilidade muito mais rapidamente (Wilkinson e Davies, 2013). Entretanto na situação apresentada, houve uma discrepância de atuação entre materiais de espessuras iguais, sendo que o material PLB120 teve sua estabilidade quebrada rapidamente enquanto o PLO120 apresentou uma silagem muito mais estável, e que anteriormente ambos seguiam de forma similar em sua efetividade de conservação de MS.

O ponto-chave pode estar vinculado ao somatório de fatores inerentes ao material octeno e sua espessura. É possível conjecturar a hipótese de que as características de transferência de calor superficial para a massa ensilada (Tabela 6) em conjunto com a maior espessura desse material, tenham condicionado a silagem do tratamento PLO120 a uma maior resistência à quebra de estabilidade. Muck e Shinnes, (2001) evidenciaram que em temperaturas inferiores a 10 °C e superiores a 40 °C, a silagem apresenta característica de maior estabilidade em decorrência da inibição no crescimento de algumas espécies de fungos, e que as temperaturas intermediárias a essa faixa, favorecem uma alta taxa de proliferação fúngica (Reis e Moreira, 2017). Sendo assim, podemos observar a dinâmica do tratamento PLO120 sobre o perfil de temperatura a campo em comparação ao tratamento PLB120, em que o primeiro influenciou em uma amplitude de aproximadamente 13,9

°C de diferença entre a temperatura superficial do material e a temperatura interna, enquanto o PLB120 expressou uma amplitude de 20,7 °C nas mesmas condições, podendo corroborar com o cenário de transmissão de temperatura para a massa ensilada.

Apesar da silagem estar sofrendo a influência de temperaturas externas elevadas, como não ocorreu um influxo efetivo de oxigênio para o material, a atuação de microrganismos deterioradores não foi favorecida. Desta forma, a silagem não sofreu elevadas perdas de MS e também se tornou menos disponível para uma atuação intensa de microrganismos após a exposição aeróbia.

4.3.2. Valor nutricional da dieta e desempenho de cordeiros

A composição nutricional das dietas ofertadas está apresentada na Tabela 9. Dentre as variáveis analisadas, o teor médio de MS ficou em torno de 45,5% para todos os tratamentos, sem diferença significativa, tal como os teores de MM, MO e EE. O efeito do contraste de filme adicional, impactou algumas variáveis como PB, FDN, FDA e, conseqüentemente, CT, CNF e NDT, os quais em todos os casos foram apresentadas tendências de teores mais elevados para o tratamento PLB120+PLO50 em relação ao tratamento PLB120.

Esses efeitos de superioridade do tratamento com adição de um filme menos espesso podem corroborar com a narrativa da efetividade deste em conservar os nutrientes, com capacidade de reduzir a temperatura na camada mais superficial do silo (Tabela 6), entretanto acaba por se tornar mais sensível a quebra de estabilidade (Tabela 8) mas mesmo assim conseguindo agregar aporte de nutrientes em maior teor para as dietas. Van Soest (1994), destaca que existe correlação negativa entre os teores de FDA e a degradabilidade do alimento, ou seja, com redução nos teores de FDA ocorre aumento da digestibilidade da matéria seca, influenciando resultados de desempenho animal. Efeitos podem ser observados também no contraste entre materiais, principalmente sobre as variáveis de FDN e CNF. Estes aspectos tornam visíveis os teores mais elevados de compostos fibrosos na silagem do tratamento PLB120 quando comparado ao PLO120.

Tabela 9. Valor nutricional das dietas compostas por silagens vedadas com diferentes filmes de polietileno

Variáveis ¹	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
MS, %	44,20	45,39	47,54	43,91	46,54	0,93	0,21	0,27	0,35
MM, %MS	5,98	5,43	6,08	5,81	5,80	0,10	0,42	0,21	0,98
MO, %MS	93,44	94,03	93,32	90,64	93,65	0,64	0,22	0,82	0,17
PB, %MS	15,76	16,71	15,97	14,89	16,87	0,28	0,20	0,70	0,02
FDN, %MS	32,67	26,83	28,91	30,32	26,98	0,74	0,01	0,15	0,01
FDA, %MS	18,71	17,46	18,17	20,03	16,02	0,52	0,35	0,16	0,05
EE, %MS	3,25	3,39	3,23	3,36	3,51	0,06	0,54	0,62	0,27
CT, %MS	76,03	74,54	74,60	74,88	73,80	0,30	0,11	0,79	0,02
CNF, %MS	43,36	47,71	45,69	44,56	46,81	0,56	0,02	0,09	0,05
NDT, %MS	74,73	75,61	75,11	73,81	76,61	0,36	0,35	0,16	0,05

¹MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais. ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrates – Material: diferenças entre médias de PLB(120) vs PLO(120); Espessura: PLO(120) vs PLO(100), PLO(80); Filme Adicional: PLB(120) vs PLB(120)+PLO(50)

Este possível efeito da silagem na composição das dietas, entre muitos fatores pode estar atribuída ao efeito da exposição aeróbia do material, que já demonstrou divergências entre os materiais fermentados (Tabela 8). Courtin e Spoelstra (1990) destacam que quando exposto o material ao ambiente aeróbio as concentrações dos produtos de fermentação são alteradas significativamente, pela atividade de diversos outros microrganismos afetando a composição e valor nutricional do material.

Como pode-se observar anteriormente o tratamento PLB120+PLO50 teve sua estabilidade quebrada rapidamente (Tabela 8) e diferiu do tratamento PLB120, o que podemos interpretar como um material que forneceu maiores condições para deterioração aeróbia em consequência de uma possível preservação eficaz de energia. Entretanto para a composição da dieta o material PLB120 demonstrou maiores teores de nutrientes limitantes (FDN e FDA) e menor teor de PB, e isso pode ser explicado pela diferença entre esses dois materiais em conservar um material menos aquecido mesmo após a abertura, como pode-se observar na Tabela 6. Por este fato o tratamento PLB120+PLO50 sendo mais sensível à quebra de estabilidade ainda conseguiu influenciar de forma positiva a qualidade da dieta a qual compõe.

Em relação ao desempenho dos cordeiros (Tabela 10), pôde-se verificar que, em geral, os tratamentos não influenciaram as respostas dos animais ($p>0,01$). Porém, a observação de tendências entre algumas respostas pode ser atribuída, entre outros fatores, à composição bromatológica das dietas experimentais (Tabela 9). Assim, fica evidente que a composição química (Tabela 2) das silagens avaliadas foi influenciada por um conjunto de fatores após abertura do silo, sendo alterada em diversos aspectos.

Tabela 10. Desempenho de cordeiros em confinamento alimentado por dieta composta por silagem de milho vedada com diferentes filmes de polietileno

Variáveis ¹	TRATAMENTOS					EPM ²	CONTRASTES ³		
	PLO(80)	PLO(100)	PLO(120)	PLB(120)	PLB(120)+PLO(50)		Material	Espessura	Filme Adicional
PVi, kg	22,73	20,97	22,90	21,43	21,70	0,85	0,54	0,75	0,91
PVf, kg	33,76	37,90	41,06	37,90	41,62	1,30	0,89	0,48	0,72
CMS, kg	0,93	1,16	1,09	1,07	1,25	0,03	0,71	0,63	0,06
GMD, kg	0,230	0,267	0,266	0,266	0,313	0,01	0,92	0,52	0,13
Rendimento, %	45,94	45,36	47,01	46,13	47,26	1,15	0,34	0,09	0,26
Eficiência	0,247	0,236	0,246	0,247	0,250	0,01	0,87	0,75	0,68

¹Pvi: Peso vivo inicial (Kg); Pvf: Peso vivo final (Kg); CMS: Consumo de matéria seca (Kg); GMD: Ganho médio diário(Kg); Rendimento: Rendimento de carcaça quente(%); Eficiência: eficiência alimentar(Kg). ²EPM: Erro padrão da média. ³Contrates – Material: diferenças entre médias de PLB(120) vs PLO(120); Espessura: PLO(120) vs PLO(100), PLO(80); Filme Adicional: PLB(120) vs PLB(120)+PLO(50)

A média de ganho médio diário (GMD) obtido foi de 268 g/dia, superior ao ganho estabelecido, que foi de 250 g/dia. Mendes Neto et al. (1998) comentaram que, normalmente, nos confinamentos os maiores ganhos de peso são obtidos em função de maior consumo de MS, e que impacta diretamente sobre os demais resultados de desempenho já que o CMS é considerado determinante no aporte de nutrientes necessários para o atendimento das exigências de manutenção e de ganho de peso dos animais (Sniffen et al., 1993). Huhtanen et al. (2002) mostraram que a variação na qualidade da fermentação afeta diretamente o consumo voluntário de bovinos. Porém, é difícil atribuir alterações no CMS a um único produto de fermentação (Weiß e Auerbach, 2012). Diversos fatores atuam na capacidade do animal em ingerir alimento, podendo ser fatores inerentes ao próprio animal, ao alimento, ao ambiente e às condições de manejo (Brochier e Carvalho; 2008)

Neste estudo foi observado que, apesar de não apresentar diferença estatística, os cordeiros alimentados com a silagem proveniente do silo vedado com PLB120+PLO50 tiveram uma tendência de maior CMS em relação ao tratamento PLB120, refletindo a divergência da qualidade nutricional das dietas (Tabela 8). Provavelmente, este comportamento afetou os GMD pelo fato destes animais apresentarem maior consumo de matéria seca (CMS), embora sem diferença estatística, quando comparado aos animais dos demais tratamentos.

A percepção organoléptica de pequenos ruminantes é mais acentuada em relação os bovinos o que impacta na sua capacidade de seleção de alimentos e compensação (Gerlach et al., 2014). Burritt et al., 2005 observaram que cabras eram capazes de detectar sutis diferenças entre silagens de gramíneas, e que ainda apresentaram preferências por forragens que possuíam pequenas mudanças na química da planta. Consequentemente a exposição aeróbica tem reflexo direto neste efeito, Gerlach et al. (2013) realizaram ensaios de preferência com caprinos e encontraram diminuição do CMS após 4 dias de exposição aeróbica, com reduções atingindo valores entre 29% e 79% após 8 dias de exposição em comparação às silagens frescas.

Mertens (1994) relata que até 90% das diferenças no desempenho animal é impactado pelo consumo. No cenário deste estudo, compreendeu-se que, apesar de não observar diferença significativa, os cordeiros alimentados com silagem do tratamento PLB120+PLO50 apresentaram valores absolutos maiores para CMS, bem como para peso vivo final (PVf), ganho de peso (GMD) e rendimento de carcaça, corroborando com o autor.

Em sistemas de produção animal, o resultado biológico é de grande impacto, porque mostra que os animais alimentados com a silagem proveniente de silos vedados com materiais ineficientes podem favorecer menor retorno econômico. No presente estudo pôde-se notar a tendência observada na variável de rendimento de carcaça, em que o efeito de espessura novamente evidencia um decréscimo em função da menor espessura do filme plástico utilizado. Os valores de rendimento de carcaça (Tabela 9) estão em consonância com os dados normalmente registrados na literatura, que variam entre 45 a 55% para cordeiros mestiços de Dorper x Santa Inês. No entanto, o rendimento de carcaça depende de um conjunto de fatores como genética, sexo, idade, peso corporal, número de horas em jejum e dieta imposta aos animais (Mertens, 1994).

4.4. Conclusões

1. A silagem vedada exclusivamente com o filme plástico de polietileno do material octeno de maior espessura apresentou maior estabilidade aeróbia.

2. Efeito de utilização de um filme plástico adicional (PLB120+PLO50) imprimiu tendências sobre a qualidade da silagem para composição das dietas sendo transferida para o ensaio de desempenho de cordeiros Dorper x Santa Inês em terminação.

REFERÊNCIAS

- BROCHIER, M. A.; Carvalho, S. Consumo, ganho de peso e análise econômica de terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, p.1205-1212, 2008
- BURRITT E.A.; Mayland H.F.; Provenza F.D.; Miller R.L.; Burns J.C. Effect of added sugar on preference and intake by sheep of hay cut in the morning versus the afternoon. *Appl. Anim. Behav. Sci.*,94, 2005, pp. 245-254
- COURTIN M.G.; Spoelstra S.F. A simulation model of the microbiological and chemical changes accompanying the initial stage of aerobic deterioration of silage. *Grass Forage Sci.*,45, 1990, pp.153-165
- GERLACH K.; Roß F.; Weiß K.; Büscher W.; Südekum K.H. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats *Agric. Food Sci.*, 22 (2013), pp.168-181
- GERLACH, K.; Roß, F.; Weiß, K.; Büscher, W.; Südekum, K. H. Aerobic exposure of grass silages and its impact on dry matter intake and preference by goats. *Small Ruminant Research*, 117(2-3), 131-141. 2014.
- HILL, J.; Leaver, J.D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. *Animal Feed Science and Technology*, v.102, p.181-195, 2002.
- HUHTANEN P.; Khalili H.; Nousiainen J.I.; Rinne M.; Jaakkola S.; Heikkilä T.; Nousiainen J. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows *Livest. Prod. Sci.*,73, 2002, pp. 111-130
- KUNG JUNIOR, L.; Stokes, M.R.; Lin, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Eds). *Silage Science and Technology*. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 305-360.
- MCDONALD, P.; Henderson, A.R.; Heron, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2. Ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
- MENDES NETO, J.; Neiva, J.N.M.; Vasconcelos, V.R.; Pimentel, J.C.M.; Paula Neto, F.L.; Almeida, P.N.A.; Teixeira, M. Uso da cana-de-açúcar na terminação de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu-SP. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. p.461-463.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY J.R., G.C. (Ed). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MUCK, R.E. Schinnes, K.J. Conserved forages (silage and hay): Progress and priorities. In: *International Grassland Congress. XIX. 2001. São Pedro. Proceedings...* Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p.753. 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Committee on animal nutrition. *Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids and new world Camelids*. Washington, D.C.: National Academies Press, 2007. 384 p.

- REIS, R. A.; Moreira, A. L. Conservação de forragem como estratégia para otimizar o manejo das pastagens. FCAV/UNESP, Jaboticabal. 2017.
- SCHEIDT, K. C. Medidas de perdas em silagem de milho armazenada com diferentes estratégias de vedação e valor alimentício avaliado em ovinos. 77p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá. 2019.
- SNIFFEN, C. J.; Beverly, R. W.; Mooney, C. S.; Roe, M. B.; Skidmore, A. L. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: strategies to account for variability. *Journal of Dairy Science*, Madison, v.76, p.3160-3178, 1993.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell, 1994. 476 p.
- WEIBERG, Z.G.; Muck, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, v.19, p.53-668, 1996.
- WEIß K.; Auerbach H.; Kuoppala K.; Rinne M.; Vanhatalo A. Occurrence of volatile organic compounds and ethanol in different types of silages. (Eds.), Proc. XVI Int. Silage Conf. MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki, Hämeenlinna, Finland 2012, pp.128-129
- WILKINSON JM, Davies DR. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*. 2013; 68(1): 1-19.
- WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology*, Malden, v.68, p.101-116, 1990.