

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE
MILHO

Autor: Michele Simili da Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Pastagens e Forragicultura

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril-2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE
MILHO

Autor: Michele Simili da Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Pastagens e Forragicultura

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril-2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S586a Silva, Michele Simili da
Avaliação da estabilidade aeróbia de silagens de milho
/ Michele Simili da Silva. -- Maringá : [s.n.], 2009.
50 f. : il. color.

Orientador : Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Programa de Pós-graduação em Zootecnia, 2009.

1. Silagem de milho - Estabilidade aeróbia. 2. Silagem
de milho - Temperatura. 3. Silagem de milho - Massa
específica. I. Universidade Estadual de Maringá, Programa
de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 21.ed.633.2

Meu filho, guarda a sabedoria e a reflexão,
não as perca de vista.

Elas serão a vida de tua alma
e um adorno para o teu pescoço.

Então caminharás com segurança,
Sem que teu pé tropece.

Se te deitares, não terás medo.

Uma vez deitado, teu sono será doce.

Não terás a recear nem terrores repentinos,
nem a tempestade que cai sobre os ímpios,

Porque o Senhor é tua segurança
E preservará teu pé de toda cilada.”

Provérbios 3, 21-26

A Deus, pelo seu amor incondicional e por sua preciosa presença em todos os momentos de
minha vida.

OFEREÇO

Aos meus pais, Isaura Simili da Silva e Cidinei Rodrigues da Silva,
pelo amor, carinho, dedicação, apoio e incentivo durante todas as etapas de minha vida.
Aos meu irmãos, Michael e Marivana, ao meu cunhado, Elizeu e aos meus sobrinhos,
Mariana e Pedro, por toda ajuda, compreensão e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Jesus por mais esta vitória.

A Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Clóves Cabreira Jobim, por ser um exemplo de pesquisador, pela orientação, paciência, ensinamentos, confiança, incentivo e atenção a mim destinados.

Ao Professor Celso Nakamura, pelas orientações, por permitir que o trabalho fosse conduzido no laboratório de Microbiologia do Departamento de Farmácia.

Ao Professor Cássio Tormena pelos ensinamentos, ajuda e sugestões.

A Doutora e amiga Carla Luiza da Silva Ávila pela importante ajuda, pela atenção e amizade durante a condução desse experimento.

Ao professor Elias Nunes pelo auxílio.

Ao amigo Alexandre Leseur pela ajuda imprescindível na fase final.

A toda equipe da conservação, principalmente aos meus amigos Moyses, Juliano, José Luís, Fábio Cortez, Valter e Domenico cuja ajuda, amizade e companheirismo foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica Ângelo, Willen e Sheilla, pela amizade e pela importante ajuda durante a condução deste experimento.

A minha família pelo apoio e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos de Maringá Josy, Hanna, Larissa, Maria Emília, Roberta, Cláudio, Ana Paula, Bruno, Tatiane, Marco Antônio, Fernanda, Fabiano e Júlio pela ajuda, apoio, paciência e bons momentos compartilhados.

Aos meus amigos Érica, Murilo, Cristiane, Lívy, Ana, Rafael, Fernanda, Palominha, Claudinha e a todos os outros que mesmo à distância estiveram sempre tão próximos e sempre torcendo por mim.

A minha catequista Dijanira por todos ensinamentos, orações e conselhos.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Creuza, Cleuza, Zé e Augusto pela amizade e apoio durante o curso e colaboração nas análises.

Aos demais professores e funcionários do DZO.

A todos aqueles que me acompanharam e apoiaram nesta conquista.

BIOGRAFIA

Michele Simili da Silva, filha de Cidinei Rodrigues da Silva e Isaura Simili da Silva, nasceu em Jundiaí, São Paulo, no dia 2 de setembro de 1982.

Em agosto de 2001, ingressou na Universidade Federal de Lavras, onde em junho de 2006, obteve o título de Zootecnista.

Em março de 2007, iniciou no mestrado em Zootecnia, na Universidade Estadual de Maringá, concentrando seus estudos na área de Pastagens e Forragicultura.

No dia 03 de abril de 2009, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação para obtenção do título de Mestre.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
I - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Introdução Geral.....	1
1.2 Processo de Ensilagem	3
1.3 Tecnologia da ensilagem.....	3
1.3.1 Massa Específica.....	3
1.3.2 Estádio de maturidade para colheita e altura de corte.....	4
1.3.3 Tamanho Médio de Partículas.....	5
1.3.4 Compactação e Vedação.....	6
1.4 Estabilidade Aeróbia da Silagem.....	7
1.4.1 Fermentação por Leveduras.....	9
1.4.2 Fungos filamentosos.....	9
1.5 Uso de inoculantes contendo enzimas e bactérias homofermentativas no processo de ensilagem.....	10
Literatura Citada.....	12
II - OBJETIVOS GERAIS.....	15
Capítulo 1- VEDAÇÃO OU NÃO DO PAINEL DO SILO DURANTE O PERÍODO DE UTILIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA SILAGEM DE MILHO.....	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	22
Conclusão.....	29
Literatura Citada.....	30

Capítulo 2- ESTABILIDADE AERÓBIA E MASSA ESPECÍFICA DE SILAGENS DE MILHO EM DUAS ALTURAS DE CORTE DURANTE O PERÍODO DE UTILIZAÇÃO.....	32
Resumo.....	32
Abstract.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	35
Resultados e Discussão.....	38
Conclusão.....	48
Literatura Citada.....	49

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Capítulo 1	
TABELA 1. Teores de matéria seca (MS), concentrações de fungos filamentosos e de leveduras e valores de pH no painel do silo com e sem proteção e nos estratos superior (S), mediano (M) e basal (B) ¹	24
TABELA 2. Teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e carboidratos não estruturais (CNE) na MS da silagem nos estratos superior (S), mediano (M) e basal (B) das silagens com e sem proteção do painel.	26
TABELA 3. Massa específica calculada com base na matéria seca (MEms) e na matéria verde (MEMv) utilizando cilindro, resistência da massa ensilada à penetração do cone metálico (PCM) e tamanho médio de partículas (TMP) nos diferentes estratos do painel do silo.	27
TABELA 4. Coeficientes de correlação (r) entre a ME da matéria seca (MEms), ME da matéria verde (MEMv) determinada com uso do cilindro e resistência da massa ensilada à penetração do cone metálico (PCM)	29
Capítulo 2	
TABELA 1. Populações de fungos filamentosos, leveduras e valores de pH das silagens de milho com e sem uso de inoculante nas alturas de corte de 20 e 40cm em três estratos do painel do silo superior (S), mediano (M) e basal (B) ¹	38
TABELA 2. Massa específica do material verde (MEMv) dos estratos superior (S), Mediano (M) e Basal (B) das silagens de milho com e sem inoculante em duas alturas de corte.	40
TABELA 3. Coeficientes de correlação (r) entre a ME da matéria seca (MEms), ME do material verde (MEMv) determinada com uso do cilindro, massa específica estimada do material seco (MEEm) e massa específica estimada do material verde (MEEmv) com uso do penetrômetro.	42

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Capítulo 1	
Figura 1. Metodologia utilizada na leitura das temperaturas no painel do silo.....	20
Figura 2. Temperatura ambiente média durante o período de avaliação no painel do silo...20	20
Figura 3. Termografia do painel do silo com e sem proteção durante as cinco semanas de avaliação.....	23
Figura 4. Relação entre massa específica da silagem (kg/m^3) e resistência à penetração do cone metálico (MPa).	28
Capítulo 2	
Figura 1. Representação gráfica da metodologia utilizada na leitura das temperaturas no painel dos silos	37
Figura 2. Relação entre massa específica da silagem (kg/m^3) e resistência à penetração do cone metálico (MPa).	40
Figura 3. Massa específica estimada do material verde (MEE _{mv}) em função dos estratos do painel do silo Superior (S), Mediano (M) e Basal (B) e da resistência à penetração do cone metálico (PCM) em silagem de milho.	41
Figura 4. Massa específica estimada do material seco (MEE _{ms}) em função dos estratos do painel do silo Superior (S), Mediano (M) e Basal (B) e da resistência à penetração do cone metálico (PCM) em silagem de milho.	42
Figura 5. Relação entre a massa específica observada do material verde (ME _{mv}) e a massa específica observada do material seco (ME _{ms}) pelo método tradicional do cilindro.....	43
Figura 6. Relação entre a massa específica estimada pela resistência a penetração do cone metálico e a massa específica observada com o método tradicional do cilindro.	43
Figura 7– Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 20 cm e sem adição de inoculante durante o período de utilização.	44
Figura 8 - Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 40 cm, sem adição de inoculante durante a 1ª semana e a 2ª semana de avaliação.....	46
Figura 9 - Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 20 cm, com adição de inoculante durante a 1ª semana e a 2ª semana de avaliação.....	47

Figura 10 - Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 40 cm, com adição de inoculante durante a 1ª semana e a 2ª semana de avaliação.....	48
--	----

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar os principais fatores que influenciam na qualidade e na estabilidade aeróbia das silagens de milho e de buscar técnicas mais viáveis para determinação da massa específica das mesmas. Foram conduzidos dois experimentos, no Primeiro Experimento avaliou-se o efeito da utilização de lona plástica para proteção nas características do painel do silo de silagem de milho durante o período de utilização, onde metade do painel foi coberta com lona e a outra metade foi mantida descoberta. Cada parte do painel foi dividida em três estratos verticais: estrato superior, mediano e basal do painel do silo. O teor de matéria seca (MS) na parte do painel protegida com lona preta foi superior a parte sem proteção, com médias de 30,92 e 32,26% de MS respectivamente. Os valores de matéria orgânica (MO) e carboidratos não estruturais (CNE) observados no estrato superior do painel do silo com e sem proteção, foram inferiores ($p < 0,05$) aos valores encontrados nos estratos mediano e basal. As populações de fungos filamentosos e de leveduras não foram diferentes ($p > 0,05$) entre as metades do painel do silo e estratos estudados. Os menores valores de massa específica e de resistência a penetração do cone metálico foram verificados no estrato superficial, que diferiu estatisticamente dos demais estratos. O uso de lona plástica preta para proteção do painel do silo durante o período de utilização da silagem de milho contribuiu para o aumento da temperatura no painel, não favorecendo a estabilidade aeróbia da silagem de milho. O Segundo Experimento, avaliou o efeito do inoculante enzima bacteriano e da altura de corte sobre a estabilidade aeróbia de silagens de milho. Foram avaliadas as seguintes silagens: altura de corte de 20 cm e sem adição do inoculante, altura de corte de 40 cm e sem a adição do inoculante, altura de corte de 20 cm e com inoculante e altura de corte de 40 cm e com adição do inoculante.

Cada silo foi dividido em três estratos verticais: estrato superior, mediano e basal do painel do silo. O inoculante enzimo-bacteriano e a altura de corte do milho não mostraram efeito sobre a população de fungos filamentosos e de leveduras das silagens. A adição do inoculante à planta de milho com altura de corte de 20 cm resultou em silagens com valores de pH mais elevados. A silagem de milho com altura de corte de 40 cm com inoculante enzimo-bacteriano, apresentou as menores massas específicas e as maiores temperaturas. Nos dois experimentos a relação entre a resistência à penetração do cone metálico e a massa específica foi obtida como alternativa para se estimar indiretamente a massa específica da silagem em substituição aos métodos tradicionais. Concluiu-se que o penetrômetro pode ser utilizado como método indireto na determinação da massa específica de silagens de milho, uma vez que a correlação entre a massa específica estimada e a massa específica observada foi alta e positiva.

Palavras-chave: painel do silo, penetrômetro, termografia

ABSTRACT

The objective was to evaluate the main factors influencing the quality and aerobic stability of silage corn and to seek the most viable techniques for determining their density. Two experiments were carried out and in the first it was evaluated the effect of plastic tarp to protect the characteristics of the silo panel corn silage during the use, where half of the panel was covered with canvas and the other half was kept discovery. Each part of the panel was divided into three vertical strata: stratum superior, median and basal panel of the silo. The content of dry matter (DM) in the panel that was protected with black tarp was higher than the part without protection, with averages of 30.92 and 32.26% of DM respectively. The values of organic matter (OM) and non-structural carbohydrates (NSC) observed in the upper stratum of the silo panel with and without protection, were lower ($p < 0.05$) to the values found in the median and basal layers. The populations of filamentous fungi and yeasts were not different ($p > 0.05$) between the halves of the panel and strata studied. The lowest values of density and resistance to cone penetration of metal were found in superficial layer, which differed statistically from the other strata. The use of black plastic tarp for protection of the silo during the use of corn silage contributes to the increase of temperature in the silo panel, not favoring the aerobic stability of corn silage. The Second Experiment assessed the effect of inoculant bacterial enzyme and the height of cut on the aerobic stability of silage maize. There were evaluated the following silages: cutting height of 20 cm without addition of inoculant, cutting height of 40 cm without the addition of inoculant, cutting height of 20 cm with inoculant and cutting height of 40 cm with the addition of inoculant. Each silo was divided into three vertical strata: stratum superior, median and basal panel of the silo. The inoculum and bacterial enzyme-cutting height of

corn showed no effect on the population of filamentous fungi and yeast from silage. The addition of inoculant to the maize plant with the cutting height of 20 cm resulted in silages with higher values of pH. Corn silage with cutting height of 40 cm with enzyme-bacterial inoculant, showed the lowest specific masses and higher temperatures. In the two experiments the relationship between the penetration resistance of the metal cone and the mass was specified as an alternative to estimate indirectly the silage density to replace the traditional methods. It was concluded that the penetrometer can be used as indirect method to determine the density of silage maize, since the correlation between density and estimated density values were high and positive.

Key words: silo panel, penetrometer, thermography

INTRODUÇÃO

1.1 Introdução Geral

O crescimento da pecuária brasileira exigindo alta demanda de nutrientes pelos animais, somado ao problema de estacionalidade de produção de forragem na maior parte do território brasileiro, faz com que o processo de conservação de forragem produzida na época das chuvas, na forma de feno ou silagem, seja de fundamental importância. Com a conservação de forragens é possível garantir uma oferta mais uniforme de forragens de boa qualidade durante o ano todo, mantendo os níveis de produtividade animal.

Nos processos de conservação de forragens ocorrem perdas de nutrientes de diversas magnitudes. Assim, a qualidade da silagem está diretamente relacionada ao material que lhe deu origem e às condições que o mesmo foi ensilado. Desta maneira esta relacionada com o teor de matéria seca, carboidratos solúveis e relação entre carboidratos e capacidade tampão. A preservação dos nutrientes na forragem ensilada decorre principalmente da fermentação por bactérias do ácido lático (BAL). De acordo com McDonald et al. (1991), para a obtenção de bons resultados decorrentes da atuação desses microrganismos são necessárias três condições: 1) presença de material fermentescível para crescimento bacteriano; 2) ausência de O_2 no material para favorecer o crescimento de BAL; e 3) baixa umidade para evitar as fermentações indesejáveis.

A presença de O_2 , pela entrada de ar durante o período de estocagem ou na abertura do silo, favorece o crescimento de microrganismos aeróbios ou anaeróbios facultativos. Esses microrganismos utilizam vários substratos oriundos diretamente da forragem ou indiretamente da fermentação. O resultado dessa atividade é a perda de nutrientes e conseqüentemente, a redução no valor nutritivo da silagem. A maior penetração de ar na

silagem ocorre quando a compactação da massa ensilada é insuficiente para uma adequada massa específica. A remoção de grande parte do ar na forragem ensilada pelo aumento da compactação pode proporcionar condições ideais para o crescimento de bactérias lácticas, que é o principal grupo de microrganismos atuante no processo fermentativo para conservação da massa ensilada.

É importante destacar que as perdas ocorridas durante a utilização da silagem são provocadas pela atividade microbiana, e que essa atividade é limitada normalmente por fatores químicos e físicos, como fornecimento de oxigênio e alterações da temperatura ambiente (Williams et al., 1994). Se o período de exposição ao ar for longo, podem ocorrer grandes alterações na composição química das silagens, o que influi prejudicialmente em seu valor nutritivo. Essas alterações ocorrem primeiramente devido às bactérias e leveduras e, subsequentemente aos fungos. Inicialmente os componentes solúveis das silagens, carboidratos solúveis, os ácidos orgânicos e os compostos nitrogenados solúveis, servem como substratos para o desenvolvimento desses microrganismos. As perdas desses nutrientes resultam em correspondente aumento nos conteúdos de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e cinzas, e perda de nutrientes digestíveis e energia. As alterações na composição das silagens, durante a fase de utilização, são acompanhadas pelo aumento do pH, temperatura e nitrogênio amoniacal (McDonald et al., 1991). Nos estágios finais da deterioração, os carboidratos estruturais também podem ser decompostos (Honig & Woolford, 1980).

O substrato utilizado para a respiração depende do tipo do microrganismo. Segundo Rotz e Muck (1994), as leveduras consomem somente compostos solúveis tais como açúcares e produtos da fermentação, enquanto os fungos filamentosos degradam uma ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina. A presença desses fungos é indesejável, não somente porque quebram o açúcar e o ácido láctico pela via normal da respiração, mas também hidrolisam e metabolizam a celulose e outros componentes da parede celular. Além disso, alguns bolores, principalmente as espécies dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, crescem em silagens onde há penetração de ar e produzem toxinas que são prejudiciais aos animais e ao homem (McDonald et al., 1991).

A baixa estabilidade aeróbia das silagens é um problema ao qual se deve dar maior importância, uma vez que representa perdas quantitativas e qualitativas de forragem e,

consequentemente, aumento nos custos de produção. Portanto, é necessário que os principais fatores responsáveis por esta deterioração sejam mais estudados e assim possam ser apontadas alternativas que contornem ou retardem este processo. Dentre esses fatores, a pressão de compactação é fator determinante na qualidade final da silagem, sendo assim o conhecimento da massa específica do material ensilado torna-se também imprescindível.

1.2 O Processo de Ensilagem

Gramíneas e outros vegetais com teor de água suficientemente alto e sujeitos a deterioração por microrganismos aeróbios, podem ser preservados com a ensilagem. Ensilagem é um método de preservação de forragens baseado em fermentações ácido lácticas espontâneas sobre condições anaeróbias, onde as bactérias lácticas fermentam os carboidratos solúveis, produzindo principalmente ácido láctico. Devido à produção deste ácido o pH do material ensilado decresce e microrganismos responsáveis pela deterioração da silagem são inibidos (Oude Elferink et al., 2000). Segundo Woolford (1990), estes microrganismos são inibidos pelo efeito dos ácidos produzidos durante a fermentação, pela pressão osmótica elevada e pela ausência de oxigênio.

A conservação de forragens como silagem envolve um complexo processo bioquímico e microbiológico, da colheita até sua utilização na alimentação animal. A forragem ensilada é conservada por meio de fermentações, podendo ser dividida segundo Oude Elferink et al. (2000), em quatro fases: a) fase aeróbia, b) fase de fermentação ativa, c) fase estável e d) fase de utilização. O contato com o oxigênio é complexo e se torna inevitável durante algumas destas fases.

1.3 Tecnologia da Ensilagem

São vários os fatores que causam variações na qualidade da silagem de milho, como a escolha do híbrido, estágio de maturação na colheita, além de fatores ambientais como tipo de solo, clima entre outros. Durante a confecção da silagem aspectos ligados ao tamanho das partículas e altura de colheita das plantas ensiladas afetam o grau de compactação e consequentemente a condição de anaerobiose obtida, que é essencial no processo de conservação (Neumann, 2007).

1.3.1 Massa Específica

De acordo com Jobim et al. (2007), o termo densidade, embora internacionalmente adotado, é indevidamente usado para definir a massa específica ($\text{kg de MV ou MS/m}^3$) de

uma silagem armazenada. A densidade de um corpo é a relação entre as massas específicas do corpo e de um líquido padrão (água), nas mesmas condições, e é adimensional (não possui unidade). A massa específica é a razão entre a massa de uma quantidade da substância e o volume por ela ocupado. Embora a questão possa parecer semântica, os valores para cada variável são diferentes. Na prática os dois termos são usados como sinônimos.

Várias metodologias vêm sendo testadas para avaliação da massa específica (ME) de silagens, em sua maioria constituída por pesagem da massa de forragem retirada de um volume conhecido do silo, sendo os valores expressos em kg de MS ou MV/m³. A aplicação de métodos indiretos na avaliação da ME tem sido estudada, visando facilitar operacionalmente a tomada desses dados em condições de campo. Um dos métodos que vem sendo testado é o sistema de georadar, utilizado também para estimar a ME de solos, com base em um radar de penetração que propaga ondas eletromagnéticas de alta frequência e tem a vantagem de precisar de contato direto com a massa ensilada. Porém, são métodos ainda em estudo e de difícil acesso.

Diante disso, deve-se buscar alternativas eficientes e de baixo custo que possibilitem a determinação da ME em silagens de forma fácil e com baixo custo. Nesse contexto, o grupo de estudos em forragens conservadas da Universidade Estadual de Maringá vem desenvolvendo pesquisas com uso do penetrômetro para essa finalidade. O penetrômetro é um equipamento de mais fácil acesso, utilizado normalmente para se determinar a resistência que o solo oferece a penetração. Os mais comuns consistem de um anel dinamométrico, uma haste com 1 m de comprimento e um cone de diâmetros variáveis, menores que o diâmetro da haste. Este aparelho vem sendo estudado como um método indireto para se indicar a massa específica da silagem.

1.3.2 Estádio de maturidade para colheita e altura de corte

A época de colheita da forrageira para produção de silagem deve obedecer a parâmetros de produtividade e qualidade. A qualidade da silagem está diretamente relacionada com a composição química da forragem no momento da ensilagem. Sendo assim, para cada espécie forrageira, o momento do corte se dá em função do teor de açúcares solúveis, da umidade e da digestibilidade da matéria orgânica. No caso específico de silagem de milho, o momento de corte ideal é quando a planta alcançar teor de matéria

seca (MS) entre 30% a 35%, e no mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria original (Nussio, 2001). Estes teores de MS são obtidos nas plantas de milho no momento em que a consistência dos grãos estiver variando entre o estágio pastoso e o farináceo duro, o que corresponde à visualização da linha de leite entre 1/3 e 2/3 (Nussio e Manzano, 1999).

A altura de corte da planta de milho para confecção de silagem é outro ponto importante a ser considerado. A silagem da parte superior das plantas de milho é indicada como uma nova opção, sendo obtida mantendo a ensiladeira o mais próximo possível da espiga com o objetivo de recolher somente a parte superior da planta de milho, constituindo-se numa silagem com alta participação de grãos na MS, possuindo menor conteúdo de fibra e maior conteúdo energético (Vasconcelos et al., 2005).

Caetano (2001) avaliando cultivares de planta de milho para ensilagem, sob duas alturas de corte diferentes, concluiu que a elevação da altura de corte melhorou a qualidade da forragem, em decorrência da redução da participação das frações colmo e folhas, havendo como consequência a redução dos componentes da parede celular e aumento nas proporções de grãos, o que determinou o aumento nos valores de digestibilidade da MS e dos nutrientes digestíveis totais (NDT).

1.3.3 Tamanho Médio de Partículas

O tamanho em que a forragem é picada esta entre os fatores que definem a qualidade final da silagem. Menores tamanhos de partícula podem favorecer a fermentação, por facilitar a compactação, promover maior superfície de contato entre substrato e microrganismos e disponibilizar mais conteúdo celular (Aguiar et al., 2000). Segundo McDonald et al. (1991), tamanho de partículas inferior a 20 mm pode atuar positivamente sobre a disponibilidade de carboidratos solúveis, favorecendo assim o crescimento de bactérias lácticas. Dessa maneira, o abaixamento do pH é mais rápido, com melhor conservação do valor nutritivo da forragem.

O tamanho da partícula também atua no consumo de matéria seca e na passagem da digesta pelo trato digestório (Kononoff et al., 2003). Partículas com tamanhos entre 6 e 18 mm permitem uma melhor relação entre fermentação da silagem e ótimo funcionamento do rúmen (Mahanna & Chase, 2003). Segundo Baumont et al. (1997) o tamanho das partículas picadas está entre os principais fatores com importância sobre a ingestão de silagens,

juntamente com a qualidade de conservação e o teor de matéria seca. Para um teor de MS de até 35% a 40% a ingestão de silagem aumenta quando a forragem é picada finamente. Destaca-se que, para silagens de boa qualidade, o aumento no consumo permite reduzir o uso de alimentos concentrados. Isso resulta em menor custo de produção do leite ou da carne, com maior margem de ganho líquido.

O tamanho médio de partícula pode ser um fator restritivo ao aumento da massa específica da silagem. A maior massa específica da silagem facilita a eliminação do oxigênio, prevenindo aquecimento excessivo e o crescimento de microrganismos aeróbios. Neumann et al. (2007) estudando o efeito do tamanho de partículas da planta de milho sobre perdas e valor nutritivo da silagem, verificou que partículas de tamanho pequeno determinaram maior eficiência de compactação da massa ensilada, diminuindo gradientes de temperatura e pH na fase de utilização em relação às silagens produzidas a partir de partículas grandes. É importante também aqui ressaltar, que além do tamanho de partícula, outros fatores exercem influência sobre a massa específica da silagem, tais como a massa e o tempo de compactação, taxa de enchimento do silo e o teor de matéria seca da forragem (Ruppel et al. 1995).

1.3.4 Compactação e Vedação da silagem

A quantidade de ar que penetra na silagem durante o período de fermentação exerce influência na composição final do produto e na perda de nutrientes. Silos mal compactados e/ou mal vedados apresentaram perdas de MS e aumento da temperatura da silagem durante as fases de fermentação e de utilização. Estudos feitos por McDonald et al (1991) em silos experimentais com diferentes compactações revelaram que houve diferença nos teores de nitrogênio amoniacal e de lignina, na digestibilidade da MS, na produção de ácidos orgânicos e nos valores de pH, obtendo uma melhor fermentação da silagem com maior compactação. A massa específica (ME) é determinante na qualidade final da silagem e combinada com o teor de MS da forragem determinam a porosidade da massa ensilada, a qual condiciona a taxa de movimentação do ar e, conseqüentemente, o potencial de deterioração durante o período de estocagem e de utilização (Holmes & Muck, 1999).

Existe uma relação inversa da porosidade com a massa específica e o teor de matéria seca contido na silagem. Pitt & Muck (1993) determinando perdas de matéria seca durante o período de alimentação, chegaram à conclusão de que as perdas são reduzidas com o

aumento da massa específica. Em estudos posteriores estes mesmos autores afirmaram que perdas de matéria seca são proporcionais a porosidade da silagem (Muck & Pitt, 1994). Também Ruppel et al. (1995) observaram que perdas durante a estocagem são inversamente proporcionais aos valores de ME.

Devido à dificuldade de compactação durante o abastecimento, as zonas mais porosas estão localizadas nas camadas superficiais e laterais do silo. Quanto maior a porosidade da massa, mais facilmente o ar poderá penetrar no seu interior. Assim, a redução da porosidade é de fundamental importância para conter a deterioração aeróbia (Bernardes, 2006). Por isso, a compactação é necessária para o estabelecimento de condições de anaerobiose no interior do silo, estabelecendo relação inversa com a quantidade de O₂ no silo.

1.4 Estabilidade Aeróbia da silagem

Estabilidade aeróbia é um termo usado para definir a resistência que a massa ensilada oferece à deterioração após ser exposta ao ar (Kung Jr., 2008). A fase de deterioração aeróbia se inicia no momento em que o silo é aberto para o fornecimento da silagem aos animais ou quando o oxigênio penetra no silo por difusão ou por danos físicos no próprio silo. A presença de O₂, pela entrada de ar durante o período de estocagem ou na abertura do silo, favorece o crescimento de microrganismos aeróbios. Esses microrganismos utilizam vários substratos derivados diretamente da forragem ou indiretamente da fermentação. A deterioração aeróbia das silagens, ocasionada por fungos filamentosos e leveduras, é indesejável em razão da grande perda de nutrientes, associada ao baixo consumo voluntário do material e até mesmo a rejeição completa da silagem pelos animais (McDonald et al., 1991).

A estabilidade das silagens varia em função de diversos fatores. A temperatura ambiente, a concentração de carboidratos solúveis, a população de fungos e a concentração de ácidos orgânicos em interação com o pH são os fatores que mais afetam a estabilidade das silagens. O aumento do pH após a exposição da silagem ao ar, queda no teor de carboidratos solúveis e baixa concentração de ácido láctico são importantes indicadores da deterioração da massa ensilada. (Pitt et al., 1991 e Phillip e Fellner 1992). Em temperaturas inferiores a 10°C e superior a 40°C, a silagem poderá apresentar maior estabilidade pela

inibição no crescimento de fungos. Contudo, as temperaturas intermediárias favorecem o desenvolvimento desses microrganismos.

Segundo Jobim e Gonçalves (2003), a fermentação aeróbia mostra-se mais intensa em silagens bem preservadas e de melhor qualidade, devido aos maiores teores de carboidratos solúveis residuais e de ácido láctico. Os principais substratos utilizados pelos microrganismos são os açúcares solúveis, os ácidos orgânicos e o etanol, com consequente aumento do pH, redução na digestibilidade e no conteúdo de energia. O processo de deterioração pode ser dividido em dois estágios. O início da deterioração se caracteriza pela utilização dos ácidos orgânicos por leveduras e eventualmente por bactérias produtoras de ácido acético, causando o aumento do pH e dando início ao segundo estágio de deterioração, que é caracterizado pelo aumento da temperatura e atividade de microrganismos que deterioram a silagem, como bacilos, fungos filamentosos e enterobactérias. Perdas significativas de matéria seca podem ocorrer nesta fase (Oude Elferink et al. 2000).

Muck e Kung Jr. (1997) estudando a estabilidade aeróbia das silagens aditivadas com inoculantes bacterianos, destacaram que a estabilidade é afetada pelo pH e pelo ácido predominante produzido durante a fermentação da silagem. O pH mais baixo produzido com o uso de inoculante deveria aumentar a estabilidade da silagem. No entanto, a maior concentração de ácido láctico, predominante em silagens decorrentes de fermentação desejável, parece ser menos inibitória que o ácido acético às leveduras e fungos filamentosos, causadores do aquecimento e perdas.

De acordo com Rust et al. (1989), o aumento das concentrações de ácido láctico, resultado do aumento da fermentação do tipo homofermentativa, poderia resultar em silagens menos estáveis à deterioração aeróbia. As leveduras assimiladoras de ácidos orgânicos consomem ácido láctico, elevando o pH da silagem e aumentando os riscos no desenvolvimento de bactérias oportunistas e de fungos. Ranjit & Kung Jr (2000) estudando a deterioração aeróbia em silagem de milho observaram perdas de 5,3% da MS existente no dia da abertura do silo, até o terceiro dia de exposição ao ar. No mesmo período, o pH aumentou de 3,66 para 5,3 e os teores de ácido láctico e acético foram reduzidos de 7,72 para 1,35% e de 1,82 para 0,08% na MS, respectivamente. Sendo assim, as perdas que ocorrem no período de desabastecimento serão influenciadas pela disponibilidade de

nutrientes, temperatura ambiente (Ashbell et al., 2002) e pelo tempo de exposição da silagem ao O₂ (Weinberg & Ashbell, 2003).

1.4.1 Fermentação por Leveduras

As leveduras são microrganismos eucarióticos, anaeróbicos facultativos e heterotróficos (McDonald et al. 1991), que apresentam crescimento unicelular. Como as leveduras podem crescer em condições anaeróbicas, podem manter altas populações nessas condições pela fermentação alcoólica dos açúcares ($1 \text{ glicose} \rightarrow 2 \text{ etanol} + 2 \text{ CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) (Jobim & Gonçalves, 2003). Sob condições anaeróbicas, as leveduras fermentam açúcar a etanol e CO₂, reduzindo assim a quantidade de substrato que seria utilizado pelas bactérias ácido lácticas. Em condições de aerobiose, muitas espécies de leveduras degradam ácido láctico a CO₂ e H₂O, causando um aumento do pH da silagem e promovendo condições para que outros microrganismos deterioradores se desenvolvam (McDonald et al. 1991).

As leveduras envolvidas com a deterioração aeróbia podem ser classificadas em dois grupos: as espécies que utilizam ácidos orgânicos (*Cândida*, *Endomycopsis*, *Hansenula* e *Pichia*) e as utilizadoras de açúcares que são principalmente as espécies que pertencem ao gênero *Torulopsis* (Jonsson & Pahlow, 1984). Os fatores que afetam a sobrevivência de leveduras, durante a permanência no silo, são o grau de anaerobiose e a concentração de ácidos orgânicos. Presença de O₂, baixo pH inicial da cultura e culturas com alto teor de açúcares são fatores favoráveis à sobrevivência, ao crescimento e à atividade desses microrganismos (Pereira et al., 2002). Segundo Oude Elferink et al. (2000), as populações de leveduras na silagem podem chegar a valores de 10⁸ ufg /g durante as primeiras semanas de ensilagem, ocorrendo um decréscimo gradual durante as etapas subsequentes de armazenagem. Porém, esse decréscimo não ocorre em todas as silagens. Em silagens de cana-de-açúcar existe a necessidade de utilização de aditivos para inibir a atividade das leveduras.

1.4.2 Fungos filamentosos

São microrganismos eucarióticos e aeróbios, sendo que algumas espécies podem tolerar uma atmosfera contendo 10% de CO₂ (Woolford, 1984). Durante o desabastecimento do silo, o seu desenvolvimento acontece em sucessão ao crescimento das leveduras (McDonald et al., 1991).

Os fungos filamentosos não são significantes em relação à fermentação da silagem, mas contribuem para as perdas na superfície do silo durante o descarregamento e em casos de vedação e compactação inadequadas. Na presença de O₂ os fungos metabolizam os açúcares residuais ou ácidos orgânicos formados (açúcares ou ácidos orgânicos + O₂ → CO₂ + H₂O + calor). Os fungos também podem degradar proteínas com a formação de NH₃, que tem ação tamponante, neutralizando os ácidos formados e impedindo assim o abaixamento do pH (Jobim e Gonçalves, 2003), além de também serem capazes de degradar proteínas, hidrolisar e metabolizar a celulose e outros componentes da parede celular. Alguns crescem em silagens onde há penetração de ar produzindo toxinas, que podem ser prejudiciais ao homem e aos animais (Golieb, 1997).

Alguns gêneros tem sido isolados de silagens, incluindo os gêneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssoschlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* and *Trichoderma* (Oude Elferink et al., 2000). Porém, os deuteromicetos representados pelos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* são considerados os mais importantes produtores de micotoxinas em alimentos para os humanos e para os animais (Oldenburg, 1991; Seglar, 1997).

1.5 Uso de inoculantes contendo enzimas e bactérias do ácido lático no processo de ensilagem

Os inoculantes microbianos são classificados como estimulantes da fermentação, os quais agem pela adição de culturas bacterianas, constituindo os grupos de aditivos mais utilizados em todo mundo (McDonald et al. 1991). Os inoculantes bacterianos promovem uma fermentação rápida e eficiente do material ensilado, com consequente abaixamento do pH. Além disso, são mais vantajosos que os aditivos químicos por serem mais seguros e fáceis de usar, não são corrosivos ao maquinário, não poluem o ambiente e são considerados produtos naturais (Weinberg e Muck, 1996).

Silagens inoculadas com cepas de bactérias do ácido lático (BAL) homofermentativas, para as quais o ácido lático representa mais de 85% dos produtos finais do metabolismo, apresentam rápida queda do pH e menor pH final e são consequentemente melhor preservadas. Contudo, a maioria destes inoculantes possui pequeno efeito sobre a inibição no desenvolvimento de leveduras, devido ao fato destes maximizarem a produção de ácido lático e terem baixo acúmulo de ácidos voláteis com propriedades antifúngicas

(Kung Jr., 2008). O uso de enzimas que degradam a parede celular como aditivo na silagem têm sido considerado sob dois pontos de vista: primeiro, como um meio de aumentar a disponibilidade de carboidratos solúveis como substrato para as BAL; segundo, como um método de aumentar a digestibilidade da matéria orgânica (MO) da forragem (Henderson, 1993). Segundo Van Soest (1994), a fração fibra em detergente neutro (FDN) da forragem nem sempre é reduzida e o aumento na disponibilidade de carboidratos solúveis (CS) pode promover a fermentação láctica. No entanto, o acúmulo de CS, que podem ser oligossacarídeos pobremente utilizados pelas BAL irão favorecer a fermentação ruminal. Somando-se a isto, as bactérias que degradam a parede celular aumentam a taxa inicial de fermentação (reduz o lag-time), mas não a extensão da fermentação.

Silva et al. (2002) avaliando o padrão fermentativo de silagens de milho e de sorgo, em silos experimentais, tratadas com inoculantes comerciais SILOBAC[®] contendo *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sp.*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus sp.* e *Pediococcus sp.* e MAIZE-ALL[®] contendo *E. faecium*, *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, e enzimas amilolíticas, celulolíticas e proteolíticas, concluíram que as silagens resultantes eram de boa qualidade, por apresentarem baixos valores de pH, de nitrogênio amoniacal/N total e de ácido butírico e altos teores de ácido láctico. Muck e Kung Jr. (1997) relataram em uma revisão, os resultados de estudos realizados com o uso de inoculantes contendo bactérias lácticas entre os anos de 1990 a 1995, onde os inoculantes se mostraram relativamente eficientes em melhorar a fermentação da silagem. No entanto, a menor percentagem dos estudos indicou melhoria da estabilidade aeróbia das silagens inoculadas. Rodrigues et al. (2002) avaliando o efeito dos inoculantes Sil-All produto à base de *Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* e *Lactobacillus plantarum*, bem como, amilase, hemicelulase e celulase, SiloBac produto à base de *L. plantarum*, *S. faecium* e *Lactobacillus sp.* e Pioneer 1174 produto à base de *S. faecium* e *L. plantarum* sobre a silagem de sorgo, não obtiveram nenhuma melhora na composição química, perfil de fermentação ou estabilidade aeróbia dessa silagem.

LITERATURA CITADA

- AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.A. et al. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de capim-tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000, p.32.
- ASHBELL, G.; LISKER, N. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 28, p. 261-263, 2002.
- BAUMONT, R.; DULPHY, J.P.; DEMARQUILLY, C. Maximiser l'ingestion de forrages conservés. In: Recontres Recherches Ruminants, Paris, 1997. **Anais...** Paris, p. 57 - 64.
- BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia de silagens**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.103p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; COLOMBARI, G. Influenza Del deterioramento aeróbico degli insilati sulla qualità dei prodotti caseari. **L' Informatore Agrário**, v. 11, p. 58-61, 2002.
- CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2001.178p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2001.
- GOLIEB, A. Causes of mycotoxins in silagens. In : SILAGE : FIELD TO FEEDBUNK , NORTH AMERICAN CONFERENCE, 1997, Hershey, PA. **Proceedings...** Hershey, PA: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1997. p. 213-221.
- HENDERSON, N. Silage additives. **Animal. Feed Science .and Technology.**, Amsterdam, v.45, n.1 , p.35-56, 1993.
- HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Factors affecting bunker silos densities. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.
- HONIG, H.; WOOLFORD, M.K. Changes in silage exposure to air. In: FORAGE CONSERVATION IN THE 80's, 1979, Brighton. **Proceeding...** Oxford: British Grassland Society, 1980. p.76-87.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.
- JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1., 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 2003. p.1-26.

- JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. **Animal Research and Development**, v. 20, p. 7-22, 1984.
- KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.10, p. 3343-3353, 2003.
- KUNG Jr, L. Aerobic Stability of silages. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, MG, 2008. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 233-248.
- MAHANNA, B.; CHASE, L.E. Practical Applications and Solutions to silage Problems. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) **Silage Science and Technology**. Maddison: ASA, CSSA, SSSA, 2003. p.855-897.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON; S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
- MUCK, R.E.; R.E. PITT. Aerobic Deterioration in Corn Silage Relative to the Silo Face. **Transactions of the ASAE**, v.37, p.735-743, 1994.
- MUCK, R. E.; KUNG JUNIOR, L. Effects of silage additives on ensiling. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK, Herchey, 1997. **Proceedings...** Herchey: NRAES, 1997. p. 187-199.
- NEUMANN, M.; MUHLBACH, P.R.F.; NORBER, J.L. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1603-1613, 2007.
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho. IN: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: Alimentação suplementar, 7. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.27-46.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importancia da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. IN: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.127-145.
- OLDENBURG, E. Mycotoxins in conserved forage. In: PAHLOW, G; HONIG, H. (Eds) **Forage conservation to wards** 2000. 1.ed. Braunschweig: European Grassland Federayion, 1991. p. 191-205.
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C. Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, Rome,1999. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders. **Proceedings...** Rome: FAO, 2000. p. 17-30.
- PEREIRA, O.G.; ROCHA, K.D.; SILVA, A.V. Inoculantes bacterianos e enzimáticos para silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p.273-406.
- PHILLIP, L.E; FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. **Journal Animal Science**, v.70, p.3178-3187, 1992.
- PITT, R.E.; MUCK, R.E.; PICKERING, N.B. A model of aerobic fungal growth in silage.2. Aerobic Stability. **Grass and Forage Science**, v.46, p.301-312, 1991.
- PITT, R.E. AND R. E. MUCK. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.55, p.11-26, 1993.

- RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; STEFANO, J.T. ET AL. Efeito da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p. 2373-2379, 2002.
- ROTZ, C.A., MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FORAGE, QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p.828-868.
- RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E. et al. Burker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 141-145, 1995.
- RUST, S.R.; KIM, H.S.; ENDERS, G.L. Effects of microbial inoculant on fermentation characteristics and nutritive value of corn silage. **Journal of Production Agriculture**, v.2, n.1, p.235-241, 1989.
- SILVA, A.V.; PEREIRA, O.G.; FERREIRA, C.L.L.F. et al. Populações microbianas e produtos da fermentação em silagens de milho e sorgo com inoculantes microbianos. In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia [2002a] (CD-ROM).
- SEGLAR, B. Case studies that implicate silage mycotoxins as the cause of dairy herd problems. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNG, Ithaca, 1997. **Proceedings...**Ithaca: NRAES, 1997. p. 242-254.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca : Cornell University, 1994. 476p.
- VASCONCELOS, R.C.; PINHO, R.G.V.; REZENDE, A.V. et al. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n.6, p. 1139-1145, 2005.
- 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.53-68, 1996.
- WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G. Engineering aspects of ensiling. **Biochemical Engineering Journal**, v. 13, p. 181-188, 2003.
- WILLIAMS, A.G.; LOWE, J. F.; REES, D.V. The effect of oxygen concentration on changes in microbial population, temperature and dry-matter content grass silage. **Grass and Forage Science**, v.49, p.183-191, 1994.
- WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage- A review. **Journal of Applied Bacteriology**, v.68, p.101-116, 1990.
- WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcell Dekker, 1984. 350p.

OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a estabilidade aeróbia de silagens de milho produzidas em diferentes condições e o uso ou não de lona preta para proteção do painel silo durante a fase de utilização da silagem. Buscou-se também desenvolver um método alternativo para estimar a massa específica da silagem com utilização do penetrômetro.

Capítulo 1

INFLUÊNCIA DA PROTEÇÃO DO PAINEL DO SILO DURANTE O PERÍODO DE UTILIZAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DE SILAGEM DE MILHO

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do emprego de lona plástica para proteção do painel do silo durante o período de utilização da silagem e os possíveis efeitos nas suas características. O estudo foi realizado em silo tipo trincheira, com silagem produzida a partir de um híbrido de milho DKB 789. Durante o período de utilização da silagem metade do painel foi coberto com lona e a outra metade foi mantida descoberta. Cada uma das partes do painel foi dividida em três estratos: estrato superior, mediano e basal do painel do silo. O teor de MS na metade do painel protegida com lona preta foi superior a metade sem proteção, com médias de 30,92 e 32,26% de matéria seca (MS) respectivamente. Os valores de matéria orgânica (MO) e de carboidratos não estruturais (CNE) observados no estrato superior foram inferiores aos valores encontrados nos estratos mediano e basal nas duas partes do painel. As populações de fungos filamentosos e de leveduras foram semelhantes entre a parte do painel coberta e descoberta do silo e os estratos estudados. A menor massa específica e a menor resistência a penetração do cone metálico foi para o estrato superior, que diferiu estatisticamente dos demais estratos. O uso de lona plástica preta para proteção do painel do silo durante o período de utilização da silagem de milho contribuiu para o aumento da temperatura no painel, não favorecendo a estabilidade aeróbia da silagem. Visto que houve alta correlação positiva entre a resistência à penetração do cone metálico e kg de silagem/m³ o penetrômetro pode ser utilizado como método indireto na avaliação da massa específica de silagem de milho.

Palavras-chave: estratos, estabilidade aeróbia, massa específica, penetrômetro, termografia

INFLUENCE OF THE SILO PROTECTION PANEL DURING THE FEED PERIOD IN CHARACTERISTICS OF CORN SILAGE

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the use of plastic tarp to protect the panel silo during the use of silage and the possible effects on their characteristics. The study was conducted in trench silo with corn silage produced from the hybrid corn DKB 789. During the use of silage half of the panel was covered with canvas thus establishing The Treatment 1 and the other half was kept discovering, defining the Treatment 2. Each of the panel was divided into three layers: upper layer, middle and basal panel of the silo. The DM content in the middle of the panel that was protected with black canvas was higher than the half that was unprotected, with averages of 30.92 and 32.26% respectively. The values of organic matter (OM) and non-structural carbohydrates (NSC) were observed in the upper stratum were lower than the values found in the basal and middle strata in the two parts of the panel. The populations of filamentous fungi and yeasts were similar between the panel covered and uncovered and the strata studied. The lower density and lower resistance to penetration of the metal cone was for the superior stratum, which differed statistically from the other strata. The use of black plastic tarp for protection of the silo during the use of corn silage contributes to increase the temperature in the panel, not favoring the aerobic stability of silage. Since there was a high positive correlation between the penetration resistance of the metal cone and kg of silagem/m³ the penetrometer can be used as indirect method in assessing the density of corn silage.

Keywords: aerobic stability, penetrometer, specific mass, stratum, thermography

INTRODUÇÃO

Ensilagens de culturas forrageiras com alto teor de matéria seca, compactação inadequada e baixas taxas de fermentação favorecem o desenvolvimento de leveduras e de fungos filamentosos no silo. Muito se tem feito com a intenção de melhorar o processo fermentativo das forragens, no entanto, forragens bem conservadas têm apresentado problemas de estabilidade aeróbia em consequência da entrada de ar no silo durante a fase de utilização.

Silos horizontais são economicamente atrativos para o armazenamento de forragens sob a forma de silagem, porém suas conformações permitem grande superfície de exposição e de trocas gasosas com o ambiente, o que torna as silagens mais vulneráveis as perdas (Bolsen et al.1993). A exposição ao oxigênio proporciona o crescimento de microrganismos aeróbios e aeróbios facultativos que sobreviveram inativos na ausência do oxigênio. Essa fase está associada com as perdas de nutrientes e é definida como deterioração aeróbia, na qual, tipicamente, picos de temperatura são observados em função da atividade de leveduras e fungos filamentosos (Nishino et al., 2003). A deterioração aeróbia das silagens, além da redução do valor nutritivo, pode aumentar o risco de proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos (Driehuis et al., 2001). Diante deste fato, nos últimos anos têm ocorrido um crescente interesse em melhorar a estabilidade aeróbica das silagens.

É comum nas propriedades o uso de lona plástica para proteção do painel do silo, dos danos provocados pela chuva e pela luz solar durante o manejo diário da silagem. No entanto, a adoção de técnicas como esta, ao invés de prolongarem a estabilidade aeróbia da silagem podem estar favorecendo e acelerando o processo de deterioração. Em geral, a luz solar direta, devido à radiação ultravioleta, é elemento fungicida. A lona preta inibe a incidência da luz diretamente sobre a silagem, além de propiciar um ambiente mais úmido e com temperaturas mais elevadas, o que pode favorecer o crescimento de mofos, podendo assim resultar em maior deterioração da silagem.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da proteção ou não do painel do silo com lona plástica sobre algumas características da silagem de milho durante o período de utilização. Buscou-se também testar o uso do penetrômetro como método indireto para se estimar a massa específica de silagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá – UEM. O estudo foi realizado em silo tipo trincheira, com dimensões de 7,0 m de base por 2,4 m de altura e 20 m de comprimento equivalendo a uma superfície de 16,8 m². Para confecção da silagem utilizou-se o híbrido DKB 789, com plantio em outubro de 2006 e colheita em fevereiro de 2007. A colheita do milho foi feita com a ensiladeira JF 90Z10, regulada para corte de 5 a 6 mm de tamanho de partícula. Em agosto de 2007 o silo foi aberto e manejado diariamente para alimentação do rebanho leiteiro.

Para aplicação dos tratamentos o painel do silo foi dividido em duas partes iguais (8,4 m²). Diariamente era retirada uma camada de aproximadamente 20 cm de silagem para alimentação dos animais. Após esta utilização diária, metade do painel era coberto com lona e a outra metade era mantida descoberta. Cada parte do painel do silo foi dividido em três estratos verticais, sendo: (estrato superior = profundidade de 0 a 80 cm, mediano = profundidade de 80 a 160 cm e basal = profundidade de 160 a 240 cm). O período determinado para as avaliações foi de três dias por semana, durante seis semanas (6 de agosto a 14 de setembro de 2007), definidas como repetições no tempo.

Com o objetivo de identificar as regiões do painel do silo com maior atividade microbiológica e conseqüente maior deterioração da silagem, foram coletados dados de temperatura da silagem, em 36 pontos de cada uma das partes do painel (Figura 1). O monitoramento da temperatura no painel do silo foi feito com uso de termômetro digital (Gulterm 1001) a uma profundidade de 10 cm, no momento da retirada das amostras, em três dias da semana, durante cinco semanas. Os dados obtidos foram alocados em planilha do programa Excel e posteriormente produzidas imagens com escala calorimétricas utilizando o software Surfer, segundo a metodologia utilizada por Bernardes (2006).

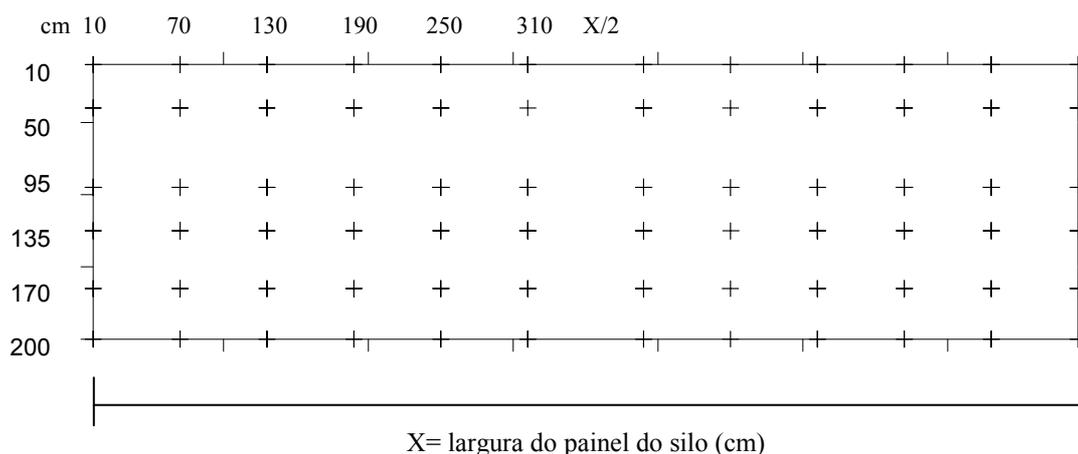


Figura 1. Metodologia utilizada na leitura das temperaturas do painel do silo.

Na Figura 2, estão apresentadas as médias da temperatura ambiente durante as cinco semanas do período de avaliação.

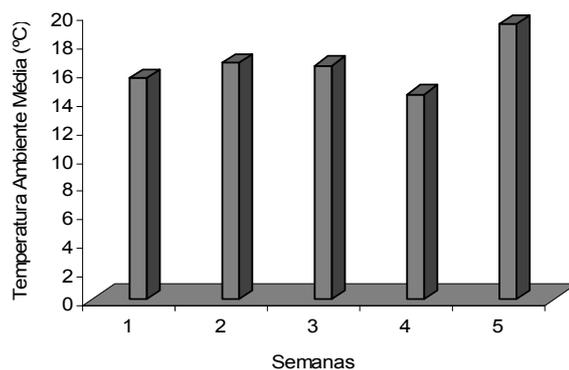


Figura 2. Temperatura ambiente média durante o período de avaliação no painel do silo.

Nos dias referentes às avaliações de temperatura eram tomadas amostras dos estratos superior, mediano e basal do painel com proteção e do painel sem proteção da lona preta, as quais eram divididas em duas subamostras. A primeira subamostra foi encaminhada ao Laboratório de Nutrição Animal de DZO-UEM. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72h, moídas em moinho tipo faca, com peneira de malha 1mm e armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e enviadas ao laboratório para determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e extrato etéreo (EE) conforme os métodos descritos por Silva e Queiroz (2002). O teor de carboidratos

não fibrosos (CNF) foi determinado segundo Sniffen et al. (1992) pela equação: $CNF = MO - (PB + EE + FDN_{cp})$, onde FDN_{cp} é a FDN corrigida para cinzas e proteína.

A segunda subamostra retirada foi utilizada para determinação do pH. Para determinação dos valores de pH foram diluídas vinte e cinco gramas de silagem fresca de cada amostra em 250 mL de água destilada e posterior leitura do pH com uso de potenciômetro, segundo Cherney & Cherney (2003). Uma vez por semana uma terceira porção era retirada para determinação da população de fungos filamentosos e de leveduras. Desta terceira porção coletada de cada estrato foi retirada uma subamostra de 100 g, a qual foi misturada com 900 mL de solução salina a 0,85% e agitada, de acordo com a metodologia descrita por Jobim et al. (2007). Em seguida foram levadas ao Laboratório de Microbiologia-Departamento de Farmácia da UEM. A partir do extrato obtido foram preparadas diluições decimais de 10^{-1} a 10^{-6} . As contagens totais de fungos filamentosos e leveduras foram realizadas tomando-se 0,1 mL de cada diluição em duplicata, espalhando com alça de Drigalsky no meio Sabouraud Dextrose composto de peptona bacteriológica (5 g/L), hidrolizado enzimático de caseína (5 g/L), dextrose (40 g/L) e ágar (15 g/L), acrescido de cloranfenicol (0,1%). As placas foram incubadas a 28 °C e a contagem total foi realizada após 24-168 horas de incubação. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônia (ufc).

O tamanho médio de partículas (TMP) e a massa específica (ME) foram determinados para os três estratos do painel do silo (superior, mediano e basal). Para determinar o TMP foram coletadas amostras no painel do silo, com três repetições para cada uma das partes do painel, e utilizada à metodologia proposta pela Pen State University e adaptada por Mari & Nussio (2002).

Para avaliação da ME foram realizadas vários procedimentos durante duas semanas consecutivas. A ME foi determinada por duas metodologias, primeiro segundo descrito por Holmes & Muck (1999) e Schmidt (2006), onde um cilindro metálico com 5,6 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, com borda cortante serrilhado, foi introduzido na massa ensilada por meio de rotação. A profundidade utilizada para o cálculo do volume de amostra retirada foi medida com uma régua no orifício deixado no painel do silo após a retirada do cilindro. A ME da silagem obtida com uso do cilindro foi determinada para o material verde e para o material seco (55°C/72 horas). Uma segunda metodologia foi proposta para avaliação da ME por meio de método indireto com uso de um penetrômetro, utilizado para se estimar a resistência do solo à

penetração em estudos de compactação do solo. Com uso do aparelho mediu-se a resistência oferecida pela massa da silagem à penetração de um cone metálico, em pelo menos 12 pontos em cada estrato do silo e em cada metade do painel. Para isto, o cone metálico foi empurrado para dentro da massa ensilada, em posição horizontal ao painel do silo, com uma constante de velocidade de aproximadamente 2 cm/s até a haste, tendo penetrado 0,9 m na silagem. Foi obtida a leitura da máxima resistência em kgf e posteriormente corrigida para superfície do cone obtendo o valor em MPa. Em seguida os valores de resistência ao penetrômetro foram correlacionados com os valores de ME obtidos com o uso do cilindro metálico por meio de regressão e estimada a ME da silagem.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições no tempo, em esquema fatorial 2 (metade coberta e metade descoberta do painel) x 3 (estratos) com seis repetições no tempo, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + TE_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: μ = média geral; T_i = efeito das metades do painel ($i = 1$ a 2), E_j = efeito dos estratos (1 a 3); TE_{ij} = interação metades do painel e estrato, e_{ijk} = erro associado à observação Y_{ijk} .

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade. A relação entre a massa específica e a resistência à penetração ao cone metálico foi feita por regressão. Utilizou-se o pacote estatístico SAEG (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado (Figura 2) a temperatura ambiente não apresentou grandes variações durante o período de avaliação, permanecendo estável na faixa entre 15-20°C. Permitindo assim condições uniformes de temperatura para o desenvolvimento dos microrganismos durante todo o período de estudo.

A termografia do painel do silo não apresentou grandes alterações no decorrer das cinco semanas avaliadas (Figura 3). A área do painel protegida pela lona plástica durante a fase de utilização, apresentou uma região com temperaturas elevadas, onde em alguns pontos na quinta semana, a temperatura chegou a 43°C, principalmente na camada superior. A elevação de temperatura na silagem é um importante indicador de deterioração aeróbia e da atividade de oxidação por parte das leveduras e fungos filamentosos (McDonald, 1991).

As temperaturas mais elevadas na metade do painel protegida com lona plástica e no estrato superior podem ser atribuídas à atividade de microrganismos indesejáveis. Essa maior atividade microbiana resultou em aumento de temperatura e menores teores de matéria seca (MS), de matéria orgânica (MO) e de carboidratos não estruturais (CNE). Bernardes (2006) também encontrou temperaturas mais elevadas para a zona mais periférica do silo ao avaliar as características da silagem de milho em duas regiões do silo tipo trincheira.

Observou-se diferença ($p < 0,05$) entre as metades do painel do silo, para os teores de MS da silagem e não houve efeito dos estratos sobre esta variável. Já as contagens de fungos filamentosos e de leveduras não mostraram efeito da proteção do painel do silo e dos estratos estudados (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), populações de fungos filamentosos e de leveduras e valores de pH no painel do silo com e sem proteção e nos três estratos superior (S), mediano (M) e basal (B)¹

Variáveis	Tratamentos		Estratos			T	EI		CV (%)
	Vedado	Não Vedado	S	M	B		E	TxE	
MS (%)	30,92b	32,26a	31,58a	32,06a	31,14a	*	ns	ns	5,05
Fungos Fil. (log ufc/g)	3,35a	2,60a	3,31a	2,30a	2,30a	ns	ns	ns	14,97
Leveduras (log ufc/g)	4,58a	4,13a	5,28a	3,62a	3,95a	ns	ns	ns	23,85
pH	3,79a	3,78a	3,84a	3,79a	3,73b	ns	*	ns	2,09

¹Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

EI = efeito da interação tratamento e estrato

ns = não significativo; * ($P < 0,05$)

CV: coeficiente de variação

O teor de MS na metade do painel do silo protegida com o uso de lona preta foi inferior ($p < 0,05$) a metade sem proteção, com médias de 30,92% e 32,26% de MS respectivamente. Esse resultado pode ser atribuído a ação direta da radiação solar e do vento no painel do silo sem proteção da lona, facilitando a evaporação da água.

Apesar de não mostrar diferença estatística ($p > 0,05$), a metade do painel do silo com proteção assim como o estrato superior da silagem, apresentaram maiores populações de fungos com médias de 3,35 e 3,31 log ufc/g e leveduras de 4,58 e 5,28 log ufc/g, respectivamente, quando comparados com a metade do painel sem proteção e aos estratos mediano e basal. Esta maior população de fungos filamentosos e de leveduras na silagem do painel do silo protegido com lona preta pode ser explicada, o uso da lona favorece o desenvolvimento desses microrganismos, principalmente os de mofos, por proporcionar um ambiente úmido, quente e sem incidência direta da luz solar. Silagens com mais de 10^5 ufc/g MS de leveduras parecem ser mais susceptíveis a deterioração (Honig & Woolford, 1980), porém esse fato não determina que silagens com menores populações de leveduras também não possam ser deterioradas rapidamente.

A atividade microbiológica no painel do silo, durante a fase de utilização, pode levar a alterações na composição química da silagem. No presente estudo, embora não tenha sido observado alterações significativas nas populações de fungos filamentosos e de leveduras, foram encontradas diferenças ($p < 0,05$) nos teores de CNE, MO e MM, com interação estratos x metades do painel do silo, conforme se observa na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), e carboidratos não estruturais (CNE) na MS dos estratos superior (S), mediano (M) e basal (B) das silagens com e sem proteção do painel.

Tratamentos	Estratos	Variáveis		
		CNE %	MO %	MM %
Protegido	S	30,16b	94,82b	5,18a
	M	38,17a	95,72a	4,28b
	B	36,99a	95,43a	4,57b
	Média	35,11	95,32	4,67
Não Protegido	S	32,87b	94,91c	5,09a
	M	34,97ab	95,35b	4,65b
	B	38,22a	95,92a	4,08c
	Média	35,35	95,39	4,61
Média Geral		35,23	95,35	4,64
CV (%)		11,19	0,41	8,43

Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

O estrato superior apresentou os menores ($p < 0,05$) teores de CNE e de MO nas duas metades do painel do silo, o que evidencia a ocorrência de maiores perdas de compostos não estruturais em relação aos estratos mais profundos no silo. O menor teor de CNE e de MO observado nos estratos superficiais, concomitante com uma maior presença de fungos e leveduras, pressupõem maior consumo de carboidratos solúveis residuais durante a fase de utilização da silagem.

Já o teor de MM foi maior ($p < 0,05$) no estrato superior, nas duas metades do painel do silo. Isso pode ser explicado pelas perdas de MO, normalmente mais elevadas na superfície do silo, devido à dificuldade de compactação durante o abastecimento. A maior atividade microbiológica nessa área do silo, reduz o teor de MO e em consequência eleva o teor de MM.

Normalmente as regiões periféricas dos silos apresentam maior concentração de microrganismos. Vissers et al. (2007) observaram concentrações de mofo e leveduras significativamente superiores na camada superficial de silagens de milho. Também Guim et al. (2002) avaliando a estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante em três profundidades, notaram que as silagens das camadas inferiores do silo apresentaram menor contagem de leveduras (6,00 log ufc/g MS), ($p < 0,01$) que as das camadas intermediárias e superficiais (6,77 e 6,42 log ufc/g MS, respectivamente), que não diferiram entre si.

Os estratos mediano e basal do painel do silo apresentaram os maiores ($p < 0,05$) valores de massa específica (ME), não diferindo entre si tanto para massa específica do material seco (MEms) quanto para a massa específica do material verde (MEmv) (Tabela 3).

Tabela 3. Massa específica calculada com base na matéria seca (MEms) e na matéria verde (MEmv) utilizando cilindro, resistência da massa ensilada à penetração do cone metálico (PCM) e tamanho médio de partículas (TMP) nos diferentes estratos do painel do silo.

Estratos	MEms (kg/m ³)	MEmv (kg/m ³)	PCM (MPa)	TMP (cm)
Superficial	129,17b	411,06 b	0,82 b	4,19a
Mediana	200,35a	622,40 a	1,23 a	4,17a
Basal	179,14a	569,69 a	1,22 a	2,63b
Média	169,55	534,38	1,09	3,66

Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Em relação ao TMP (Tabela 3), constatou-se que o estrato basal apresentou os menores tamanhos de partícula, diferindo dos demais estratos ($p < 0,05$). Porém foi o estrato mediano que apresentou quantitativamente a maior massa específica. Assim fica evidente que nas condições deste estudo o TMP teve pequena influência no grau de compactação dos diferentes estratos do painel do silo. O menor TMP no estrato basal pode ser explicado por fatores de manejo no corte e carregamento do silo, como por exemplo a menor eficiência de corte das facas picadoras com o tempo de uso na colheita.

A ME média observada está coerente com os valores normalmente observados em silos de fazenda. A maior ME nos estratos inferiores do silo se deve ao efeito da maior compactação exercida pelo peso da massa da forragem. Estes valores estão coerentes com as observações em relação a população de fungos filamentosos e de leveduras e a concentração de CNE (Tabelas 1 e 2), uma vez que são fatores influenciados pela ME da silagem. A menor ME encontrada foi para o estrato superficial, que diferiu dos demais estratos com uma média de 129,17 Kg/m³ expressa na MS e como se supunha foi também o estrato que ofereceu a menor resistência a penetração do cone metálico (0,82 MPa). Também Vissers et al. (2007), utilizando o penetrômetro para inferir sobre a compactação da silagem, encontrou diferença significativa entre as camadas da silagem, obtendo na camada superficial os menores

valores de resistência a penetração com uma média de 2,45 MPa comparada com 9,42 MPa de resistência oferecida no estrato médio da silagem.

O estrato superior do painel do silo além de apresentar a menor ME, também mostrou as maiores populações de fungos filamentosos e de leveduras e como consequência da atividade destes microrganismos deterioradores as maiores temperaturas e os menores teores de MS, MO e CNE para as metades com e sem proteção do painel do silo. Isto se deve ao fato de que durante o período de estocagem e após a abertura do silo, o estrato superior estar mais susceptível a penetração de ar, como foi confirmado pelos dados de compactação, a menor ME, aliada à proximidade do filme plástico, possibilita maior troca gasosa, favorecendo um maior fluxo de oxigênio nesta camada e permitindo maior crescimento microbiano.

A quantidade de ar que penetra na silagem durante o período de fermentação exerce influência na composição final do produto e na perda de nutrientes. Silos mal vedados e mal compactados apresentam maiores perdas de MS e aumento da temperatura da silagem. Williams et al. (1997) usando modelos matemáticos para calcular perdas de MS durante o período de estocagem de silagens de gramíneas, chegou a uma média de perdas de 2,4 g/kg para uma silagem com 504 kg/m³ de ME e 8,2 g/kg de perdas para outra silagem com 418kg/m³ de ME.

Houve relação linear e positiva entre a ME da silagem e a resistência à penetração do cone metálico. Constatou-se que à medida que aumentou a resistência à penetração do cone, maior foi a ME (Figura 4).

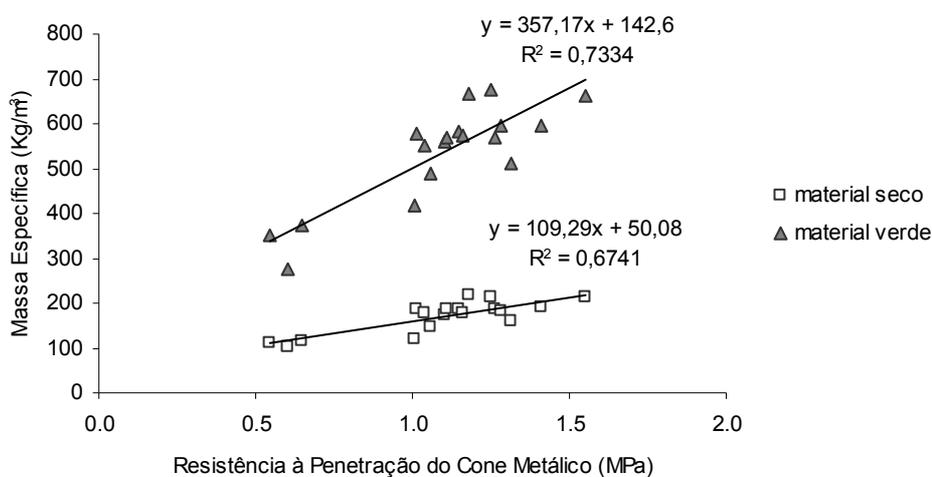


Figura 4. Relação entre massa específica da silagem (kg/m³) e resistência à penetração do cone metálico (MPa).

Constata-se também que a estimativa da ME com uso do penetrômetro tem maior precisão quando expressa na matéria verde, uma vez que 73,34% da variação de ME da silagem foi explicada pela resistência à penetração do cone metálico, contra 67,41% com uso da MS.

A correlação entre a ME do material seco (MEms) e a ME do material verde (MEmv) obtidas com uso do cilindro, foi alta e positiva. Quando estas variáveis foram correlacionadas com a resistência da massa ensilada à penetração do cone metálico (PCM) a correlação também se apresentou alta e positiva (Tabela 4). Isto demonstra que para o cálculo da ME tanto o peso seco como o peso verde podem ser utilizados.

Tabela 4. Coeficientes de correlação (r) existentes entre a ME da material seco (MEms), ME do material verde (MEmv) determinados com uso do cilindro e resistência da massa ensilada à penetração do cone metálico (PCM).

	MEmv	MEms	PCM
MEmv	1,0	0,98	0,85
MEms		1,0	0,82
PCM			1,0

CONCLUSÕES

O uso de lona plástica preta para proteção do painel do silo durante o período de utilização da silagem de milho contribui para o aumento da temperatura no painel, não favorecendo a estabilidade aeróbia da silagem. A camada superficial apresenta menor massa específica e tem maior atividade microbiológica durante a exposição ao ar, com conseqüente elevação da temperatura da silagem. O penetrômetro pode ser utilizado como método indireto na avaliação da massa específica de silagem de milho, visto que houve alta relação positiva entre a resistência à penetração do cone metálico e kg de silagem/m³.

LITERATURA CITADA

- BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia de silagens**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.103p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.
- BOLSEN, K.K.; DICKERSON, J.T.; BRENT, B.E. et al. Rate and extent of top spoilage in horizontal silos. **Journal of Dairy Science**, v.76, p. 2940-2962, 1993.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton *et al.* **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; Van WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchaneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v.56, n.4, p.330-343, 2001.
- GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINO-SCHOCKEN, R.P. et al. Estabilidade Aeróbica de Silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurcheado e tratado com Inoculante Microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.
- HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Factors affecting bunker silos densities. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.
- HONIG, H.; WOOLFORD, M.K. Changes in silage exposure to air. In: FORAGE CONSERVATION IN THE 80's, 1979, Brighton. **Proceeding...** Oxford: British Grassland Society, 1980. p.76-87.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.
- MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 5 dez. 2008.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
- NISHINO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SACAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.94, n.5, p. 800-807, 2003
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70 n.11 p.3562-3577, 1992.

- VISSERS, M.M.M.; DRIEHUIS, F.; GIFFEL, M.C. Te et al. Concentrations of butyric acid bacteria spores in silage and relationships with aerobic deterioration. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.968-936, 2007.
- WILLIAMS, A.G.; HOXEY, R.P.; LOWE, J.F. Changes in temperature and silo gas composition during ensiling, storage and feeding-out grass silage. **Grass and Forage Science**, v.52, p.176-189, 1997

Capítulo 2

ESTABILIDADE AERÓBIA E MASSA ESPECÍFICA DE SILAGENS DE MILHO EM DUAS ALTURAS DE CORTE DURANTE O PERÍODO DE UTILIZAÇÃO

RESUMO

O experimento foi conduzido com o objetivo avaliar o efeito do inoculante enzimo bacteriano e da altura de corte das plantas para ensilagem, sobre a estabilidade aeróbia de silagens de milho armazenadas em silos trincheira. Foram avaliadas as seguintes silagens: altura de corte de 20 cm e sem adição do inoculante, altura de corte de 40 cm e sem a adição do inoculante, altura de corte de 20 cm e com inoculante e altura de corte de 40 cm e com adição do inoculante. O inoculante comercial empregado foi o Maize-All[®], produto à base de *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, amilase, celulase e enzima hemicelulolítica. Em cada silagem o painel do silo foi dividido em três estratos: estrato superior, mediano e basal. Não foi observado efeito significativo do inoculante e das alturas de corte sobre a população de fungos filamentosos e leveduras nas silagens e nos estratos do painel do silo. Na silagem inoculada e com altura de corte de 40 cm foram encontradas extensas faixas de temperaturas elevadas. O uso do inoculante enzimo- bacteriano e as diferentes alturas de corte não proporcionou nenhuma melhora na estabilidade aeróbia das silagens testadas. A correlação entre os dados de massa específica estimados pela resistência a penetração do cone metálico à massa ensilada e os dados de massa específica observados foi alta e positiva, sendo assim possível utilizar o penetrômetro como método indireto na determinação da massa específica de silagens.

Palavras- chave: inoculante, leveduras, termografia

AEROBIC STABILITY AND SPECIFIC MASS OF CORN SILAGE IN TWO CUT HEIGHTS DURING THE FEED PERIOD

ABSTRACT

The experiment was carried out with the objective of assessing the bacterial enzyme inoculant effect and the plants cutting height for silage over the aerobic stability of corn silage stored in trench silo. The following silages were evaluated: 20cm cut height without adding the inoculant, 40cm cut height without adding the inoculant, 20cm cut height with the addition of the inoculant and 40cm cut height with the addition of the inoculant. The commercial inoculant used was Maize-all[®], basically constituted of *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, amylase, cellulose and hemicellulase enzyme. Each silage was divided in three layers: superior, middle and baseline extracts of the bunker panel. There was no significant inoculant and cutting heights effect over the population of filamentous fungi and yeasts in silages and stratums panel of the silo. On the inoculated silage with 40 cm cutting height were found extensive ranges of high temperatures. The correlation between the specific mass values estimated by the metallic cone penetration resistance and the specific mass values observed was high and positive, therefore it is possible to use the penetrometer as an indirect method to determine the silage specific mass.

Keywords: inoculant, yeasts, thermography

INTRODUÇÃO

A qualidade da silagem depende da eficiência do processo fermentativo anaeróbio e das condições que a determinam: umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características particulares da composição físico-química da planta ensilada, podendo proporcionar a obtenção de silagens com variados valores nutritivos a partir do mesmo tipo de forragem (Neumann, 2001). A altura de corte da planta de milho para confecção de silagem é um fator importante a ser considerado. A possibilidade de manipulação do processo de colheita do milho para ensilagem permite que se produza silagem da parte superior das plantas de milho, com maior participação de grãos na massa ensilada, em detrimento da participação de colmos e folhas senescentes, apresentando fibras mais digestíveis e de maior conteúdo energético (Nussio, 2001).

Com o objetivo de minimizar as perdas decorrentes da ensilagem, otimizar o processo fermentativo, reduzir a deterioração aeróbia e preservar o valor nutritivo, tem sido utilizados inoculantes enzimo-bacterianos na ensilagem (Harrison & Blauwiekel, 1994). O uso de enzimas que degradam a parede celular como aditivo na silagem tem sido considerado como um meio de aumentar a disponibilidade de carboidratos solúveis como substrato para as bactérias do ácido lático (BAL) e como um método de aumentar a digestibilidade da matéria orgânica (MO) da forragem (Henderson, 1993). O principal efeito da adição de bactérias homoláticas na ensilagem é a rápida diminuição do pH, resultando em silagens melhor preservadas. Contudo, silagens bem preservadas podem apresentar maiores problemas de deterioração aeróbia. Isto pelo fato destas silagens apresentarem altas concentrações de ácido lático e de carboidrato solúvel residual, servindo como substrato para o desenvolvimento de microrganismos que atuam na deterioração aeróbia e também por conterem baixas concentrações de ácido acético, importante inibidor do crescimento de leveduras (McDonald et al, 1991). Em vista disso, é importante que se busque saber mais a respeito da influência da adição de aditivos enzimo- bacterianos sobre as características de fermentação e estabilidade aeróbia da silagem, já que a baixa estabilidade aeróbia representa perdas de forragem resultando em aumento nos custos de sua produção.

Outro fator de grande relevância na estabilidade aeróbia da silagem é a massa específica (ME), uma vez que existe relação direta com a porosidade da silagem e a atividade de microrganismos deterioradores. Na avaliação da ME de silagens são utilizados alguns métodos tradicionais. Porém, em virtude da dificuldade de se proceder a avaliação da ME com o uso destes métodos a aplicação de métodos indiretos vem sendo testada, visando facilitar operacionalmente a tomada desses dados em condições de campo (Jobim et al., 2007).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do inoculante enzimo-bacteriano e da altura de corte sobre a estabilidade aeróbia e sobre a massa específica de silagens de milho. Buscou-se também estimar a massa específica das silagens com o uso do penetrômetro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá – UEM. O estudo foi realizado em quatro silos tipo trincheira revestidos, com dimensões de 3,80 m de base por 1,10 m de altura (4,18 m²) e 13 m de comprimento, equivalendo a um volume de 54,34 m³. Para confecção da silagem utilizou-se o híbrido DKB 789, com plantio em novembro de 2007 e colheita em fevereiro de 2008. A colheita do milho foi feita com a ensiladeira JF90Z10, regulada para corte de 11 a 13 mm para tamanho de partícula. Em maio de 2008 os silos foram abertos e manejados diariamente para alimentação do rebanho de corte da FEI.

As silagens foram divididas em: Silagem 1.) com altura de corte do milho de 20 cm e sem adição do inoculante; Silagem 2.) com altura de corte de 40 cm e sem a adição do inoculante; Silagem 3.) com uma altura de corte de 20 cm e com inoculante e Silagem 4.) com altura de corte de 40 cm e com adição do inoculante. Diariamente eram retiradas camadas de aproximadamente 15 cm de silagem de cada silo para alimentação de bovinos confinados. Para as silagens com inoculante, o produto comercial empregado foi o Maize-All[®], produto a base de *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* na concentração de 10×10^{11} ufc/g do produto e *Pediococcus acidilactici* na concentração de 1×10^{11} ufc/g, bem como amilase, celulase e enzima hemicelulolítica. O inoculante foi adicionado de acordo com as recomendações do fabricante (250 g para cada 50 t de forragem), com diluição de 250 g em 50 litros de água. Em cada silo o painel foi dividido em três estratos, sendo: (estrato superior = profundidade de 0 a 35

cm, estrato mediano = profundidade de 35 a 70 cm e estrato basal = profundidade de 70 a 105 cm).

Uma vez por semana foram coletados dados de temperatura da silagem e tomadas amostras dos estratos superior, mediano e basal no painel de cada silo, as quais eram divididas em três porções para determinação do pH, do teor de matéria seca e da população de fungos filamentosos e leveduras.

Para determinação dos valores de pH foram diluídas vinte e cinco gramas de silagem fresca de cada amostra em 250 mL de água destilada e posterior leitura do pH com uso de potenciômetro, segundo metodologia de Cherney & Cherney (2003). As análises químicas foram realizadas no laboratório de nutrição animal do DZO-UEM. As amostras secas foram moídas em moinho do tipo faca, com malha 1 mm e armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e enviadas ao laboratório para determinação de matéria seca e cinzas.

Da terceira porção coletada de cada estrato foram retiradas subamostras de 100 g, as quais foram misturadas com 900 mL de solução salina a 0,85% e agitadas, de acordo com a metodologia descrita por Jobim et al. (2007). As amostras foram levadas ao laboratório de microbiologia para determinação da população de fungos filamentosos e de leveduras. A partir do extrato obtido foram preparadas diluições decimais de 10^{-1} a 10^{-6} . As contagens totais de fungos filamentosos e leveduras foram realizadas tomando-se 0,1 mL de cada diluição em duplicata, espalhando com alça de Drigalsky no meio Sabouraud Dextrose composto de peptona bacteriológica (5 g/L), hidrolizado enzimático de caseína (5 g/L), dextrose (40 g/L) e ágar (15 g/L), acrescido de cloranfenicol (0,1%). As placas foram incubadas a 28°C e a contagem total foi realizada após 24-168 horas de incubação. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônia (ufc).

Para determinar a massa específica (ME), foram realizadas três repetições por estrato para cada uma das silagens. A ME foi determinada seguindo duas metodologias. De acordo com a metodologia descrita por Holmes & Muck (1999) e Schmidt (2006), um cilindro metálico com 5,6 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento com borda cortante serrilhado foi introduzido na massa ensilada por meio de rotação. A profundidade utilizada para o cálculo do volume de amostra retirada foi medida com uma régua no orifício deixado no painel do silo após a retirada do cilindro. Considerando-se o volume do cilindro e o peso da massa de silagem retirada foi determinada a ME da silagem para o material verde e para o material seco em estufa de

ventilação forçada a 55°C por 72 horas. A segunda metodologia proposta para estimar a ME foi por meio de método indireto com uso de um penetrômetro, utilizado para determinar a resistência à penetração em estudos de compactação do solo. Com uso do aparelho mediu-se a resistência oferecida pela massa da silagem à penetração de um cone metálico em 12 pontos em cada estrato do silo. Para isto, o cone metálico foi empurrado horizontalmente do painel para dentro da massa ensilada com uma constante de velocidade de aproximadamente 2 cm/s até a haste penetrar 0,9 m na silagem. Foi obtida a leitura da máxima resistência em kgf e posteriormente corrigida para superfície do cone obtendo o valor em MPa. Em seguida os valores de resistência ao penetrômetro foram correlacionados com os valores de ME obtidos com o uso do cilindro metálico por meio de regressão e estimada a ME da silagem.

As médias de temperatura ambiente encontradas foram de 17,2 °C para a primeira semana e 21,2 °C para a segunda semana de avaliação. Durante esse período foram coletados valores de temperatura da silagem em 42 pontos do painel do silo (14 pontos/estrato) de cada silagem. O monitoramento da temperatura no painel do silo foi feito com uso de termômetro digital (Gulterm 1001) a uma profundidade de 10 cm, no momento da retirada das amostras. Os dados obtidos foram alocados em planilha do programa Excel e posteriormente produzidas imagens com escala calorimétrica utilizando o software Surfer, segundo Bernardes (2006).

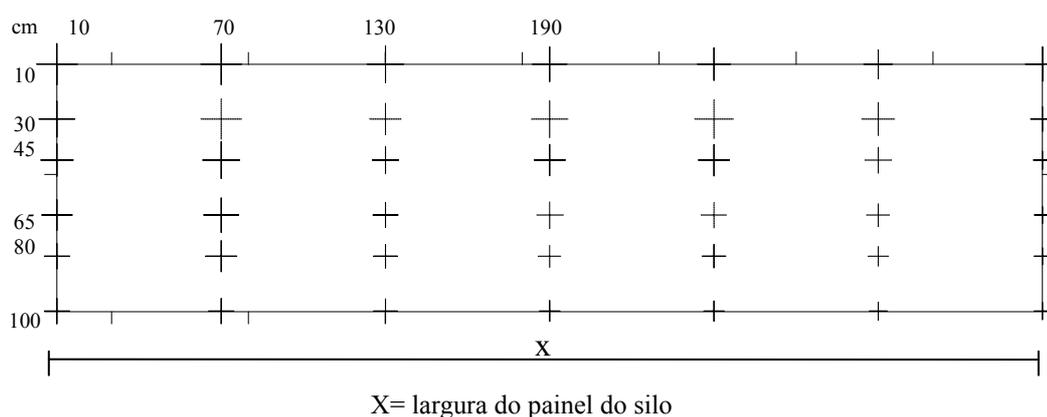


Figura 1. Representação gráfica da metodologia utilizada na leitura das temperaturas no painel dos silos

Os tratamentos foram arranjados em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 (silagens) x 3 (estratos), com duas repetições no tempo.

O modelo utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + TE_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: μ = média geral; T_i = efeito de tratamento ($i = 1$ a 4), E_j = efeito dos estratos (1 a 3); TE_{ij} = interação tratamento e estrato, e_{ijk} = erro associado à observação Y_{ijk} .

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade. A relação entre a massa específica e a resistência à penetração ao cone metálico foi feita por regressão. Utilizou-se o pacote estatístico SAEG (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH, assim como as populações de fungos filamentosos (mofos) e de leveduras das silagens em cada tratamento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Populações de fungos filamentosos, leveduras e valores de pH das silagens de milho com e sem uso de inoculante nas alturas de corte de 20 e 40 cm, nos estratos superior (S), mediano (M) e basal (B) do painel do silo¹.

Váriáveis	Silagens									CV (%)		
	Sem Inoc.				Com Inoc.			Estratos			EI	
	Alt.	20	40	20	40	S	M	B	T			E
Fung. Fil. (log ufc/g)		3,92	3,29	3,26	3,35	3,55	3,58	3,09	ns	ns	ns	29,60
Lev. (log ufc/g)		6,04	6,70	7,26	6,60	7,07	6,27	6,60	ns	ns	ns	12,30
pH		4,16b	4,26b	4,88a	4,26b	—	—	—	*	-	-	7,26

Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

EI = efeito e interação tratamento e estrato

ns = não significativo; * ($P < 0,05$)

O valor de pH encontrado na silagem com altura de corte a 20 cm e adição de inoculante enzimo-bacteriano (4,88), foi superior ($p < 0,05$) aos valores encontrados para as demais silagens. Condizendo com os dados observados por Ranjit e Kung Jr. (2000), que obtiveram valores de pH de 4,85 para as silagens inoculadas com *L.plantarum* após três dias de exposição ao ar. Os valores de pH mais elevados observados nesta silagem podem ser explicados pela concentração de leveduras de 7,26 ufc/g, numericamente maior que nas silagens dos demais tratamentos. As leveduras assimiladoras de ácidos orgânicos consomem ácido láctico, elevando o pH da silagem e aumentando os riscos no

desenvolvimento de bactérias oportunistas e de fungos. Bernardes (2006), estudando o efeito de inoculantes na ensilagem de milho, também observou valores elevados de pH (5,6), para silagens controle e silagens tratadas com *L. plantarum*, não existindo diferença significativa entre tratamentos.

Não foi observado efeito das silagens e dos estratos sobre a população de fungos filamentosos e de leveduras. Houve predominância de leveduras em todas as silagens, com uma concentração média de $6,65 \log_{10}$ ufc/g. Populações de leveduras superiores a $5 \log_{10}$ ufc/c em silagem de milho é um indicativo de deterioração aeróbia. As concentrações de leveduras apresentadas neste estudo são semelhantes àquelas encontradas na literatura para este tipo de silagem. Bernardes (2006) estudando o efeito de inoculantes na silagem de milho observou populações elevadas de leveduras, com uma média de $6,7 \log_{10}$ ufc/g entre silagens controle e silagens tratadas com *L. plantarum*, não existindo diferença entre os tratamentos.

A predominância de leveduras em relação aos fungos filamentosos é normalmente observada em silagens. Os fungos filamentosos são mais sensíveis a acidez do meio, enquanto as leveduras são relativamente insensíveis ao pH podendo ser encontrados em silagens com pH variando de 3,7 a 6,5 (Jobim e Gonçalves, 2003). Já os fungos filamentosos exigem pH ótimo para crescimento entre 5-6 e a sequência normal de reprodução é: esporo → esporo com tubo germinativo → hifa → micélio → órgãos de frutificação → novos esporos. Para que o fungo produza seus órgãos de frutificação pode levar de 3 a 14 dias, variando em função da espécie (Ruiz, 1992). Sendo assim a menor concentração de fungos filamentosos pode ser atribuída aos valores de pH das silagens e ao metabolismo intenso e mais lento destes microrganismos no processo de desenvolvimento de seus órgãos de frutificação, em contraste com o rápido crescimento de leveduras.

As Massas específicas encontradas nos estratos superior, mediano e basal das quatro silagens apresentadas na Tabela 2, foram obtidas com uso do cilindro metálico.

Tabela 2. Massa específica do material verde (MEMv) dos estratos superior (S), mediano (M) e basal (B) das silagens de milho com e sem inoculante em duas alturas de corte.

Estratos	Silagens				Média
	Sem Inoculante		Com Inoculante		
	20	40	20	40	
Superior	309,18	204,35	223,17	107,22	210,18 c
Mediano	374,47	433,53	416,90	368,73	398,41 b
Basal	492,58	491,58	477,41	480,60	485,61 a
Média	392,08	376,58	372,50	318,84	

Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Houve efeito significativo dos estratos ($p < 0,05$) sobre a ME do material verde das silagens, não sendo verificado efeito das silagens e interação estrato x silagem. O estrato superior apresentou uma ME de 210,18 kg/m^3 , a menor entre os estratos. Neumann et al. (2007) também encontraram baixa ME e altas temperaturas no estrato superior em relação ao estrato inferior das silagens de milho avaliadas.

Verificou-se que à medida que aumentou a ME da silagem, maior foi a resistência oferecida à penetração do cone metálico. Isto tanto para a ME calculada para o material verde como para o material seco. No entanto, a equação linear ajustada teve um coeficiente de determinação baixo explicando apenas 33% das variações observadas (Figura 2).

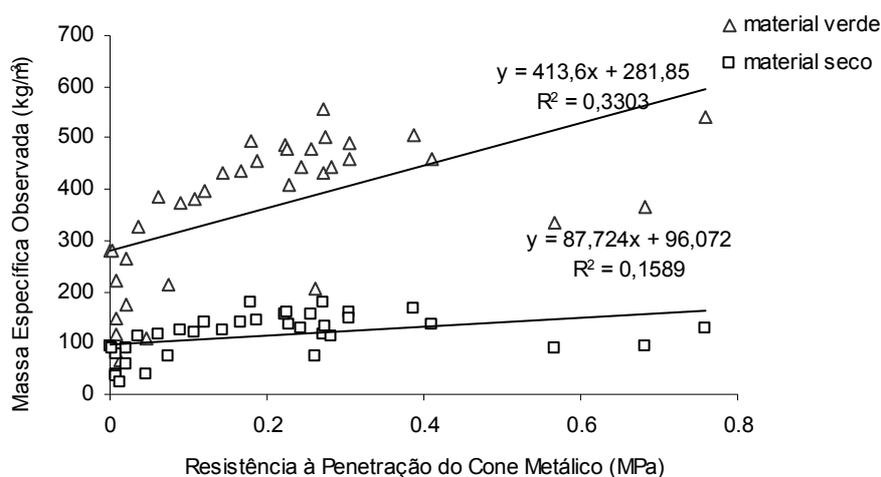


Figura 2. Relação entre a massa específica da silagem (kg/m^3) e a resistência à penetração do cone metálico (MPa).

As conformações superficiais dos silos aqui utilizados proporcionaram uma menor compactação do material ensilado e a correlação física de massa volume pode ter influenciado a relação ME/ Resistência à penetração do cone metálico, explicando assim o baixo coeficiente de determinação obtido.

A massa específica do material verde e do material seco das silagens pode ser estimada em função da posição ocupada no silo (superior, mediana ou basal) e da resistência oferecida pela massa ensilada à penetração do cone metálico. Para isso utilizou-se as equações de regressão: $y = 94,5358 + 137,968x_1 + 121,364x_2$ para o material verde e $y = 36,9859 + 155,215x_1 + 217,425(x_1)^2 + 30,8919x_2$ para o material seco, expressas nas Figuras 3 e 4.

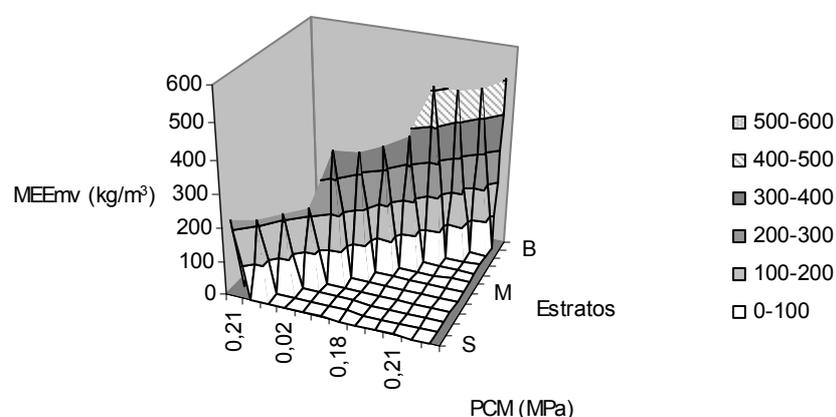


Figura 3. Massa específica estimada do material verde (MEEnvv) em função dos estratos do painel do silo Superior (S), Mediano (M) e Basal (B) e da resistência à penetração do cone metálico (PCM) em silagem de milho.

O modelo linear descreveu melhor a variação dos dados para o material verde. Pode-se observar na figura 3, que no estrato superior à resistência da massa ensilada à penetração do cone metálico foi menor que nos demais estratos e conseqüentemente a ME estimada também foi inferior. Para uma resistência oferecida de 0,02 MPa neste estrato, a ME estimada para o material verde foi de 218,90 kg/m³. O material seco também apresentou as menores resistências, assim como as menores ME estimadas nas camadas com menor profundidade. O modelo que melhor se ajustou para este material foi o quadrático (Figura 4).

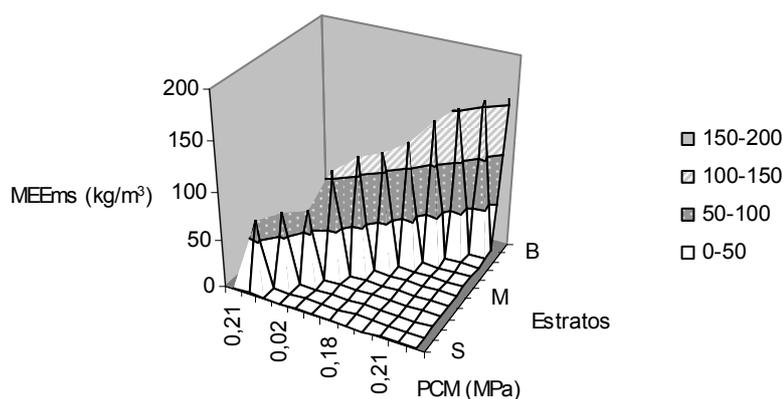


Figura 4. Massa específica estimada do material seco (MEEms) em função dos estratos do painel do silo Superior (S), Mediano (M) e Basal (B) e da resistência à penetração do cone metálico (PCM) em silagem de milho.

A correlação entre os dados de ME estimados e os dados de ME observados para matéria seca e matéria verde foi alta e positiva como mostra os dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes de correlação (r) existentes entre a ME da matéria seca (MEms), ME do material verde (MEMv) determinada com uso do cilindro, massa específica estimada do material seco (MEEms) e massa específica estimada do material verde (MEEmv) estimada com uso do penetrômetro.

	MEMv	MEEmv	MEms	MEEms
MEMv	1,0	0,86	0,95	0,84
MEEmv		1,0	0,78	0,95
MEms			1,0	0,82
MEEms				1,0

A correlação obtida entre a MEMv e a MEEmv (0,86) indica uma alta associação positiva entre estas variáveis. O grau de associação entre a ME observada e a ME estimada para o material seco (MEEms) também foi alto e positivo (0,82). Isto indica que estas variáveis estão diretamente e altamente relacionadas, sendo assim possível utilizar os valores estimados de ME pela equação de regressão para se determinar a ME de silagens de milho. A MEms e MEMv também estão altamente relacionadas ($r = 0,95$), demonstrando assim que para o cálculo da ME da silagem tanto o peso do material seco como o peso do material verde podem ser utilizados.

Como pode ser observado na figura 5, à medida que aumenta a massa específica observada para o material verde aumenta também a massa específica observada para o material seco, indicando uma relação linear, alta e positiva entre estas duas variáveis.

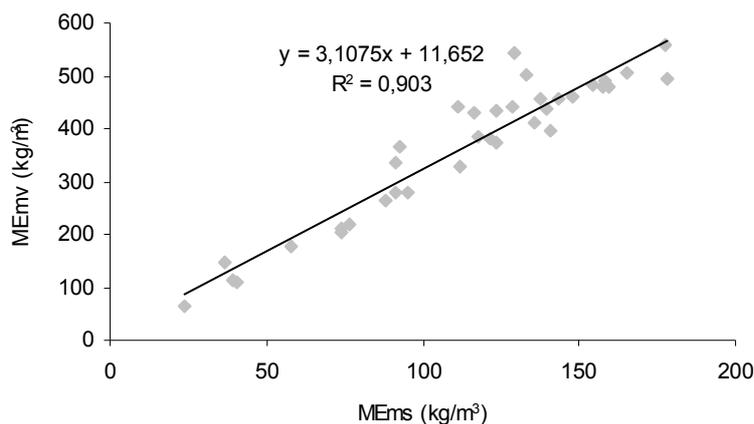


Figura 5. Relação entre a massa específica observada para o material verde (MEMv) e a massa específica observada para o material seco (MEms) pelo método tradicional do cilindro.

Na figura 6, está representada a relação entre a ME estimada pela equação regressão e a ME observada para a silagem expressa em materia verde e materia seca. Pode-se observar relação linear e positiva entre as variáveis.

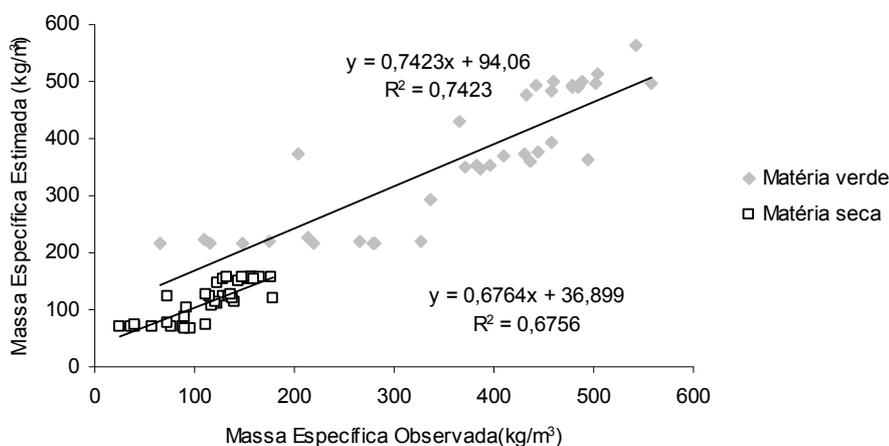


Figura 6. Relação entre a massa específica estimada pela resistência a penetração do cone metálico e a massa específica observada com o método tradicional do cilindro.

Na Figura 7, é apresentada a termografia do painel do silo da silagem 1 (altura de corte de 20 cm e sem adição do inoculante), em duas semanas de avaliação da silagem de milho. Na primeira semana de avaliação, a camada superior e parte da camada mediana apresentaram temperaturas mais elevadas entre 32-35°C, sendo que o estrato superior apresentou uma área consideravelmente maior com temperaturas entre 31 e

41°C. Temperaturas mais elevadas na camada superficial já eram esperadas, pois o silo não é um ambiente hermético, durante a estocagem o ar penetra em seu interior (Muck et al., 2003), principalmente no topo e nas laterais em contato com a parede (Bolsen et al., 1993). Além disso, o estrato superior apresentou menor ME, o que resulta em maior porosidade, maiores concentrações de O₂ e como consequência maior atividade microbiológica.

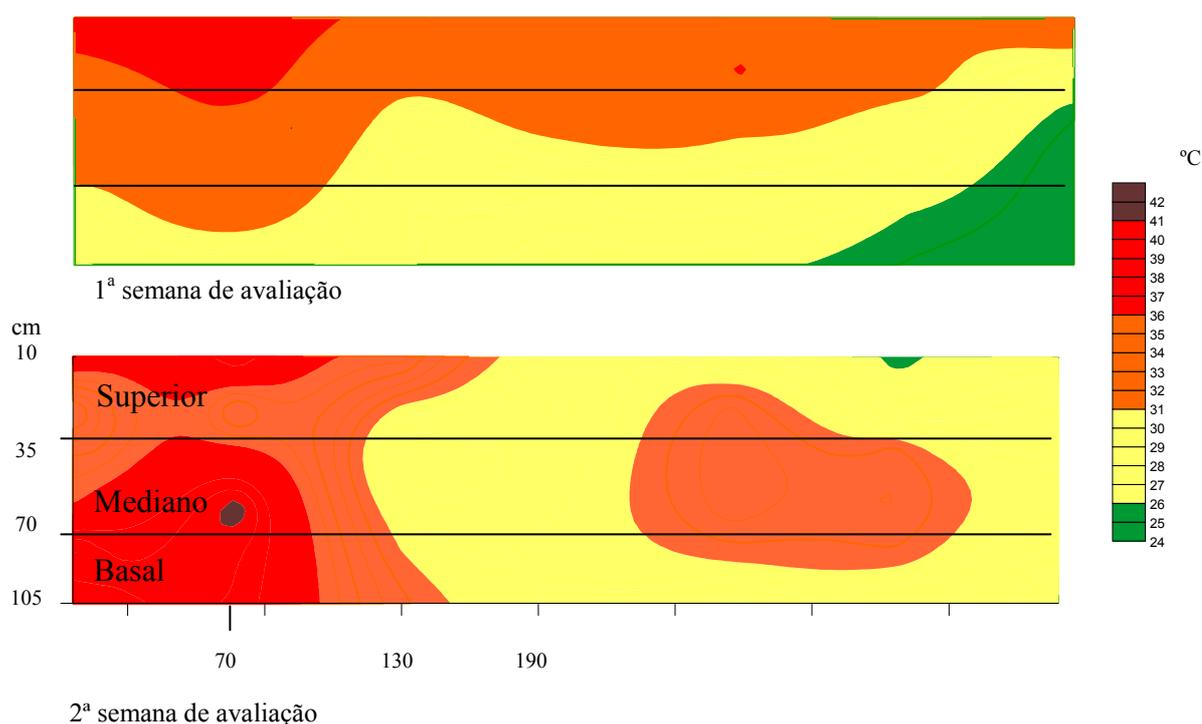


Figura 7 – Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 20 cm e sem adição de inoculante durante a utilização.

Além da compactação menos eficiente desta camada, pode ter ocorrido manejo de descarga inadequada na lateral direita do silo contribuindo para maior aeração da massa ensilada nestas regiões, resultando em aumento da temperatura. Durante a 2ª semana de avaliação as diferenças de temperaturas já não eram tão evidentes entre os estratos. O lado direito do painel apresentou uma extensa área com temperaturas elevadas, chegando em alguns pontos a 42°C. Nesta semana houve aumento na temperatura ambiente, o que pode ter contribuído para o aumento da atividade microbiana nesta silagem. Visto que esta apresentou as concentrações mais altas de fungos filamentosos (Tabela 1) e estes microrganismos possuem desenvolvimento mais lento. Bernardes (2006) avaliando as características da silagem de milho em duas regiões do silo,

também encontrou temperaturas diferentes para a mesma silagem em um intervalo de 19 dias entre as medições e a diferentes temperaturas ambientes. Ashbell et al. (2002) estudando o efeito da temperatura na estabilidade aeróbia de silagem de milho, observaram aumento de temperatura e do desenvolvimento de leveduras em silagens expostas a uma temperatura ambiente de 30°C.

A ME de 374,47 kg/m³ (base na MV) encontrada no estrato mediano desta silagem, também pode ter contribuído para o aumento das temperaturas neste estrato durante este segundo período de avaliação. A ME e o teor de MS da forragem indicam a porosidade da silagem, que influencia a taxa de movimentação do ar e, sucessivamente, o potencial de deterioração durante o armazenamento e após a abertura do silo (Holmes & Muck, 1999). Com o avanço do tempo de exposição ao ar podem ocorrer alterações nas características da silagem e o aumento de temperatura é uma delas, devido à atividade intensa dos microrganismos. Amaral et al. (2008) estudando a estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetido a diferentes compactações, observou que silagens com maiores ME alcançaram máxima temperatura em maior tempo que as de ME inferiores.

O perfil de temperatura da primeira semana de avaliação da silagem de milho com altura de corte de 40cm sem inoculante (Figura 8), foi semelhante ao da silagem de milho com altura de corte de 20 cm sem inoculante, com a diferença que neste tratamento as maiores temperaturas se concentraram na lateral esquerda do painel do silo. Já na segunda semana de avaliação, o estrato superior apresentou as maiores temperaturas, enquanto nos estratos mediano e basal as temperaturas permaneceram amenas entre 24-30°C, mostrando que as temperaturas mais elevadas neste período e o tempo de exposição ao ar, não exerceram efeito sobre a temperatura desta silagem. Isto pode ser atribuído a ME mais elevada dos estratos mediano (453,33 kg/m³) e basal (491,58 kg/m³) neste silo.

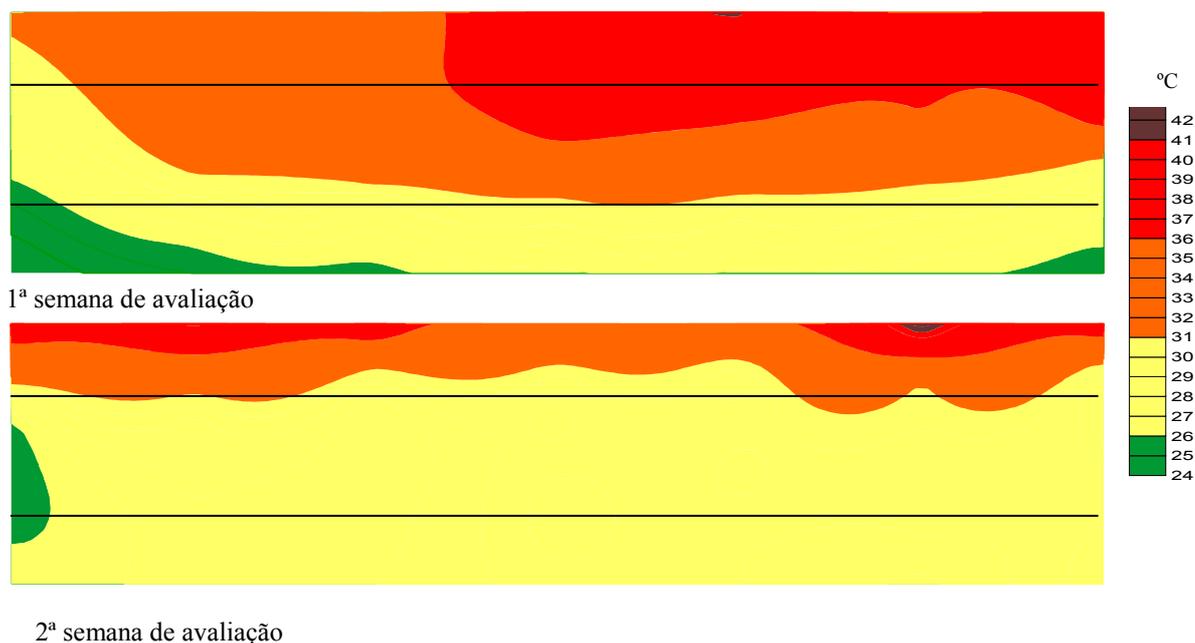


Figura 8 - Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 40 cm, sem adição de inoculante durante a 1ª semana e a 2ª semana de avaliação.

A silagem de milho com altura de corte de 20 cm e com adição do inoculante apresentou temperaturas mais elevadas nas regiões mais periféricas do silo onde as zonas mais porosas estão localizadas. Porém, durante a segunda semana de avaliação, além do estrato superior a lateral esquerda deste painel concentrou as temperaturas mais elevadas (Figura 9). O que pode ser explicado pela compactação inadequada destas áreas ou pelo manejo imposto durante a retirada da silagem para alimentação dos animais. Os altos valores de pH e temperatura nesta silagem podem ser um reflexo da intensidade de reações promovidas por fungos filamentosos e leveduras. A população de leveduras de 7,26 log ufc/g nesta silagem, a maior entre as silagens avaliadas, pode estar relacionada a um melhor padrão fermentativo, resultado da aplicação do aditivo enzimo-bacteriano o qual gerou maior concentração de substratos e, conseqüentemente, maior atividade microbiológica.

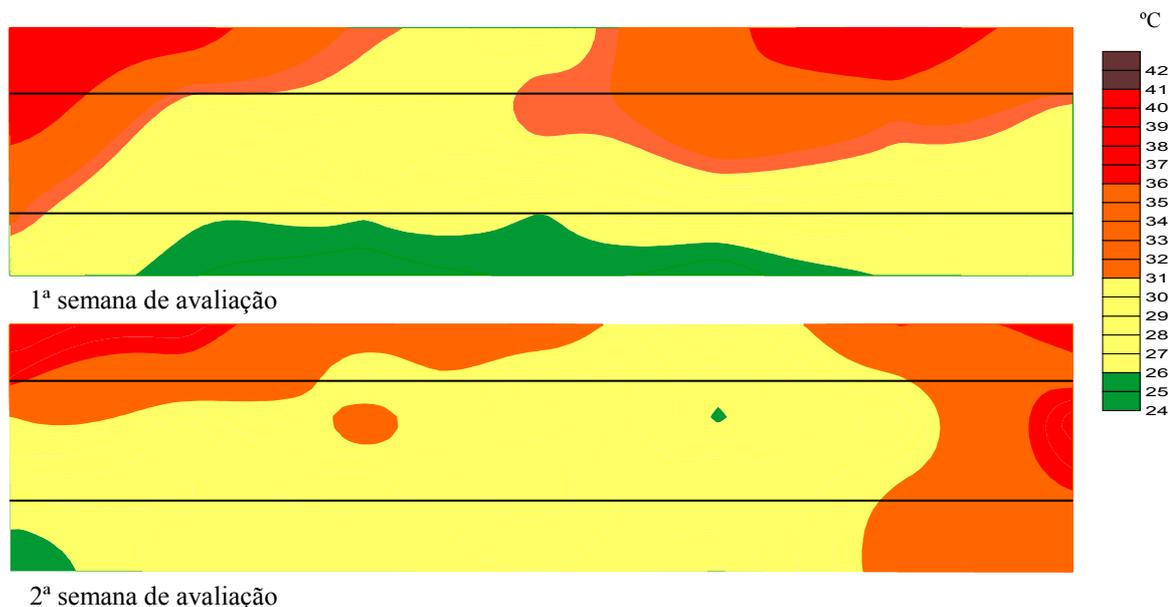


Figura 9 - Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 20 cm, com adição de inoculante durante a 1ª semana e a 2ª semana de avaliação.

Pode-se observar temperaturas bem elevadas em uma grande área do painel do silo da silagem de milho com altura de corte de 40 cm e com aditivo já na primeira semana de avaliação (Figura 10). Estas extensas faixas de temperaturas mais elevadas podem ser explicadas pela oxidação de açúcares residuais e ácido lático por leveduras e fungos filamentosos, que apresentaram concentrações de 6,60 e 3,35 ufc/g de silagem neste tratamento em razão da baixa ME observada nos estratos superior ($107,22\text{kg/m}^3$) e mediano ($368,73\text{ kg/m}^3$) encontraram condições propícias para se desenvolverem.

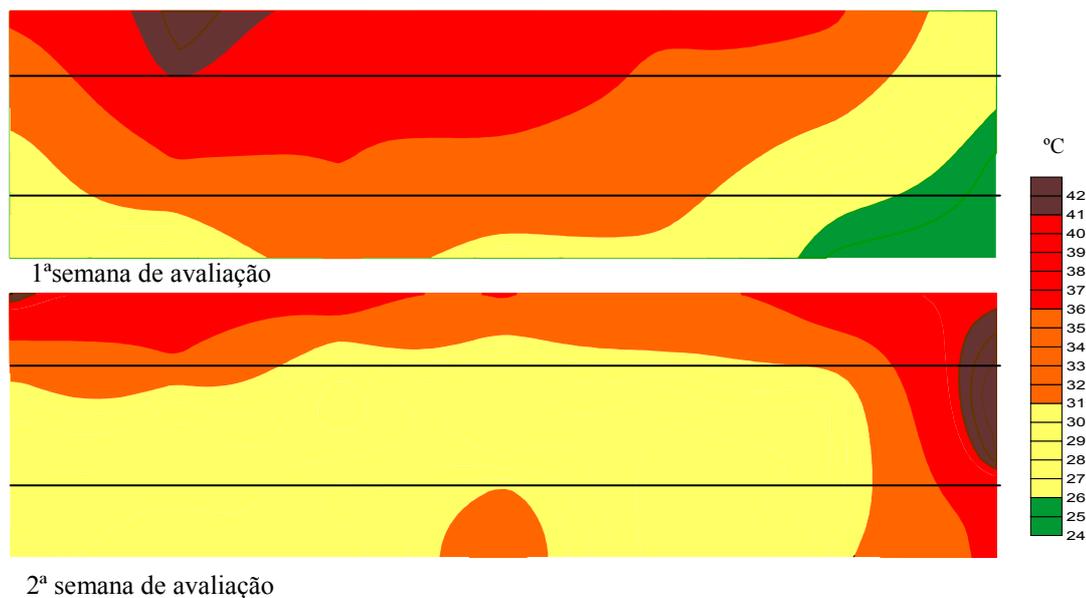


Figura 10 - Termografia do painel da silagem de milho com altura de corte de 40 cm, com adição de inoculante durante a 1ª semana e a 2ª semana de avaliação.

Nas termografias apresentadas dos painéis das quatro silagens, as regiões em maior contato com o O_2 determinaram condições de maiores temperaturas na massa ensilada, o que indica a atividade de microrganismos aeróbios e consequente deterioração. Uma vez que a presença de oxigênio na silagem determina a multiplicação de alguns grupos de microrganismos aeróbios que consomem os compostos energéticos presentes, elevando as perdas de MS e reduzindo o valor nutritivo do alimento (Pahlow et al., 2003).

CONCLUSÕES

O inoculante enzimo-bacteriano e a altura de corte do milho não mostraram efeito sobre a população de fungos filamentosos e leveduras nas silagens durante a fase de utilização. A silagem de milho com altura de corte de 40 cm com adição de inoculante enzimo-bacteriano, apresentou as menores massas específicas e as maiores temperaturas, evidenciando baixa estabilidade aeróbia. O penetrômetro pode ser utilizado como método indireto na determinação da massa específica de silagens de milho, uma vez que a correlação entre a massa específica estimada e a massa específica observada foi alta e positiva.

LITERATURA CITADA

- AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. ET al. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.6, p.977-983, 2008.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; HEN, Y.; FILYA, I. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. ***Journal Industrial Microbiology & Biotechnology***. v.28, p.261-263, 2002.
- BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia de silagens**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.103p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.
- BOLSEN, K.K.; DICKERSON, J.T.; BRENT, B.E. et al. Rate and extent of top spoilage in horizontal silos. ***Journal of Dairy Science***, v.76, p. 2940-2962, 1993.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton *et al.* ***Silage Science and Technology***. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.
- HIGGINBOTHAM, G.E.; MUELLER, S.C.; BOLSEN, K.K. et al. Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. ***Journal of Dairy Science***, v.81, n.8, p.2185-2193, 1998.
- HENDERSON, N. Silage additives. ***Animal Feed Science and Technology***, v.45, n.1, p.35-56, 1993.
- HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Factors affecting bunker silos densities. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.
- JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES**, 1., 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 2003. p.1-26.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.36, p.101-119, 2007.
- MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Eds). ***Silage Science and Technology***. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 251-304.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. ***The biochemistry of silage***. New York: Chalcombe Publications, 1991. 339p
- NEUMANN, M. **Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 208p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, 2001.
- NEUMANN, M.; MUHLBACH, P.R.F.; NORRBER, J.L. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.36, n.5, p.1603-1613, 2007.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importancia da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. IN: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS**, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.127-145.

- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. ET AL. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (EDS). **Silage Science and Technology**. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 31-94.
- RANJIT, N.K; KUNG. Jr, L. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.
- RUIZ, R.L. Fungos e seu interesse em zootecnia. In: Microbiologia zootécnica. São Paulo: Roca, 1992. p.37-50.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.