

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO MACHADO DOS SANTOS

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FERMENTATIVAS, ESTABILIDADE AERÓBIA E
PERDAS DO CAPIM PIONEIRO (*Pennisetum purpureum* Schum.) ENSILADO COM
PERMEADO DE SORO DE LEITE E *Lactobacillus buchneri*

PALOTINA

2014

TIAGO MACHADO DOS SANTOS

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FERMENTATIVAS, ESTABILIDADE AERÓBIA E PERDAS DO CAPIM PIONEIRO (*Pennisetum purpureum* Schum.) ENSILADO COM PERMEADO DE SORO DE LEITE E *Lactobacillus buchneri*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, linha de pesquisa em Nutrição, Manejo Animal e Forragicultura, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Américo Fróes Garcez Neto

PALOTINA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237 Santos, Tiago Machado dos
Características químicas, fermentativas, estabilidade aeróbia e perdas do capim pioneiro (*Pennisetum purpureum* schum.) ensilado com permeado de soro de leite e *Lactobacillus buchneri*; Orientador, Américo Fróes Garcez Neto.
- Palotina, PR, 2015.
81p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR -- Área de concentração: Produção Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2015.

1. Gramínea tropical 2. Inoculante 3. *Lactobacillus buchneri*.
I. Américo Fróes Garcez Neto. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título

CDU 591.53



TERMO DE APROVAÇÃO

TIAGO MACHADO DOS SANTOS

**“CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FERMENTATIVAS, ESTABILIDADE AERÓBIA E PERDAS DO
CAPIM-PIONEIRO (*Pennisetum purpureum Schum.*) ENSILADO COM PERMEADO DE SORO
DE LEITE E *Lactobacillus buchneri*”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Área de Concentração em Produção Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Professor. Dr. Américo Fróes Garcez Neto

Presidente/Orientador(a): Universidade Federal do Paraná

Dr.^a. Kátia Fernanda Gobbi

Membro: Instituto Agrônômico do Paraná

Professor Dr. Sergio Rodrigo Fernandes

Membro: Universidade Federal do Paraná

Palotina 10 de outubro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TIAGO MACHADO DOS SANTOS – filho de Ranulfo Pinheiro dos Santos e Doris Machado dos Santos, nasceu na cidade de Curitiba – PR em 30 de janeiro de 1989. Ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Paraná – UFPR, em março de 2007, onde foi membro fundador do Grupo de Estudos em Nutrição de Ruminantes e Forragicultura – GENFOR, monitor da disciplina Forragicultura e Pastagens e aluno de iniciação científica no período de 2010 a 2011, obtendo o título de Médico Veterinário em março de 2012. Em abril de 2012, ingressou no curso de Pós-graduação em Ciência Animal, linha de pesquisa em Nutrição, Manejo Animal e Forragicultura, Setor Palotina.

A vida é curta demais para ser pequena

Benjamin Disraeli

A Deus, que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

Aos meus pais, meu irmão e minha noiva Yara que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Américo Fróes Garcez Neto pela orientação, competência e acima de tudo por sempre ter acreditado no meu trabalho. Essa confiança está sendo traduzida em oportunidades que dia-a-dia me fazem crescer como ser humano e pesquisador.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. A minha vida durante o período de mestrado sempre foi melhor por conta das risadas e descontração que este laboratório sempre me proporcionou.

À Larissa Goltz e ao Ricardo Davi Kliemann. Sempre bem humorados e demonstrando boa vontade em tudo o que foi solicitado.

Ao Sergio Rodrigo Fernandes pela parceria e vontade incansável de trabalhar. Apesar de convivermos a pouco tempo, suas observações e paciência sempre me inspiraram muita confiança.

Aos professores do “Bloco de Nutrição Animal”, em especial ao professor José Antônio de Freitas por sempre confiar em meu trabalho, sempre me enxergando como um colega, e não apenas como aluno.

Aos membros da banca examinadora que pacientemente leram a dissertação, corrigindo os erros e contribuindo com toda experiência profissional.

Aos colegas de pós-graduação. Manifesto meu agradecimento pelos bons momentos que passamos no decorrer do processo.

Aos meus familiares que sempre me deram forças e me engrandeceram com seus bons exemplos.

A minha futura esposa Yara por todo apoio, incentivo e amor. Enchendo-me confiança.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina pela oportunidade de realização do curso.

Ao Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo.

Muito Obrigado!

RESUMO

Foram conduzidos dois estudos com o objetivo de avaliar o efeito da utilização de permeado de soro de leite e de inoculante bacteriano contendo *Lactobacillus buchneri* em silagens de capim Pioneiro (*Pennisetum purpureum* Schum.) durante os períodos pré e pós-abertura dos silos. No primeiro, objetivou-se avaliar a composição bromatológica e as diferentes perdas decorrentes do período fermentativo destas silagens. No segundo, o objetivo foi avaliar as mudanças no perfil fermentativo, nos parâmetros químico-bromatológicos e a estabilidade do material após a abertura dos silos. A adição de permeado de soro diminuiu a umidade da massa ensilada. Durante o período pré-abertura dos silos, a inoculação com *L. buchneri* ocasionou o aumento dos teores de proteína bruta, FDN, FDA, hemicelulose e a diminuição dos teores de carboidratos não fibrosos, tendo isto ocorrido possivelmente devido à utilização de carboidratos não fibrosos por bactérias durante a fermentação. As perdas relativas no período pré-abertura dos silos apresentaram um padrão semelhante para todos os níveis de permeado. Foi verificado efeito linear crescente ($P < 0,05$) da inclusão de permeado sobre as perdas acumuladas totais. No segundo estudo foi detectada quebra da estabilidade aeróbia em todas as silagens testadas. Houve redução nos teores de matéria seca durante o período de exposição aeróbia. Nos teores de FDN e nos de FDA, observou-se que tanto o fator tempo, quanto o fator níveis de permeado apresentaram efeito quadrático, onde se evidencia um aumento na concentração desses nutrientes durante os primeiros dias de estabilidade aeróbia, seguido de uma diminuição destes níveis no período final de avaliação aeróbia. O uso de permeado do soro de leite desidratado e de inoculante contendo *L. buchneri* na silagem de capim Pioneiro pode proporcionar silagens com maior valor nutricional. Entretanto, podem aumentar as perdas durante todo o processo de confecção e utilização das silagens. O uso *L. buchneri* é mais efetivo na melhoria da estabilidade aeróbia de silagens de capim Pioneiro com elevada umidade do que a utilização de permeado de soro.

Palavras-chave: fermentação, gramínea tropical, inoculante, perdas

ABSTRACT

Two studies were carried out with the aim to evaluate the effect of the use of whey permeate and bacterial inoculant containing *Lactobacillus buchneri* in Pioneiro grass silages before and after silo opening. In the first study, the aim was to evaluate the chemical composition and losses of these silages during the fermentative period. In the second study, the aim was to evaluate the changes in fermentation profile, nutritional parameters and aerobic stability. The addition of whey permeate was able to decrease the moisture of the silages. During the fermentative phase, inoculation by *L. buchneri* resulted in increased levels of crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose and decreasing levels of non-fibrous carbohydrates. The result found is likely due to the use of non-fiber carbohydrates by bacteria during fermentation. Relative losses during the fermentative period presented similar results to all levels of whey permeate addition. An increased linear effect was found to total accumulative losses with the addition of whey permeate ($P < 0.05$). In the second study was observed the break of aerobic stability to all tested silages. There was a negative effect of time on the dry matter content during aerobic exposure. The neutral detergent fiber and acid detergent fiber were affected by the whey permeate and aerobic exposure, both presenting a quadratic effect where it was observed an increase in the concentration of these nutrients during the first days of aerobic exposure followed by a decrease in those levels in the final period of aerobic evaluation. The use of dehydrated whey permeate and inoculant containing *L. buchneri* to Pioneiro grass silages can provide an improvement in the nutritional value of the silages. However, the losses with whey permeate may increase during the fermentation and after silo opening. The *L. buchneri* is more effective to improve the quality of Pioneiro grass silages with high moisture content than the use of dehydrated whey permeate.

Keywords: fermentation, inoculant, losses, tropical grass

LISTA DE ABREVIATURAS

- CE – Condutividade elétrica
- CNF – Carboidratos não fibrosos
- CT – Capacidade tampão
- EE – Extrato etéreo
- FDA – Fibra em detergente ácido
- FDN – Fibra em detergente neutro
- LIG – Lignina
- MM – Matéria mineral
- MN – Matéria natural
- MS – Matéria seca
- NDT – Nutrientes digestíveis totais
- PB – Proteína bruta
- PE – Perdas por efluentes
- PVC – Policloreto de vinil
- RMS – Recuperação da matéria seca

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Composição bromatológica (% da matéria seca - MS) do capim Pioneiro e do permeado de soro de leite.....	34
Tabela 2. Valores médios para a composição químico-bromatológica obtidos no capim Pioneiro ensilado com níveis de permeado de soro de leite e <i>Lactobacillus buchneri</i>	38

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição bromatológica (% da matéria seca - MS) do capim Pioneiro e do permeado de soro de leite.....	55
Tabela 2. Valores médios para os teores de matéria seca (%) e matéria mineral (%) obtidos no capim Pioneiro ensilado com níveis de permeado de soro de leite e inoculados com <i>Lactobacillus buchneri</i>	61
Tabela 3. Valores médios para a os teores de proteína bruta obtidos no capim Pioneiro ensilado com níveis de permeado de soro de leite e <i>Lactobacillus buchneri</i>	62

LISTA DE FIGURAS

Página

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1. Efeito de diferentes substâncias no controle do fungo *Aspergillus niger* em ambiente de pH 4,0. Símbolos: ▼, ácido lático; ○, 1,2-propanediol; ●, ácido acético. Fonte: modificado de Danner et al. (2003).22
- Figura 2. Destino do ácido orgânico em ambiente de baixo pH, na presença da célula fúngica (BERNARDES, 2006; adaptado de DAVIDSON, 1997).23

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Avaliação das perdas relativas (% MN) em função dos períodos de anaerobiose no processo de ensilagem do capim Pioneiro com a adição de níveis (0, 2,5; 5,0 e 10,0%) de permeado do soro do leite desidratado. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.....42
- Figura 2. Efeito da adição de níveis de permeado de soro de leite sobre as porcentagens de perdas acumuladas totais $Y = 4,3060 + 0,0752x$ $R^2 = 0,7780$43
- Figura 3. Perdas acumuladas totais durante o período de fermentação na ensilagem do capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. $Y = 7,3692 (1 - e^{-0,1114x})$44
- Figura 4. Perdas por efluentes na ensilagem do capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. $Y = 96,4702 + 2,7015x$ $R^2 = 0,7954$45
- Figura 5. Recuperação da matéria seca na ensilagem do capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. $Y = 95,8223 - 4,1953x + 0,2100x^2$ $R^2 = 0,9965$46

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Quebra da estabilidade aeróbia das silagens capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. — (0%); (2,5%); - - - (5,0%); - · - · - (10,0%).....58
- Figura 2. Teores de matéria seca (%), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 21,0392 - 0,0449*L + 0,0334*L^2 - 0,3113*T + 0,0230*LT$ ($R^2 = 0,9412$).....59

Figura 3. A. Teores de fibra em detergente neutro (%) (FDN). B. Teores de fibra em detergente ácido (%) (FDA), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. A: $Y = 68,7199 - 0,3114*L - 0,0718*L^2 + 0,7983*T - 0,0436*T^2$ $R^2 = 0,9108$. B: $Y = 50,0652 - 0,3224*L - 0,0822*L^2 + 0,2680*T - 0,0446*T^2 + 0,0372*LT$ $R^2 = 0,6597$	64
Figura 4. Teores de celulose (%), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 37,6995 - 0,8719*L - 0,4898*T + 0,0488*LT$ $R^2 = 0,6585$	66
Figura 5. Teores de pH na ensilagem do capim Pioneiro durante o período de estabilidade aeróbia. $Y = 3,6625 + 0,7476x - 0,0441x^2$ $R^2 = 0,6895$	68
Figura 6. A: Condutividade elétrica ($mS.cm^{-1}$), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 775,8309 + 24,2152*L - 53,3711*T + 2,9018*T^2$ $R^2 = 0,7490$. B: Condutividade elétrica ($mS.cm^{-1}$), em função dos dias de exposição aeróbia para cada nível de permeado: 0,0; 2,5; 5,0 e 10,0%, a partir dos cortes na superfície ajustada para condutividade elétrica.	70
Figura 7. Capacidade Tampão ($meq. 100g MS^{-1}$), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 20,7411 + 0,5881*L - 3,8321*T + 0,2039*T^2$ $R^2 = 0,8375$	71
Figura 8. Valores de N-NH ₃ (% N total), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 13,6085 - 0,7643*L + 0,0610*L^2 - 1,8294*T + 0,1066*T^2$ $R^2 = 0,5822$	73

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Capim-Elefante cultivar Pioneiro (<i>Pennisetum purpureum</i> schum. Cv Pioneiro).....	17
2.2 Ensilagem de forrageiras tropicais	18
2.3 Uso de aditivos na ensilagem	19
2.3.1 <i>Lactobacillus buchneri</i>	20
2.4 Permeado de soro.....	24
2.5 Referências	25
3. OBJETIVOS	29
3.1 Objetivos específicos	29
4. CAPÍTULO 1 - PERDAS E VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE CAPIM PIONEIRO COM NÍVEIS DE PERMEADO DE SORO DE LEITE E <i>Lactobacillus buchneri</i>	30
4.5 Introdução	32
4.6 Material e Métodos.....	33
4.7 Resultados e Discussão.....	36
4.8 Conclusão	47
4.9 Referências	48
5. CAPÍTULO 2 – ESTABILIDADE AERÓBIA E MUDANÇAS NO PADRÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICO E FERMENTATIVO DE SILAGENS DE CAPIM PIONEIRO COM NÍVEIS DE PERMEADO DO SORO DE LEITE E <i>Lactobacillus buchneri</i>	51
5.1 Resumo.....	51
5.2 Palavras-chave	51
5.3 Abstract.....	52
5.4 Keywords	52
5.5 Introdução	53
5.6 Material e Métodos.....	55
5.7 Resultados e Discussão.....	57

5.8 Conclusão	73
5.9 Referências	74
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	78

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção agropecuária tem se constituído, ao longo dos anos, como uma das atividades produtivas de maior importância para o desenvolvimento econômico e social do país. São milhões de hectares ocupados com lavouras e pastagens que correspondem a aproximadamente 27% de todo território brasileiro (IBGE, 2006). Na maior parte (76%) dessas áreas se desenvolve uma atividade pecuária ainda muito heterogênea e caracterizada, na maioria dos casos, como sistemas mal manejados e de baixa remuneração. A baixa eficiência resultante desse tipo de manejo tem feito com que a produção desses sistemas fique cada vez mais dependente de uma escala de produção incompatível com as atuais necessidades de uso da terra, onde o produto final da exploração deve ser obtido sem que haja danos ao meio ambiente, mantendo a biodiversidade, e sendo econômica e socialmente sustentáveis.

Para que estas premissas sejam atendidas, práticas de manejo na produção animal devem ser adotadas. No caso da pecuária, um dos problemas frequentemente enfrentados pelos produtores é a sazonalidade da produção de forragens ao longo do ano, gerando períodos de grande produção, seguidos de escassez, diminuindo, portanto, a produção de carne e leite. Para diminuir os efeitos da escassez de forragens nos períodos mais críticos do ano, pode-se utilizar a prática da conservação de forragens, tanto na forma de fenação como na ensilagem, sendo a silagem o meio mais difundido e utilizado (Evangelista, 2001).

Para produção de silagem, pode-se utilizar uma grande variedade de forrageiras, tanto gramíneas quanto leguminosas. Das gramíneas utilizadas para a produção de silagens, o capim Pioneiro (*Pennisetum purpureum* Schumach) destaca-se por sua alta produção de matéria seca e bom valor nutritivo. No entanto, esta forrageira possui elevada umidade e baixos teores de carboidratos solúveis na idade em que se apresenta com o valor nutritivo ideal para o corte. Segundo McDonald (1981), estes são fatores que inibem um adequado processo fermentativo, dificultando a obtenção de silagens de boa qualidade. De acordo com Lavezzo (1994), técnicas que promovam a elevação dos teores da matéria seca da massa ensilada e aumentem seus níveis de carboidratos solúveis devem ser utilizadas para a obtenção de uma silagem de maior qualidade.

O permeado de soro de leite é um subproduto desidratado do processamento do leite, após a remoção da gordura, que é obtido através do processo de ultrafiltração do soro para a obtenção de concentrado de proteína. É um produto cuja apresentação comercial se dá na forma de pó, devido à facilidade do seu armazenamento e conservação, além de conter elevados teores de açúcares (90,0% na MS) e elevados teores de matéria seca (acima de 90%). Uma das alternativas de sua utilização é na ensilagem, como fonte de carboidratos fermentescíveis para bactérias láticas e como elevador do teor de matéria seca da silagem, podendo com isso melhorar o perfil de fermentação e diminuir as perdas decorrentes do processo fermentativo.

O fornecimento de substratos fermentescíveis para as bactérias láticas deve promover uma redução mais rápida do pH destas silagens durante o período de fermentação, restringindo a degradação proteica e reduzindo as perdas de matéria seca durante o processo fermentativo. Porém, estudos comprovam que mesmo silagens corretamente preservadas apresentam problemas de deterioração na fase pós-abertura dos silos (Ávila, 2009). Nesta fase, com a ocorrência da entrada de oxigênio no silo, há uma facilitação ao desenvolvimento de microrganismos aeróbios facultativos, aumentando as perdas de nutrientes das silagens. (Nishino *et al.*, 2002). Neste sentido, diversos estudos têm sido conduzidos com a finalidade de se aumentar a estabilidade das silagens na fase aeróbia.

A utilização de inoculantes microbianos contendo *Lactobacillus buchneri* em silagens, como forma de diminuir os efeitos negativos do oxigênio no período de pós-abertura dos silos, tem se mostrado como uma maneira promissora na conservação da massa ensilada. Este grupo bacteriano tem por característica uma maior formação de ácido acético, o que acaba por inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis (Kleinschmit & Kung Jr., 2006).

Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de se conhecer o potencial de utilização do capim Pioneiro para conservação, na presença ou não de diferentes tipos de aditivos. Assim, o estudo de técnicas com a adição de materiais absorventes de umidade, fornecedores de carboidratos fermentescíveis e microrganismos favoráveis à conservação de silagens são uma possibilidade de melhoria na utilização de forrageiras de alta capacidade produtiva.

Nesse sentido, a dissertação foi elaborada em capítulos, de forma que no Capítulo 1 foi avaliado como a adição de níveis de permeado de soro de leite e a

utilização de *L. buchneri* interferem nas perdas e no valor nutritivo das silagens de capim Pioneiro. Já no Capítulo 2 foi avaliada como a inclusão desses aditivos afetam as características nutricionais e fermentativas na estabilidade aeróbia das silagens de capim Pioneiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CAPIM-ELEFANTE CULTIVAR PIONEIRO (*Pennisetum purpureum* schum. Cv Pioneiro)

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma forrageira tropical perene que tem sua origem na África Tropical, sendo os territórios da Guiné, de Moçambique, de Angola, do Zimbábue e do sul do Quênia as principais áreas de diversidade genética da espécie, a qual ocorre nos vales férteis, com precipitação pluvial superior a 1.000mm ano⁻¹. Esta forrageira foi descoberta no início do século XX e introduzida no Brasil em 1920. Por muito tempo, após sua chegada ao país, o capim-elefante foi utilizado quase que exclusivamente como capineira para fornecimento de forragem aos animais (Araújo *et al.*, 2008). Porém nos últimos anos o interesse por esta forrageira vem crescendo devido à possibilidade de se aumentar a produtividade por área e com isso reduzir as áreas utilizadas para pastagem.

Quando esta forrageira começou a ser utilizada no Brasil, apenas duas cultivares eram exploradas: cv. Merker (colmos finos e lâminas foliares estreitas) e cv. Napier (colmos grossos e lâminas foliares largas) (Otero, 1961). Apesar da alta produtividade por área, esta forrageira possui um rápido alongamento de seus colmos, reduzindo, com isso, o valor nutritivo no decorrer do crescimento. Isto prejudica o desempenho dos animais, reduzindo o consumo de matéria seca (MS) ao longo do tempo.

Neste sentido, nos últimos anos buscou-se, através da seleção e do melhoramento genético, produzir novas cultivares dessa forrageira. Uma destas novas cultivares é o capim Pioneiro, obtido pelo cruzamento das variedades Três Rios e Mercker Santa Rita pela Embrapa Gado de Leite. Esta forrageira possui como características: apresentar touceiras de formato aberto, grande número de perfilhos aéreos e basais, colmos finos e folhas eretas de comprimento intermediário. Esta cultivar também se destaca pelo elevado poder germinativo dos seus colmos, crescimento vegetativo vigoroso e rápida expansão das touceiras (Pereira *et al.*, 1997). Quanto ao potencial produtivo, o capim Pioneiro apresenta maior produção de MS em relação a outros cultivares e elevada proporção de folhas (>80%) (Santos

et al., 2003). Inicialmente recomendou-se seu cultivo na região de Minas Gerais, mas devido às características produtivas e adaptação em outras regiões do país, desperta crescente interesse na Região Sul do Brasil.

2.2. ENSILAGEM DE FORRAGEIRAS TROPICAIS

O sucesso na produção de ruminantes está fortemente ligado a uma oferta de alimento regular. Porém, a produção de forragem não é constante durante o ano, especialmente devido a variações climáticas entre as estações. Uma das alternativas mais antigas de suplementação alimentar com grande potencial de exploração no Brasil está relacionada à conservação de forragens, particularmente na produção de silagem.

O uso do excesso de produção dos pastos, na forma de silagem, tem se tornado mais frequente na produção animal, como forma de minimizar os problemas da escassez de alimento em alguns períodos do ano (Santos *et al.*, 2010). A técnica da ensilagem visa promover a conservação das características qualitativas da forragem original, por meio da fermentação da planta forrageira na ausência de oxigênio, picada e acondicionada num curto intervalo de tempo em uma estrutura de armazenagem (silo), ao mesmo tempo em que garante estoque de alimento ao rebanho, particularmente nos períodos em que a oferta de forragem no pasto não atende a demanda dos animais. A eficiência desse processo de conservação pode ser medida pelo nível de perdas qualitativas e quantitativas na massa ensilada, as quais são influenciadas por características próprias das plantas e pelo processo fermentativo (Nussio *et al.*, 2001; Jobim *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2009).

Durante a fermentação do material ocorrem transformações químicas, com alguma perda de nutrientes. Esta perda está ligada à adoção de práticas incorretas de obtenção e ensilagem do material, além de perdas comuns ao processo fermentativo, como mudanças bioquímicas e a própria respiração das plantas.

Para que haja uma melhora na produção de forragens, alguns fatores importantes devem ser observados. O teor de umidade da planta possui grande influência nas reações bioquímicas que ocorrerão durante o período de armazenamento no silo, afetando diretamente o valor nutritivo da silagem (Paziani,

2004). Além da umidade, a presença de oxigênio dentro do silo também é um fator decisivo na produção de uma boa silagem, pois o oxigênio inibe o crescimento de bactérias produtoras de ácido lático, além de prolongar o período de respiração das plantas, o que gera um consumo maior dos carboidratos fermentescíveis, aumentando as perdas de nutrientes e diminuindo a quantidade de ácido lático da silagem. Esses fatores acabam por dificultar a estabilização do material, propiciando o crescimento de microrganismos indesejáveis. Esses problemas são agravados quando o capim é ensilado no ponto de maior valor nutritivo, ou seja, planta mais jovem, com alto teor de umidade.

Apesar de ser uma silagem considerada de baixo custo quando comparada com o milho, o sorgo e a cana, o uso de capins tropicais na conservação deve ser avaliado com cautela, pois devido às perdas durante o processo fermentativo e pós-abertura dos silos, a silagem de capins tropicais pode acabar se tornando uma alternativa inviável.

2.3. USO DE ADITIVOS NA ENSILAGEM

Na tentativa de melhorar o padrão fermentativo das forrageiras que não atendem os pré-requisitos para a obtenção de silagens de boa qualidade, a utilização de aditivos, combinados ou não com a técnica do emurchecimento, tem sido uma alternativa intensamente explorada na comunidade científica e empregada por técnicos e produtores (Ribeiro *et al.*, 2009). No entanto, a diversidade de resultados encontrados entre diferentes trabalhos tem apontado para uma relação mais específica do que se esperava entre o tipo de forragem a ser conservada e o aditivo a ser utilizado (Zopollatto *et al.*, 2009).

A dificuldade em gerar resultados mais convergentes entre os diferentes tipos de aditivos disponíveis no mercado tem sido relacionada à grande inter-relação entre os substratos disponíveis para a fermentação, os produtos gerados pela fermentação e o tipo de transição que se desenvolve no ambiente da massa ensilada antes e após a abertura do silo. A ampla variação na combinação desses três fatores nem sempre resulta numa silagem considerada como padrão ou ideal.

De maneira geral, as perdas que ocorrem na ensilagem deveriam representar a magnitude dos desvios considerados como normais dentro desse processo de conservação. Como referencial para avaliação de muitas silagens, alguns autores tem relatado índices de perdas de 7 a 40% (McDonald *et al.*, 1991). Como valor médio, essas perdas giram em torno de 20%, sendo de 3 a 9% na fase de colheita (Bernardes *et al.*, 2005) e de 6,1 a 24,6% durante a fermentação (Zopollato *et al.*, 2009).

Como as maiores perdas têm ocorrido no processo fermentativo, o desenvolvimento e utilização de aditivos para silagens tem sido um dos campos mais explorados na pesquisa nos últimos anos (Ribeiro *et al.*, 2009). De maneira geral, podem-se classificar esses aditivos em três categorias: 1) estimulantes da fermentação, representados normalmente pelos inoculantes bacterianos e enzimas; 2) fontes de nutrientes e/ou absorventes de umidade; e 3) inibidores da fermentação, representados por ácidos orgânicos ou inorgânicos.

2.3.1 *Lactobacillus buchneri*

A utilização de aditivos na produção de silagens pode melhorar a qualidade do processo fermentativo. Atualmente a utilização de inoculantes microbianos está difundida em todo o mundo, devido ao fato desta ser uma prática segura, de fácil manipulação e de grande disponibilidade do mercado (Ávila *et al.*, 2009).

Nas silagens de capins tropicais, onde a concentração de carboidratos solúveis normalmente é baixa, há um maior apelo à utilização de inoculantes bacterianos que contém em sua composição bactérias homofermentativas. Este grupo bacteriano atua no incremento da população de bactérias visando um aumento na produção de ácido lático, aumentando o potencial de conservação do produto final, além de inibir o crescimento de microrganismos que podem ser danosos tanto para o próprio processo fermentativo, quanto para o animal que irá consumir esta silagem (Bolsen, 1995).

Durante a década de 90, o principal objetivo na produção de aditivos para silagens era desenvolver tecnologias baseadas na utilização de bactérias homofermentativas. Porém, através de estudos, ficou comprovado que silagens que

recebiam inoculação com bactérias homofermentativas e, com isso, eram melhor preservadas apresentavam maiores problemas de deterioração no período pós-abertura dos silos. Isto se deve a uma grande multiplicação de microrganismos que se mantiveram inativos durante a fase de anaerobiose, além do fato de que silagens com altas concentrações de carboidratos e ácido láctico apresentam os substratos necessários para que estas bactérias se desenvolvam (Nishino *et al.*, 2003).

Diante deste panorama, algumas medidas têm sido adotadas para evitar a espoliação de nutrientes não apenas durante o período de anaerobiose, mas também no período de aerobiose das silagens. Diversos trabalhos, utilizando diferentes técnicas de inoculação com bactérias ácido-lática, enzimas e diferentes aditivos nutricionais já foram realizados sem sucesso para avaliar maneiras de se aumentar a estabilidade aeróbia de silagens (Ely *et al.*, 1981; Rodrigues *et al.*, 2002; Rabelo *et al.*, 2012). Portanto, trabalhos têm sido realizados buscando novas práticas e novos tipos de inoculantes que auxiliem na manutenção da estabilidade aeróbia das silagens.

Uma bactéria do grupo das heterofermentativas, *Lactobacillus buchneri*, tem sido eficiente em aumentar a estabilidade e a preservação de silagens de forrageiras tropicais. Esta bactéria produz como componente principal de sua fermentação o ácido acético (Pahlow *et al.*, 2003), o qual possui ação antifúngica, além de ser um componente químico que, em níveis crescentes, pode aumentar a estabilidade aeróbia das silagens através do controle da multiplicação de microrganismos deterioradores (Danner *et al.*, 2003), conforme comprovado na Figura 1.

Este microrganismo produz ácidos orgânicos considerados fracos, no que se refere à eficiência em reduzir o pH da massa ensilada. Entretanto, a principal ação desses ácidos se dá sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos. Segundo Danner *et al.* (2003), o ácido acético, que é produzido amplamente pelo *L. buchneri* seria um dos poucos ácidos orgânicos presentes na silagem que possui efeito positivo na inibição de leveduras e compostos que podem causar degradação da massa ensilada no período pós abertura dos silos.

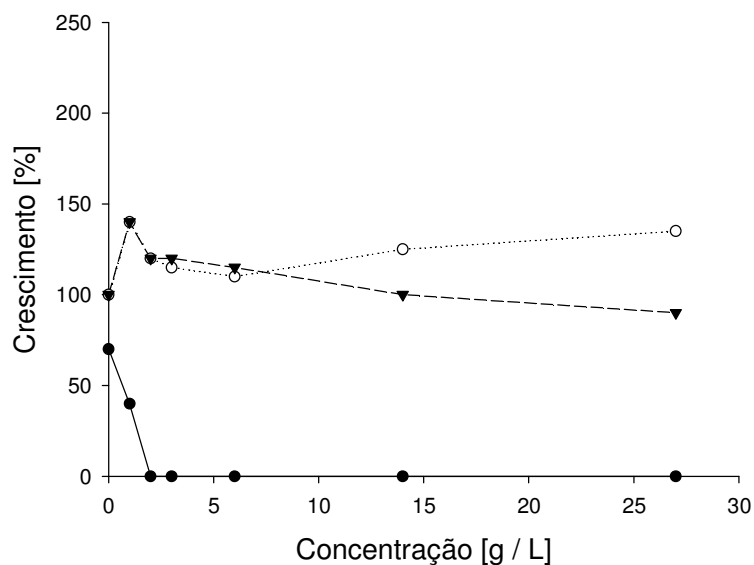


Figura 1. Efeito de diferentes substâncias no controle do fungo *Aspergillus niger* em ambiente de pH 4,0. Símbolos: ▼, ácido láctico; ○, 1,2-propanediol; ●, ácido acético. Fonte: Modificado de Danner *et al.* (2003).

O *L. buchneri* apresenta capacidade de degradar, em ambiente anaeróbico, ácido láctico em ácido acético e 1,2-propanediol, em quantidades equimolares (Oude Elferink *et al.*, 2001). A própria redução de ácido láctico representa diminuição de substratos potencialmente fermentáveis por fungos e leveduras. Portanto, esse microrganismo possui elevado potencial de uso em silagens de capins tropicais.

De acordo com Panesar *et al.* (2007), bactérias heteroláticas fermentam D-Glicose produzindo lactato e etanol, já a frutose é fermentada a ácido láctico, ácido acético e manitol (McDonald *et al.*, 1991). Porém, mesmo o *L. buchneri* sendo uma bactéria heterolática, ela não produz etanol, pois não possui a enzima acetaldéido desidrogenase, que é responsável por reduzir acetaldéido a etanol. Como este microrganismo não produz etanol há um aumento na concentração de ácido acético provenientes de sua fermentação.

Em solução com pH inferior ao pKa, o ácido acético encontra-se não dissociado, o que possibilita que o mesmo entre por difusão passiva nas células das leveduras. Quando esse ácido se dissocia, há liberação de íons H⁺, tendo um efeito tóxico nas leveduras. Com isso, há um gasto de energia na forma de ATP para expulsar o H⁺, o que causa redução da multiplicação desses microrganismos e até mesmo sua morte (Figura 2).(McDonald *et al.*, 1991).

Porém, o controle no crescimento e multiplicação de microrganismos indesejáveis não se dá apenas pela ação do ácido acético. O *L. buchneri* também é responsável pela produção de bacteriocinas, que possuem efeitos antimicrobianos. Yildirim (2001) verificou que o *L. buchneri* é capaz de produzir uma bacteriocina, a buchnericina, com potencial de ser utilizada no controle de bactérias gram-positivas, as quais estão, geralmente, estão associadas à deterioração de alimentos.

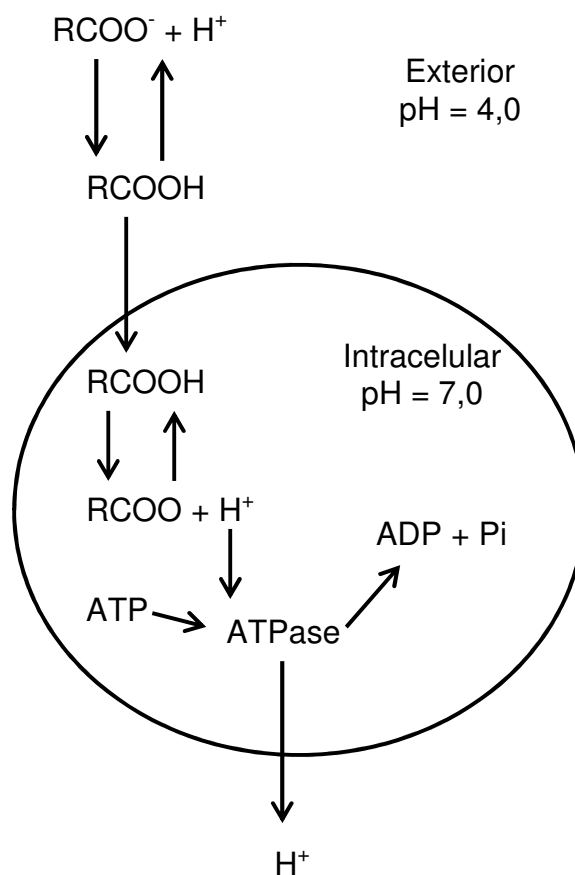


Figura 2. Destino do ácido orgânico em ambiente de baixo pH, na presença da célula fúngica (BERNARDES, 2006; adaptado de DAVIDSON, 1997).

O valor nutricional e sanitário dos alimentos fornecidos aos animais tem cada vez mais sido uma preocupação no meio científico, pois os mesmos tem efeito direto na qualidade do produto final (carne e leite). A presença de micotoxinas nas silagens está relacionada com o aumento da população de fungos, que metabolizam substratos presentes no material e, com isso, geram agentes patogênicos.

Portanto, há uma preocupação com a presença de fungos e de micotoxinas em silagens com vistas à saúde do animal que irá receber este alimento. Neste

sentido, há uma possibilidade de se reduzir a população fúngica e também a quantidade de micotoxinas presentes na silagem através da utilização de inoculantes contendo *L. buchneri*.

2.4. PERMEADO DE SORO

O permeado de soro é um subproduto obtido quando o soro do queijo é ultrafiltrado para concentrar a proteína do soro. As proteínas do soro ficam retidas, enquanto pequenas moléculas como lactose e sais passam através da membrana no fluxo de permeado. O permeado contém, em média 3 a 8% de proteína bruta (PB), acima de 85% de carboidratos, 1,5% de gordura e de 8 a 20% de minerais (Stoliar, 2009)

Na indústria alimentícia o permeado tem sido aproveitado pelas seguintes características: ingrediente versátil na formulação de vários alimentos, uma vez que possui sabor agradável; enriquece com minerais de alta biodisponibilidade os produtos em que ele é adicionado, substitui carboidratos e reduz a necessidade de adição de sal aos produtos.

A utilização deste produto na alimentação animal ainda é restrita a algumas espécies, como os suínos, animais de companhia e peixes. As grandes vantagens da utilização deste produto na dieta são: aumentar a palatabilidade e, com isso, o consumo de alimento; aumentar a digestibilidade dos nutrientes e aumentar o desempenho dos animais

Apesar do vasto conhecimento no estudo de conservação de forragens, ainda há uma necessidade em se descobrir a viabilidade de alguns produtos que podem servir de suplemento tanto ao processo fermentativo, quanto ao animal que irá consumir a silagem pronta. Neste sentido houve o interesse de avaliar a utilização de diferentes classes de aditivos e os resultados que a utilização destes implica no período pré-abertura dos silos e no pós-abertura, verificando se estes são uma alternativa viável para recomendação ao produtor.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S.A.C.; DEMINICS, B.B.; CAMPOS, P.R.S.S. Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.61-76, 2008.
- ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C., FIGUEIREDO, H.C.P. *et al.* Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
- BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia em silagens**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal. 103p., 2006.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.214-220, 2005.
- BOLSEN, K.K.; ASHBELL, G.; WILKINSON, J.M. Silage additives. In: CHESSON, A. e WALLACE, R.J. (Eds.). **Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding**. Weinheim: VCH PRESS, 1995, P33-54.
- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E. *et al.* Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, n.1, p.562-567, 2003.
- ELY, L.O.; SUDWEEKS, E.M.; MOON, N.J. Inoculation with *Lactobacillus plantarum* to alfafa, corn, sorghum, and wheat silages. **Journal of Dairy Science**, v.64, n.12, p.2378-2387, 1981.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Utilização de silagem de girassol na alimentação animal. In: Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas. **Anais...**, Maringá, UEM/CCA/DZO. 2001, p.177-217.

- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl.1, p.101-119, 2007.
- KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG JR., L. A meta analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability de corn and grass and small grain silages. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.10, p.4005-4013, 2006.
- LAVEZZO, W. Ensilagem de capim Elefante. In: Simpósio sobre manejo de pastagens. **Anais...** 12, Piracicaba, FEALQ. 1994, p. 169-275.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley & Sons, 1981. 218p.
- 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. *et al.* Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, v.94, n.5, p.800-807, 2003.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: [s.n.], 2001. p. 127-145.
- OTERO, J.R. **Informações sobre algumas plantas forrageiras**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1961, 334p.
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.A. *et al.* Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**. v.67, n.1, p.125-132, 2001.

- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. *et al.* Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R. (Ed). **Silage science and technology**. Madison: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 2003. p.31-94.
- PANESAR, P.;KENNEDY, J.F.; KNILL, C.J. *et al.* Applicability of pectate-entrapped *Lactobacillus casei* cells for L(+) lactic acid prouction from whey. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.741, n.1, p.35- 42, 2007.
- PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim tanzânia**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 208p., 2004.
- PEREIRA, A.V.; MARTINS, C.E.; CRUZ FILHO, A.B. *et al.* Pioneiro - nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: [s.n.], 1997. p.102-104. (Resumo Expandido).
- RABELO, C.H.R.; REZENDE, A.V.; NOGUEIRA, D.A. *et al.* Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.13, p.656-668, 2012.
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. *et al.* Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.230-239, 2009.
- RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, S.J.T. *et al.* Efeitos 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.

SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SILVA, M.C. *et al.* Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.821-827, 2003.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M. *et al.* Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.25-43. 2010.

STOLIAR M. **Whey ingredients in bakery products**. Monografia. - U.S. Dairy Export Council, Arlington, 8 p., 2009.

YILDIRIM, M. Purification of buchnericin LB produced by *Lactobacillus buchneri* LB. **Turkish Journal of Biology**, v.25, p.59-65, 2001.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, Suplemento Especial, p.170-189, 2009.

3. OBJETIVOS

Avaliar o efeito da utilização de permeado de soro de leite e de inoculante bacteriano contendo *Lactobacillus buchneri* em silagens de capim Pioneiro (*Pennisetum purpureum* Schum.) durante os períodos pré e pós abertura dos silos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito da utilização de permeado de soro de leite e de inoculante bacteriano contendo *Lactobacillus buchneri* sobre a composição bromatológica e sobre as diferentes perdas decorrentes do período fermentativo do capim Pioneiro.

Avaliar as mudanças no perfil fermentativo, nos parâmetros químico-bromatológicos e estabilidade aeróbia da silagem de capim Pioneiro inoculada com *Lactobacillus buchneri* e níveis de permeado de soro.

CAPÍTULO 1 - PERDAS E VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE CAPIM PIONEIRO COM NÍVEIS DE PERMEADO DE SORO DE LEITE E *Lactobacillus buchneri*

RESUMO – O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da inclusão de níveis de permeado de soro e de inoculante bacteriano contendo *Lactobacillus buchneri* sobre a composição bromatológica e as diferentes perdas fermentativas na ensilagem do capim Pioneiro. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, onde foram estudados três fatores: níveis de permeado de soro (0,0; 2,5; 5,0 e 10,0% na matéria natural), inoculação ou não por *L. buchneri* e tempos de avaliação no período de anaerobiose (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28 e 35 dias). Nas análises estatísticas foi adotado o nível de significância de 5%. A adição do permeado possibilitou a diminuição dos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido das silagens, o que pode ser atribuído ao efeito de diluição em consequência da não existência de carboidratos fibrosos no permeado de soro. As perdas relativas no período de anaerobiose apresentaram um padrão semelhante para todos os níveis de permeado. As maiores perdas acumuladas totais foram verificadas na silagem que recebeu 10% de permeado. Apesar do permeado de soro de leite desidratado poder ser usado na melhoria nutricional da silagem do capim Pioneiro, esse efeito não justifica as maiores perdas nas silagens durante o processo de fermentação. A redução do valor nutricional da silagem durante essa fase com *L. buchneri* pode indicar a provável utilização dos carboidratos adicionados na melhor conservação das silagens de capim Pioneiro após a abertura dos silos.

Palavras-chave: efluentes, fermentativo, *Pennisetum purpureum*, silagem

CHAPTER 1 - LOSSES AND NUTRITIONAL VALUE OF PIONEIRO GRASS SILAGES WITH LEVELS OF WHEY PERMEATE AND *Lactobacillus buchneri*

Abstract – The aim of this research was to evaluate the addition of whey permeate levels and bacterial inoculant containing *Lactobacillus buchneri* on the chemical composition and the different fermentative losses for Pioneiro grass silage. It was used a completely randomized design, where three factors were studied: levels of whey permeate (0.0, 2.5, 5.0 and 10.0% in fresh matter), inoculated or not with *L. buchneri* and evaluation times during anaerobic phase (1, 2, 3, 4, 5, 6.7 14, 21, 28 and 35 days). In the statistical analysis was used a 5% level of significance. The addition of whey permeate decreased the NDF and ADF of silage. It can be explained by the absence of fiber carbohydrates in whey permeate. Relative losses during the anaerobic period presented similar results to all whey permeate levels. The highest total accumulated losses were found to silages with 10% of whey permeate. Although the dehydrated whey permeate can be used to improve the nutritional value of Pioneiro grass silages, that effect does not offset the highest losses due to that additive during the fermentative phase. The reduction in the nutritional value of the silages with the *L. buchneri* during that phase may point out to the use of the carbohydrates added with the whey permeate to support a better conservation of Pioneiro grass silage after silo opening.

Keywords: effluent, ensilage, fermentative, *Pennisetum purpureum*

Introdução

As pastagens apresentam um ciclo de crescimento estacional durante o ano. Isto pode gerar uma deficiência no fornecimento de nutrientes para que os níveis produtivos dos animais sejam atingidos. O armazenamento do excedente de forragem produzida na época das águas para ser utilizada no período de seca constitui-se em estratégia de impacto positivo na viabilidade da atividade pecuária (Cabral *et al.*, 2002). Neste sentido, pode-se lançar mão do uso de alternativas que visem atender a demanda de volumoso durante este período, como a produção de silagens (Oliveira *et al.*, 2010).

Apesar das forrageiras aumentarem sua produção por área com o avanço do crescimento, a redução no valor nutricional da massa produzida ainda tem sido um desafio na alimentação animal. Como resultado, o aproveitamento dessa massa no processo de ensilagem normalmente também tem representado esse baixo valor qualitativo (Rodrigues *et al.* 2007). Devido a características próprias das plantas forrageiras tropicais utilizadas para silagem, como o alto teor de umidade e baixa quantidade de carboidratos solúveis, há uma tendência de que estas silagens apresentem maiores perdas durante o período de anaerobiose. Além disso, estas silagens podem dar condições para o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que, por produzir ácido butírico, aumentam a proteólise e a degradação do ácido láctico, além de produzir grandes perdas de matéria seca, em decorrência da produção de dióxido de carbono e água durante o período de fermentação (McDonald, 1981).

Para contornar este problema, pode-se optar pela adição de inoculantes de forma a reduzir a umidade do material ensilado e também melhorar suas características fermentativas. Neste sentido, destaca-se o permeado do soro, que é produzido quando o soro de leite é processado por ultrafiltração para produzir concentrado ou isolado protéico de soro. Este material possui alta capacidade de absorção de água, alto teor de carboidratos solúveis e boa aceitabilidade pelos animais, podendo se constituir em um bom suplemento para adição à ensilagem de capins tropicais.

Além dos inoculantes nutricionais, pode-se lançar mão da utilização de inoculantes bacterianos. Grande parte dos inoculantes bacterianos utilizados na

ensilagem baseiam-se no fornecimento de bactérias homofermentativas, produtoras de ácido lático, visando a diminuição do pH durante a fermentação, diminuindo, com isso, as perdas de matéria seca. Porém, os produtos das silagens produzidas utilizando-se este tipo de bactérias, em alguns casos, podem resultar em silagens menos estáveis quando expostas ao ar comparadas às não inoculadas (Reis *et al.*, 2008).

Embora seja na inoculação com bactérias homofermentativas que haja maior produção de ácido lático na massa ensilada, esta não é eficiente em controlar leveduras e fungos filamentosos, resultando num menor controle destes microrganismos, principalmente na fase pós-abertura dos silos. Este fato ocorre porque o ácido lático produzido por essas bactérias pode ser prontamente metabolizado por microrganismos indesejáveis que atuam nas silagens quando expostas ao ar (Pahlow *et al.*, 2003). Por outro lado, as bactérias heterofermentativas metabolizam o ácido lático e a glicose presentes durante a fermentação visando a sintetização de ácido propiônico e de ácido acético, os quais são eficazes no controle de fungos e outros microrganismos deterioradores (Elfererink *et al.*, 2001).

Portanto, objetivou-se nesta pesquisa avaliar o efeito da inclusão de níveis de permeado de soro e de inoculante bacteriano contendo bactérias heterofermentativas sobre a composição bromatológica e sobre as diferentes perdas decorrentes do período fermentativo do capim Pioneiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná, localizado no município de Palotina, Paraná (24° 17' 02" S e 53° 50' 24" W). O capim Pioneiro (*Pennisetum purpureum Schumach*) (Tabela 1) foi colhido no dia 31 de janeiro de 2014, quando a forragem apresentava 60 dias de crescimento vegetativo e uma altura média de 170 cm, utilizando-se aparador de cerca viva (Italy modelo HT-226). A forragem foi colhida a 15 cm de altura do solo, sendo posteriormente picada, obtendo-se um tamanho de partícula de 2 cm, submetida às diferentes inoculações e ensilada. Os tipos de ensilagem

resultaram da combinação de quatro níveis de inclusão de permeado (Tabela 1) (0,0; 2,5; 5,0 e 10,0% da matéria natural – MN) com a inoculação microbiológica (presença e ausência do inoculante) no momento da ensilagem.

Tabela 1. Composição bromatológica (% da matéria seca - MS) do capim Pioneiro e do permeado de soro de leite.

Item	Composição (% da MS)	
	Capim Pioneiro	Permeado de soro de leite
Matéria Seca	16,26	98,97
Proteína Bruta	8,20	3,05
Extrato Etéreo	1,26	0,00
Matéria Mineral	7,86	6,57
Fibra em Detergente Neutro	72,33	0,00
Fibra em Detergente Ácido	40,68	0,00
Hemicelulose	31,65	0,00
Celulose	27,54	0,00
Lignina	13,14	0,00
Carboidratos Não Fibrosos	10,37	90,38
Nutrientes Digestíveis Totais	42,43	74,60
Lactose	0,00	90,38

O inoculante bacteriano foi adicionado à forragem durante o enchimento dos silos, na forma de solução aquosa (água destilada), por meio de pulverizador manual, buscando-se distribuição uniforme na massa de forragem. O inoculante Lalsil® AS (Lallemand S.A.) foi utilizado como fonte das bactérias *L. buchneri* (concentração de $1,1 \times 10^{11}$ UFC g⁻¹).

Como silos experimentais, foram utilizados 32 tubos de policloreto de vinil (PVC) com 60 centímetros (cm) de comprimento e 15 cm de diâmetro, providos de válvula superior tipo Bunsen para escape de gases formados durante o período em que os silos estivessem fechados. Na parte inferior dos silos havia uma válvula para coleta e posterior quantificação de perdas por efluentes. Cada silo, após a ensilagem, foi vedado com fita adesiva, sendo pesados e armazenados em temperatura ambiente. Os silos foram mantidos fechados por um período de 35 dias, sob pressão de 600 kg MN/m³.

A avaliação das perdas foi realizada nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o fechamento dos silos. Nos dias de avaliação, as válvulas para coleta de efluentes foram deixadas abertas por 15 minutos, então, o efluente coletado foi pesado e aferido seu volume.

Os dados de perdas acumuladas foram obtidos através da diferença de peso da massa ensilada dos silos entre os tempos de avaliação durante o período experimental. No cálculo das perdas relativas, foi considerada a diferença de peso dos conjuntos (silo + silagem) entre os tempos de coleta em relação à perda acumulada (peso do conjunto na coleta inicial menos o peso do conjunto no dia de abertura dos silos aos 35 dias) de matéria natural em todo o período de fermentação.

O delineamento experimental utilizado na avaliação das perdas acumuladas e das perdas relativas foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas os tratamentos foram quatro níveis de permeado bacteriano (0,0; 2,5; 5,0 e 10,0% na matéria natural). Nas subparcelas, os tratamentos foram a inoculação ou não com *Lactobacillus buchneri*. Nas sub-subparcelas, os tratamentos foram os tempos de avaliação no período de anaerobiose (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28 e 35 dias). Para avaliação das perdas por efluentes, recuperação da matéria seca e composição químico-bromatológica o delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial formado por quatro níveis de permeado de soro e duas inoculações bacterianas foi utilizado.

Após a abertura dos silos, foram avaliadas, de acordo com Penteadó *et al.* (2006), as perdas por efluentes (PE) e a recuperação de matéria seca (RMS).

Pela equação abaixo, foram obtidas as perdas por efluentes, baseando-se na diferença de peso da massa de forragem seca:

$$PE = [(PIS) - (PFS - EC)] \times 1000/MFI \times 100, \text{ onde:}$$

PE: efluentes gerados (kg/t de silagem);

PIS: peso inicial do silo (silo experimental + massa de forragem);

PFS: peso final do silo (silo experimental + massa de forragem)

EC: efluente coletado;

MFI: massa de forragem inicial (g).

A seguinte equação foi utilizada para estimar a recuperação de matéria seca:

$$\text{RMS} = (\text{MFf} \times \text{MSf}) / (\text{MFi} \times \text{MSi}) \times 100, \text{ onde:}$$

RMS: taxa de recuperação de matéria seca (%);

MFi: massa de forragem no fechamento (kg);

MSi: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%);

MFf: massa de forragem na abertura (kg);

MSf: teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

A partir das análises químicas das silagens foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), conforme A.O.A.C. (1980). As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram avaliadas de forma sequencial segundo as técnicas descritas por Robertson & Van Soest (1981).

Os valores de perdas por efluentes, recuperação de matéria seca e químico-bromatológicos, foram submetidos à análise de variância e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey e pelo procedimento de regressão do programa SAS (versão 9.0). As comparações das perdas acumuladas totais entre os tempos de fermentação foram executadas de acordo com o modelo exponencial $Y = a(1 - e^{-bx})$. Para as perdas relativas, foi utilizado o teste Dunnett (dia 1 como controle). Nas análises estatísticas foi adotado o nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

Os resultados encontrados na análise da composição bromatológica (Tabela 1) do capim pioneiro tiveram uma qualidade superior comparado aos encontrados em outros trabalhos com *Pennisetum purpureum*. Os teores de MS e PB do capim Pioneiro *in natura* foram de 16,26 e 8,20%, e os de FDN e FDA, de 72,33 e 40,68%, respectivamente. Sobrinho *et al.* (2005) avaliaram a composição química de híbridos de capim-Elefante e observaram valor médio de 25,42% de MS, 4,75% de PB,

80,26% de FDN e 51,09% de FDA para o capim Pioneiro. O maior valor nutricional da forrageira do presente experimento pode ser atribuído a diferentes fatores, como adubação, quantidade de nutrientes no solo e status hídrico do ambiente. Como a forrageira utilizada é proveniente de campo agrostológico experimental sob manejo intensivo, é esperado um maior valor nutricional da mesma.

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os níveis de permeado e o inoculante bacteriano para nenhuma variável químico-bromatológica estudada. Após a ensilagem houve aumento no teor de MS com o aumento da inclusão de permeado (Tabela 2), demonstrando que a adição deste material pode diminuir a umidade da massa ensilada. Apesar de ter ocorrido um aumento significativo ($P < 0,05$) no teor de MS das silagens, o maior teor de permeado adicionado (10%) ainda não foi suficiente para produzir silagens com teores de MS considerados adequados (30 a 35%) à conservação das silagens, sendo que, para cada ponto percentual de permeado adicionado à massa fresca de silagem, houve um aumento de 0,22% de MS. Ainda que o permeado apresente teores de MS acima de 90%, há uma limitação desse material em promover maiores incrementos na matéria seca ensilada. Este fato pode ter ocorrido devido ao tamanho reduzido da partícula do permeado e à natureza solúvel da mesma. Diferente de outros materiais utilizados como absorventes de umidade, que se mantêm agregados à massa ensilada, é possível que, devido ao tamanho da partícula do permeado e a sua extrema solubilidade, o mesmo tenha se perdido através de lixiviação juntamente com o efluente produzido pela fermentação destas silagens. Apesar de ser altamente higroscópico, o permeado apresenta um limiar de saturação hídrica muito baixo comparado a outros materiais absorventes de umidade. Nesse caso, é provável que o efeito absorvivo do permeado fosse mais evidente em forrageiras que apresentassem níveis de matéria seca mais elevados no momento da ensilagem.

A inoculação por *L. buchneri* não gerou diferenças nos teores de MS das silagens estudadas (Tabela 2). Ao estudar a adição de níveis de *L. buchneri* em silagens de grão úmido, Taylor e Kung (2002) também não encontraram variações nos teores de MS no momento da abertura dos silos. As possíveis perdas que podem estar relacionadas com a presença deste grupo bacteriano se dão através da utilização de carboidratos presentes no material ensilado na rota metabólica da produção de ácido acético.

Tabela 2. Valores médios para a composição químico-bromatológica obtidos no capim Pioneiro ensilado com níveis de permeado de soro de leite e *Lactobacillus buchneri*.

Inoculação com <i>L. buchneri</i>	Níveis de Permeado (% de MN)				Média
	0	2,5	5,0	10,0	
Matéria Seca (%)					
Sem	21,00	20,83	21,60	23,20	21,44
Com	21,05	21,28	21,43	23,49	21,81
Equação	$Y = 20,76 + 0,22x$ $R^2 = 0,8948$				
Proteína Bruta (%)					
Sem	7,52	7,90	7,18	6,72	7,34b
Com	8,33	8,45	8,26	7,43	8,12a
Extrato Etéreo (%)					
Sem	2,61	2,39	2,30	2,51	2,45
Com	2,19	2,03	2,62	2,62	2,44
Matéria Mineral (%)					
Sem	7,20	7,28	6,64	7,01	7,03
Com	6,98	6,67	7,18	7,23	7,01
Fibra em Detergente Neutro (%)					
Sem	68,57	68,14	60,58	51,65	62,24b
Com	71,17	68,41	67,55	57,52	66,16a
Equação	$Y = 70,64 - 1,37x$ $R^2 = 0,9714$				
Fibra em Detergente Ácido (%)					
Sem	51,53	50,25	44,64	36,72	45,79b
Com	52,63	51,36	49,08	40,65	48,43a
Equação	$Y = 52,50 - 1,16x$ $R^2 = 0,9711$				
Hemicelulose (%)					
Sem	17,04	17,90	15,94	14,93	16,45b
Com	18,54	17,05	18,47	16,87	17,73a
Celulose (%)					
Sem	37,03	34,88	32,56	27,11	32,77
Com	38,82	36,65	35,43	27,42	34,58
Equação	$Y = 37,66 - 0,86x$ $R^2 = 0,9793$				
Lignina (%)					
Sem	14,50	14,98	12,08	9,60	12,64
Com	13,81	14,72	13,65	13,24	13,85
Equação	$Y = 14,83 - 0,29x$ $R^2 = 0,8205$				
Carboidratos Não Fibrosos (%)					
Sem	14,10	14,29	23,95	31,51	20,96a
Com	10,39	14,19	14,38	25,55	16,13b
Equação	$Y = 12,00 + 1,38x$ $R^2 = 0,9816$				
Nutrientes Digestíveis Totais (%)					
Sem	43,51	42,24	48,52	53,89	47,36
Com	44,39	43,20	44,60	46,84	44,76
Equação	$Y = 42,45 + 0,67x$ $R^2 = 0,8593$				

Letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A adição do permeado possibilitou a diminuição dos teores de FDN e FDA das silagens (Tabela 2), o que pode ser atribuído ao efeito de diluição em consequência da não existência de carboidratos fibrosos no permeado de soro. Além de diminuir os teores de FDN e FDA, a adição de permeado também auxiliou a queda de nutrientes que compõe estes materiais, como a celulose e a lignina.

A adição de permeado promoveu grande decréscimo ($P < 0,05$) nos valores de celulose das silagens (Tabela 2). Este efeito é diferente do esperado para as silagens de gramíneas, onde se tem observado que apenas uma pequena fração (menos de 5%) de celulose sofre degradação (Reis e Jobim, 2001). A baixa degradação da celulose em gramíneas pode ser devido à presença de pouco substrato para alguns microrganismos que possivelmente fariam essa degradação. Tal efeito pode ser ainda mais significativo para silagens de gramíneas de clima tropical, que normalmente apresentam baixos teores de carboidratos solúveis (Ávila *et al.*, 2006). Quando se adicionam materiais que podem servir como substratos para estes microrganismos, é provável que haja uma maior degradação deste componente. Caso essa adição de substrato promova a formação de ácido láctico, este evento pode ser considerado positivo para a conservação do material ensilado.

Além da celulose, foi constatado efeito significativo ($P < 0,05$) da adição de permeado em relação aos teores de lignina. Assim como para a celulose, os valores de lignina tiveram decréscimo com a inclusão do permeado (Tabela 2), porém, de maneira menos acentuada. Este fato, diferentemente do que ocorreu com a celulose, pode ser atribuído a um possível efeito de diluição deste composto frente à adição do permeado, uma vez que este é um componente que só é degradado pela ação de fungos, os quais possuem ação mais acentuada apenas em ambientes aeróbios (Van Soest, 1994).

O efeito de diluição que o permeado exerceu sobre alguns dos compostos fibrosos das silagens pode ser considerado benéfico, pois além de auxiliar na diminuição dos teores de fibra da silagem, ele também pode contribuir para o aumento de carboidratos solúveis. Este evento pode ser comprovado através do aumento linear dos níveis de carboidratos não fibrosos detectados nas ensilagens.

O permeado do soro de leite é um material rico em carboidratos solúveis, apresentando 94% de lactose em sua composição nutricional. Ao adicionar este material à massa ensilada, os carboidratos não fibrosos (CNF) foram os

componentes que mais sofreram alterações, sendo observado o maior coeficiente angular (1,38) dentre as variáveis que obtiveram equações lineares significativas.

A utilização de *L. buchneri* resultou em silagens com teores de FDN, FDA e hemicelulose superiores em relação aos tratamentos que não receberam este inoculante. Este fato pode ter ocorrido devido à utilização de CNF durante a fermentação, o que aumentou de maneira proporcional a concentração dos componentes da fibra na MS total. Isto ficou evidente devido ao fato de que a única variável que teve sua concentração diminuída ($P < 0,05$) com a utilização de *L. buchneri* foram os CNF. Resultado semelhante a este foi obtido por Rego *et al.* (2012), que, ao inocularem silagens de bagaço de laranja com *L. buchneri* também observaram aumento significativo nos teores de FDN e FDA e diminuição nos teores de CNF.

Os teores de proteína bruta (PB) das silagens não se alteraram com a inclusão de permeado. Apesar de não haverem mudanças significativas para esta variável, observa-se uma tendência de diminuição dos teores de PB das silagens, o que pode ter ocorrido devido ao baixo teor de PB do permeado (3,05% na MS), uma vez que este produto é obtido através da extração da proteína do soro com posterior desidratação do material restante. Da mesma forma que alguns componentes fibrosos, a partir da inoculação com *L. buchneri* houve um aumento nos teores de PB das silagens, sendo que, para esta variável, também houve um efeito de concentração através do consumo de carboidratos solúveis.

Não houve alteração significativa ($P > 0,05$) nos teores de extrato etéreo (EE) e de matéria mineral (MM) para a inclusão de permeado nem para a inoculação por *L. buchneri*. Como os teores destas variáveis eram bastante semelhantes entre o capim Pioneiro e o permeado do soro de leite, ao realizar a substituição de um componente por outro, os níveis destes nutrientes tenderam a se manter os mesmos. Já para a inoculação microbiológica, não foram detectadas diferenças significativas devido ao fato de que os microrganismos presentes na massa ensilada tem preferência pela utilização de carboidratos mais simples como a glicose e a frutose em seu metabolismo, independente de serem microrganismos de metabolismo homofermentativo ou heterofermentativo (McDonald *et al.*, 1991).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens produzidas foi superior ($P < 0,05$) ao da silagem sem este material. Observou-se aumento linear no teor de NDT com o aumento dos níveis de permeado do soro. O acréscimo de 0,67

unidades percentuais por unidade de permeado de soro adicionado pode ser atribuído aos elevados teores de carboidratos solúveis nesse material, pois, na estimativa do teor de NDT das silagens, obtida pela equação descrita por Weiss *et al.* (1992) e adaptada pelo NRC (2001), um dos componentes que mais exerce peso na equação é o teor de CNF, o qual, neste experimento, obteve o maior aumento observado entre as variáveis químico-bromatológicas.

Em relação às perdas durante o processo de fermentação, houve interação ($P < 0,05$) entre níveis de inclusão de permeado do soro de leite desidratado e os tempos de anaerobiose. As perdas relativas no período de anaerobiose apresentaram um padrão semelhante para todos os níveis de permeado na ensilagem de capim Pioneiro (Figura 1). Até o 21º dia todas as ensilagens apresentaram perdas relativas significativas ($P < 0,05$) em relação ao 1º dia de ensilagem, sendo que as perdas relativas das ensilagens com níveis de permeado de 2,5 e 10% da MN se prolongaram até o 28º e 35º dias, respectivamente. Um dos fatores que pode ter prolongado as perdas relativas nas silagens que receberam o permeado é o elevado teor de carboidratos solúveis deste material. Silagens com elevados conteúdos de carboidratos solúveis, ao mesmo tempo que fornecem substrato à fermentação láctica, também são propícias à fermentações indesejadas, podendo apresentar maiores perdas de matéria seca (Teixeira *et al.*, 2008). Com a inclusão do permeado, houve um incremento nos teores de carboidratos solúveis das silagens, possivelmente gerando fermentações mistas entre diferentes grupos de microrganismos.

Outro fator que pode ter influenciado significativamente no estímulo de fermentações mistas é o próprio teor de MS do material no momento da ensilagem (16,23%) (Tabela 1), que é considerado baixo para elaboração de silagens. Isto fica evidente, pois quando se analisa o padrão de perdas relativas nas ensilagens que não receberam permeado, observa-se que não há diferença nem na intensidade nem na duração das perdas entre estas e entre as silagens que receberam permeado.

A utilização de *L. buchneri* não promoveu ($P > 0,05$) a diminuição do tempo de perdas durante o período de anaerobiose. Esta bactéria também produz ácido acético como produto de sua fermentação, sendo que na rota de produção deste ácido pode ocorrer a formação de CO_2 , agravando as perdas de MS. No entanto, a produção de ácido acético, apesar de não auxiliar de maneira eficiente o controle de

perdas durante o período fermentativo, pode ser benéfica no período após a abertura dos silos (Reis *et al.*, 2008).

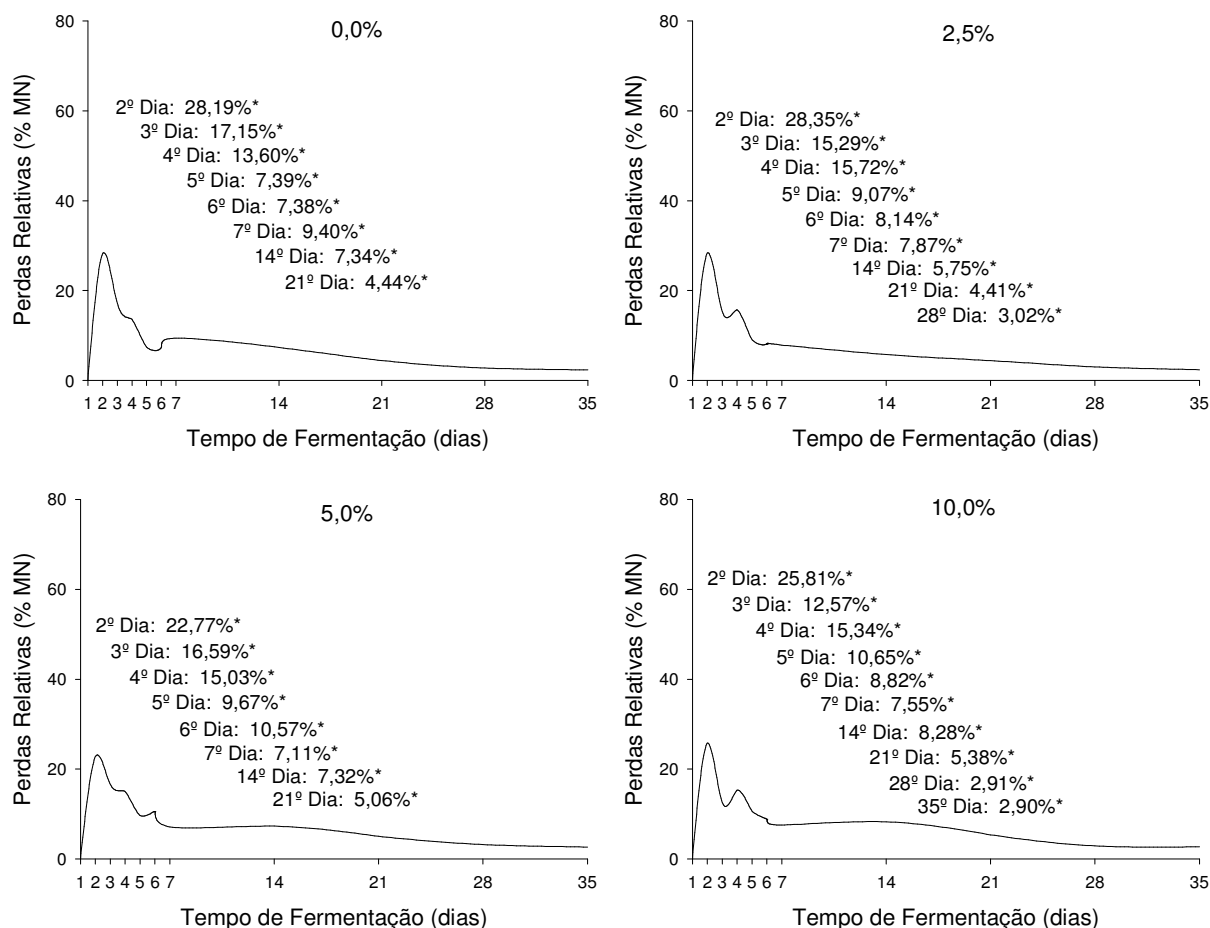


Figura 1. Perdas relativas (% MN) em função dos períodos de anaerobiose no processo de ensilagem do capim Pioneiro com a adição de níveis (0, 2,5; 5,0 e 10,0%) de permeado do soro do leite desidratado. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

Foi verificado efeito da inclusão de permeado ($P < 0,05$) sobre as perdas acumuladas totais (Figura 2), que foram maiores na silagem que recebeu 10% de permeado.

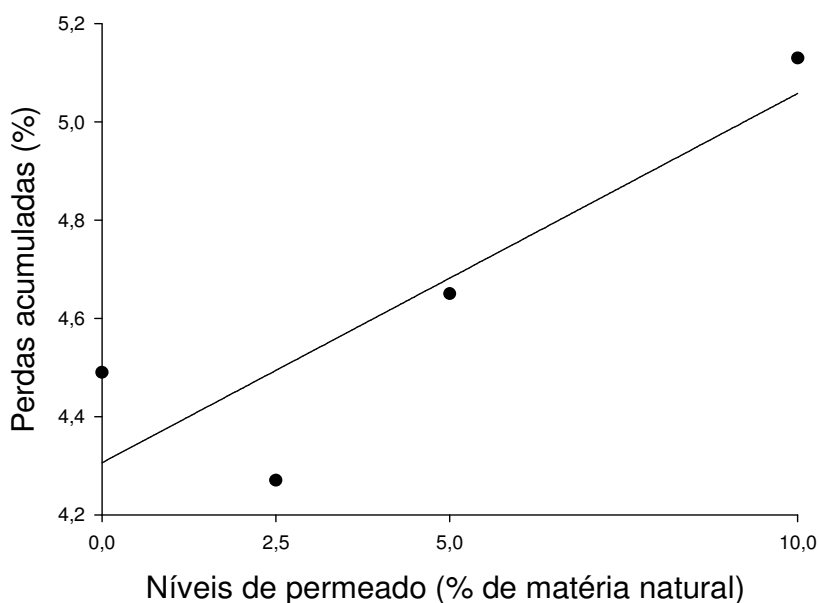


Figura 2. Efeito da adição de níveis de permeado de soro de leite sobre as porcentagens de perdas acumuladas totais $Y = 4,3060 + 0,0752x$ $R^2 = 0,7780$.

O baixo teor de MS da massa ensilada associado à inclusão de carboidratos de alta solubilidade podem ter provocado fermentações paralelas indesejáveis. Nesse caso, a atividade microbiológica pode ter sido intensificada na presença da lactose, com a utilização seletiva deste carboidrato por grupos microbianos indesejáveis, o que levou a maiores perdas acumuladas durante o processo fermentativo. É possível que essas perdas sejam decorrentes da produção de etanol e CO_2 a partir da fermentação da lactose (Lewandowska e Kujawski, 2007). Outro fator que pode ter contribuído para o aumento das perdas acumuladas com o aumento dos níveis de inclusão do permeado é o tamanho reduzido das partículas deste material, que podem ter sido lixiviadas no efluente produzido nas silagens ao invés de se agregarem à massa ensilada.

O tempo de anaerobiose também foi um fator que apresentou efeito isolado ($P < 0,05$) sobre o percentual de perdas acumuladas das silagens. Não foi observado (Figura 3) um período de evidente estabilização no acúmulo de perdas destas silagens. Isto também pode ser devido ao baixo teor de MS da forrageira utilizada, que, juntamente com a alta quantidade de carboidratos solúveis acentua e prolonga o período fermentativo e, com isso, as perdas ocasionadas por fermentações mistas. Os resultados detectados para esta variável se assemelham aos resultados das

perdas relativas, onde, em todos os níveis de inclusão de permeado, não há uma estabilização precoce na distribuição das perdas.

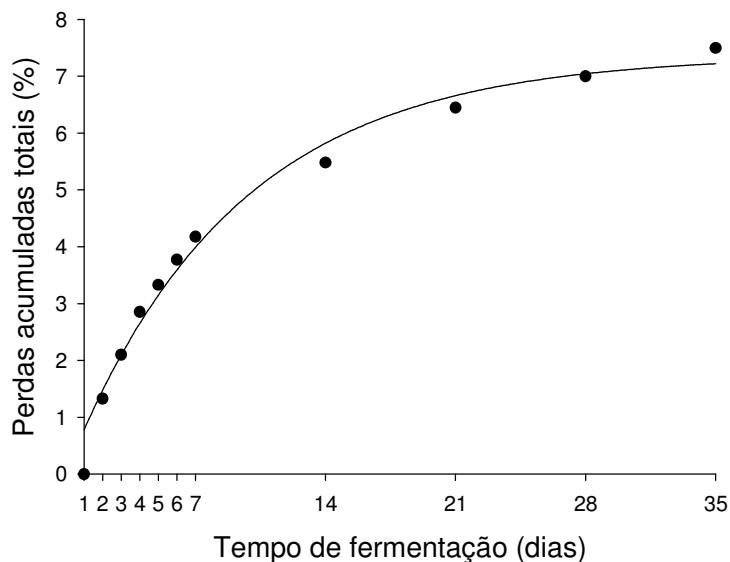


Figura 3. Perdas acumuladas totais durante o período de fermentação na ensilagem do capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. $Y = 7,3692 (1 - e^{-0,1114x})$.

Observou-se efeito isolado ($P < 0,05$) da inclusão do inoculante contendo *L. buchneri* sobre as perdas acumuladas totais da silagem de capim Pioneiro (Tabela 3). A inclusão do inoculante no material ensilado ocasionou aumento do volume de perdas acumuladas totais. Este fato pode ter sido causado pela maior utilização de carboidratos por este microrganismo. Esta bactéria, por possuir um metabolismo heterolático, utiliza carboidratos para a formação de ácido lático, o qual é eficiente em conservar a massa ensilada pré-abertura dos silos, mas também pode utilizar carboidratos na formação de compostos que não são úteis durante o período prévio à abertura dos silos, como o ácido acético. Na rota metabólica produtora deste último, pode haver um incremento nas perdas devido a formação de CO_2 (Reis *et al.*, 2008).

Tabela 3. Efeito da inoculação por *Lactobacillus buchneri* sobre as porcentagens de perdas acumuladas totais do capim Pioneiro durante o período de fermentação.

Perdas Acumuladas Totais (%)		
Inoculação por <i>L. buchneri</i>		
	Não Inoculado	Inoculado
Média	3,85b	4,15a

Médias dos inoculantes seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si a 5,0% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito isolado ($P < 0,05$) da adição de permeado do soro sobre a produção de efluentes nestas silagens. Ao estudarem as perdas por efluente nas silagens de sorgo e milho, Oliveira *et al.* (2010) destacaram que um dos fatores que mais auxilia na diminuição de perdas por efluentes é o teor de matéria seca do material no momento da ensilagem. Porém, mesmo com o incremento de MS causado pela inclusão do permeado (99,0% de MS), houve um aumento nas perdas por efluentes. Os mesmos autores destacam que o volume de efluente produzido no processo de ensilagem é influenciado pelos teores de MS, pelo grau de compactação, além de outros, como o tipo de silo. A produção de efluentes nestas silagens (Figura 4) pode estar ligada ao aumento dos níveis de carboidratos solúveis em um ambiente ainda de alta umidade, o que pode possibilitar a multiplicação de grupos bacterianos, que, em suas rotas metabólicas, aumentam as perdas de MS na forma de gás e de efluentes.

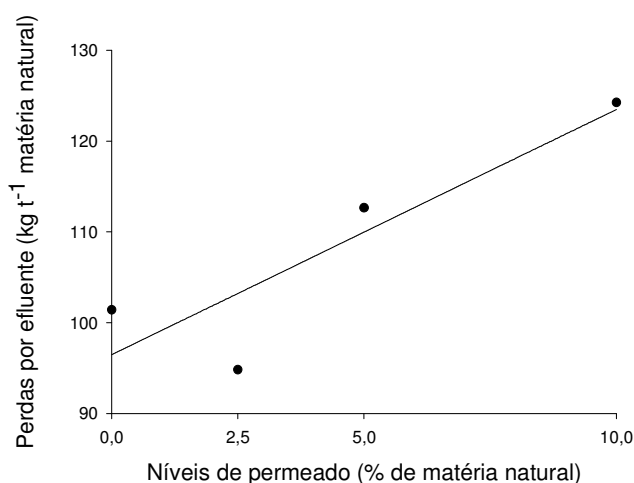


Figura 4. Perdas por efluentes na ensilagem do capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. $Y = 96,4702 + 2,7015x$
 $R^2 = 0,7954$.

Após ser estimada a perda na forma de efluente, estimou-se o índice de RMS. Com relação a este índice, observou-se (Figura 5) efeito quadrático ($P < 0,05$) com a adição do permeado de soro. O maior valor de RMS se deu nas silagens sem permeado (96,67%) e o menor valor se deu para os tratamentos que receberam 10% de permeado (75%). Menores valores de RMS têm sido detectados frequentemente em silagens com baixos teores de MS (Paziani *et al.*, 2006), porém, a RMS está ligada à quantidade de perdas ocorridas durante o processo fermentativo. Como as perdas por efluente apresentaram efeito positivo com a inclusão de permeado, o efeito inverso pôde ser observado com a RMS, o que evidencia o poder que as perdas por efluente apresentam de transportar nutrientes para fora do silo. Segundo McDonald (1981), plantas ensiladas com elevada umidade produzem uma grande quantidade de efluentes, que podem carrear nutrientes altamente digestíveis, açúcares e ácidos orgânicos diminuindo o valor nutritivo da silagem.

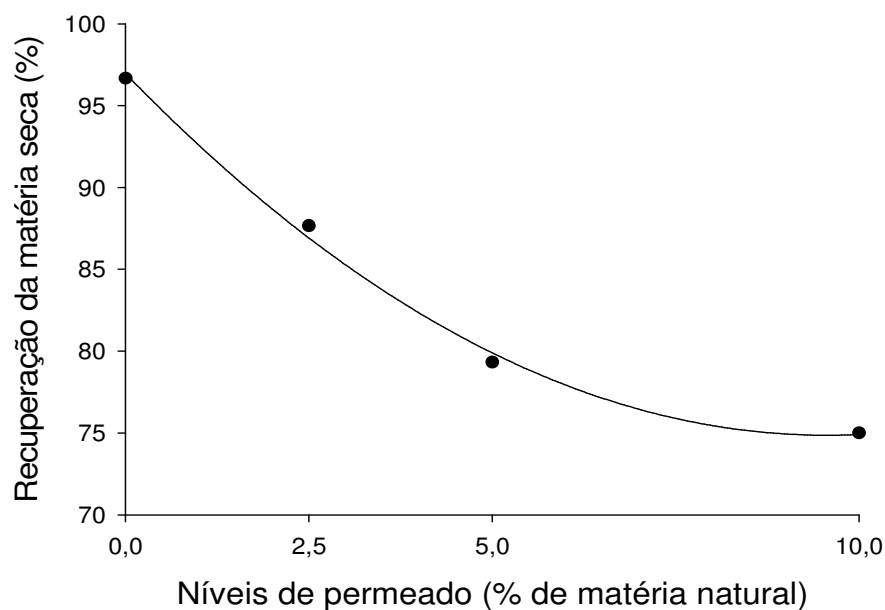


Figura 5. Recuperação da matéria seca na ensilagem do capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. $Y = 95,8223 - 4,1953x + 0,2100x^2$ $R^2 = 0,9965$.

Conclusão

O uso de permeado do soro de leite desidratado na silagem de capim Pioneiro prolonga o tempo em que ocorrem as perdas relativas da massa ensilada. As perdas acumuladas durante o processo de ensilagem são elevadas com a inclusão do permeado do soro de leite, provavelmente pela elevada umidade do material ensilado e não pela incapacidade do suprimento de substrato para fermentação mais adequadas.

A inoculação por *Lactobacillus buchneri* no capim Pioneiro não auxiliou na redução do tempo das perdas relativas de massa do capim Pioneiro no período de anaerobiose, além de ocasionar o aumento das perdas acumuladas.

Apesar do permeado de soro poder ser usado na melhoria nutricional das silagens, esse efeito não justifica as maiores perdas durante o processo de fermentação. A redução do valor nutricional da silagem durante essa fase com *L. buchneri* pode indicar a provável utilização dos carboidratos adicionados na melhor conservação das silagens de capim Pioneiro após a abertura dos silos.

REFERÊNCIAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 13th. ed. Washington, 1980.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B. *et al.* Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.648-654, 2006.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. *et al.* Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gases, digestibilidade in vitro da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

LEWANDOWSKA, M.; KUJAWSKI, W. Ethanol production from lactose in a fermentation/pervaporation system. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.430–437, 2007.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York, 1981. 207p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 450p.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. *et al.* Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C. *et al.* Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, n.1, p.125-132, 2001.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. *et al.* Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R. (Ed). **Silage science and technology**. Madison: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 2003. p.31-94.

PAZIANI, S.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. *et al.* Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, n.3, p.265-271, 2006.

REGO, F.C.A.; LUDOVICO, A.; SILVA, L.C. *et al.* Perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas em silagem de bagaço de laranja com diferentes inoculantes microbianos. **Semina: Ciências Agrárias**. v.33, supl. 2. p.3411-3420, 2012.

REIS, R.A.; JOBIM, C.C. Perfil da fração de carboidratos da planta e adequação de aditivos no processo de ensilagem. In: **WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM**, 2., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: 2001. p. 27-52.

REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P; ALMEIDA, E.O. *et al.* Efeito de doses de *Lactobacillus buchneri* "CEPA NCIMB 40788" sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, p.923-934, 2008.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Eds.) **The analysis of dietary fiber in food**. New York: MARCEL DEKKER, 1981. p.123-158.

RODRIGUES, P.H.M.; LOBO, J.R.; SILVA, E.J.A. *et al.* Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1751-1760, 2007.

SAS Institute Inc., SAS 9.0 Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000-2004.

SOBRINHO, F.S.; PEREIRA, A.V.; LEDO, F.J.S. *et al.* Avaliação agronômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.09, p.873-880, 2005.

TAYLOR, C.C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1526-1532, 2002.

TEIXEIRA, F.A.; VELOSO, C.M.; PIRES, A.V.; *et al.* Perdas na ensilagem de capim-elefante aditivado com farelo de cacau e cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p. 227-233, 2008.

VAN SOEST, P. Nutritional ecology of the ruminant. New York: COMSTOCK PUBLISHING ASSOCIATES, 1994. 476p.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.

CAPÍTULO 2 – ESTABILIDADE AERÓBIA E MUDANÇAS NO PADRÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICO E FERMENTATIVO DE SILAGENS DE CAPIM PIONEIRO COM NÍVEIS DE PERMEADO DO SORO DE LEITE E *Lactobacillus buchneri*

RESUMO – O objetivo desta pesquisa foi avaliar as mudanças no perfil fermentativo, nos parâmetros químico-bromatológicos e estabilidade aeróbia da silagem de capim Pioneiro inoculada com *Lactobacillus buchneri* e níveis de permeado de soro. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, onde foram estudados três fatores: níveis de permeado de soro (0,0; 2,5; 5,0 e 10,0% na matéria natural), inoculação ou não com *L. buchneri* e tempos de exposição aeróbia (0, 5, 10 e 15 dias). Todas as silagens testadas apresentaram quebra da estabilidade aeróbia durante o período de exposição ao ar. Silagens que não receberam inoculante apresentaram quebra precoce da estabilidade em relação às demais silagens. Durante o período de exposição ao oxigênio, foi detectado efeito negativo do tempo sobre os teores de matéria seca, o que pode ter ocorrido devido a um aumento da atividade de microrganismos indesejáveis após a abertura dos silos. A fração fibrosa foi diminuída, tanto pela ação do tempo de exposição aeróbia, quanto pela inclusão do permeado de soro de leite. O tempo de exposição aeróbia também gerou mudanças nos padrões fermentativos das silagens, onde, para todas as variáveis estudadas (pH, condutividade elétrica, capacidade tampão e nitrogênio amoniacal) foram detectadas mudanças de seus valores, seja pelo efeito isolado do fator tempo, seja pela interação entre este e os outros fatores estudados. O uso de permeado do soro de leite desidratado na silagem de capim Pioneiro não auxilia a manutenção da estabilidade aeróbia. A inoculação por *Lactobacillus buchneri* no capim Pioneiro foi efetiva em não permitir a quebra da estabilidade aeróbia por um curto período de tempo.

Palavras-chave: deterioração aeróbia, fermentativo, *Pennisetum purpureum*, silagem

CHAPTER 2 - AEROBIC STABILITY AND CHANGES IN THE NUTRITIONAL VALUE AND FERMENTATIVE PATTERN OF PIONEIRO GRASS SILAGES WITH LEVELS OF WHEY PERMEATE AND *Lactobacillus buchneri*

Abstract – The research was carried out with the aim to evaluate the changes in the fermentation profile, nutritional value and aerobic stability of Pioneiro grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* and levels of whey permeate. The experimental design was a completely randomized, where three factors were studied: levels of whey permeate (0.0, 2.5, 5.0 and 10.0% as fed), with or without *L. buchneri* inoculation and aerobic exposure times (0, 5, 10 and 15 days). All silages lost their aerobic stability during exposure to the air. Silages without inoculant had early breakage of aerobic stability. During the period of exposure to the oxygen, it was found reduction in the dry matter content with time, which may be due to increased activity of undesirable microorganisms after silo opening. The fiber fraction was decreased, both by time of air exposure as the inclusion of whey permeate. The time of air exposure changed the patterns of silage fermentation for all variables (pH, electrical conductivity, ammonia nitrogen and buffer capacity). For these variables, significant time effects were found, both individually and in interaction with other factors. The use of dehydrated whey permeate in Pioneiro grass silage does not help to maintain aerobic stability. The inoculation with *Lactobacillus buchneri* in Pioneiro grass silage was effective in not allowing the break of aerobic stability for a short period of time.

Keywords: aerobic deterioration, fermentative, *Pennisetum purpureum*, silagem

Introdução

A preservação do material ensilado é proveniente de alguns fatores como a queda de pH da massa e da manutenção da anaerobiose após o fechamento do silo. No entanto, no momento da abertura do silo, esse ambiente anaeróbico é alterado pela entrada de oxigênio. Nessa ocasião, alguns microrganismos que se encontravam em latência devido à falta de oxigênio multiplicam-se rapidamente, o que faz com que haja intensa atividade metabólica, gerando calor e consumo de nutrientes (Amaral *et al.*, 2008). Portanto, manter o ambiente em anaerobiose durante a fase de fermentação e armazenamento, bem como a estabilidade aeróbia durante a fase pós-abertura do silo, são fatores importantes para a preservação do valor nutritivo do material ensilado (Gimenes *et al.*, 2006).

A degradação das silagens após a abertura do silo está ligada à intensa multiplicação de microrganismos indesejáveis, que, ao obter oxigênio e encontrar outras condições favoráveis, passam a crescer ativamente reduzindo a qualidade do material ensilado. O pH da massa ensilada tende a aumentar, ocorre o acúmulo de amônia e o nível de ácidos orgânicos, que ajudam na conservação do material, tendem a declinar (Kung e Ranjit, 2001).

Uma alternativa para contornar este problema é a utilização de aditivos visando uma melhor fermentação durante o período em que o silo está fechado e também uma maior estabilidade aeróbia após a abertura do silo. Dentre as classes de aditivos mais utilizados temos os absorventes de umidade e os microbiológicos.

A adição de materiais absorventes de umidade e fornecedores de carboidratos fermentescíveis visa à obtenção de um melhor perfil fermentativo na abertura da silagem. Na escolha destes tipos de aditivo, deve ser considerada a facilidade de manipulação, a disponibilidade na região e o custo de aquisição. De acordo com Silva *et al.* (2007), os aditivos mais utilizados na ensilagem de forrageiras tropicais são os materiais que elevam o teor de matéria seca (MS) da silagem, aumentando as chances de uma boa preservação. Entre esses materiais, esses autores citaram algumas fontes de carboidratos como o fubá de milho, farelo de trigo, polpa cítrica e resíduos regionais da agroindústria.

Uma alternativa à utilização destes materiais é o permeado do soro de leite, o qual é obtido através da ultrafiltração do soro doce de leite para a produção de

concentrado ou isolado protéico de soro. Este material pode ser considerado uma ótima fonte de carboidratos solúveis, além de possuir alta capacidade de absorção de água e boa aceitabilidade pelos animais.

Apesar da produção de ácido lático ser um bom indicativo de fermentações adequadas durante a fase fermentativa para a conservação da massa ensilada, este ácido é substrato para a deterioração aeróbia após a abertura do silo. Isto se deve ao fato de que, em condições aeróbias, as leveduras podem degradar o ácido lático com conseqüente aumento nos valores de pH, promovendo com isso condições adequadas para que mais microrganismos deterioradores se estabeleçam (McDonald *et al.*, 1991). Nesse contexto, a utilização de aditivos que melhorem a conservação da massa após a abertura dos silos torna-se um fator de grande impacto na obtenção e utilização de uma silagem de boa qualidade.

De acordo com Zopollato *et al.* (2009) os inoculantes microbianos utilizados como aditivos na ensilagem podem ser compostos por bactérias homofermentativas, heterofermentativas ou a combinação destas. As bactérias homofermentativas, através da produção principalmente de ácido lático, melhoram as condições durante o período de anaerobiose do silo, pois inibem o crescimento de organismos anaeróbios indesejáveis como enterobactérias e clostrídeos. Já as bactérias heterofermentativas produzem ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, utilizando como substrato a glicose e o ácido lático.

A adição conjunta de um aditivo cuja finalidade é aumentar o potencial fermentativo durante a fase de anaerobiose e de outro cuja finalidade é melhorar a estabilidade da massa pós abertura do silo pode ser uma alternativa viável na busca da produção e utilização de silagens de maior qualidade.

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar as mudanças no perfil fermentativo, nos parâmetros químico-bromatológicos e na estabilidade aeróbia da silagem de capim Pioneiro inoculada com *Lactobacillus buchneri* e níveis de permeado de soro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná, localizado no município de Palotina, Paraná (24° 17' 02" S e 53° 50' 24" W). O capim Pioneiro (*Pennisetum purpureum Schumach*) (Tabela 1) foi colhido no dia 31 de janeiro de 2014, quando a forragem apresentava 60 dias de crescimento vegetativo e uma altura média de 170 cm, utilizando-se aparador de cerca viva (Italy modelo HT-226). A forragem foi colhida a 15 cm de altura do solo, sendo posteriormente picada, obtendo-se um tamanho de partícula de 2 cm, submetida aos fatores testados e ensilada. Os tipos de ensilagem resultaram da combinação de quatro níveis de inclusão de permeado (0,0; 2,5; 5,0 e 10,0% da matéria natural – MN) com a inoculação microbiológica (presença e ausência do inoculante) no momento da ensilagem.

Tabela 1. Composição bromatológica (% da matéria seca - MS) do capim Pioneiro e do permeado de soro de leite.

Item	Composição (% da MS)	
	Capim Pioneiro	Permeado de soro de leite
Matéria Seca	16,26	98,97
Proteína Bruta	8,20	3,05
Extrato Etéreo	1,26	0,00
Matéria Mineral	7,86	6,57
Fibra em Detergente Neutro	72,33	0,00
Fibra em Detergente Ácido	40,68	0,00
Hemicelulose	31,65	0,00
Celulose	27,54	0,00
Lignina	13,14	0,00
Carboidratos Não Fibrosos	10,37	90,38
Nutrientes Digestíveis Totais	42,43	74,60
Lactose	0,00	90,38

O inoculante bacteriano foi adicionado à forragem durante o enchimento dos silos, na forma de solução aquosa (água destilada), por meio de pulverizador

manual, buscando-se distribuição uniforme na massa de forragem. O inoculante Lalsil® AS (Lallemand S.A.) foi utilizado como fonte das bactérias *L. buchneri* (concentração de $1,1 \times 10^{11}$ UFC/g).

Como silos experimentais, foram utilizados 32 tubos de policloreto de vinil (PVC) com 60 centímetros (cm) de comprimento e 15 cm de diâmetro, providos de válvula superior tipo Bunsen para escape de gases formados durante o período em que os silos estavam fechados. Na parte inferior dos silos havia uma válvula para coleta e posterior quantificação de perdas por efluentes. Cada silo, após a ensilagem, foi vedado com fita adesiva, sendo pesados e armazenados em temperatura ambiente. Os silos foram mantidos fechados por um período de 35 dias, sob pressão de 600 kg MN/m^3 .

A massa ensilada foi amostrada em quatro períodos distintos após a abertura dos silos. O dia de abertura foi considerado como o tempo inicial. Coletas adicionais foram efetuadas aos cinco, dez e quinze dias após a abertura, sendo os silos mantidos expostos ao ar do dia de abertura ao último dia de coleta. Após a amostragem, o material foi processado e analisado para determinação dos seus componentes químico-bromatológicos, onde foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) conforme A.O.A.C.(1980). As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram avaliadas pelo método sequencial segundo as técnicas descritas por Robertson & Van Soest (1981). Também foi realizada, nestes mesmos períodos as análises de pH, condutividade elétrica, poder tampão e nitrogênio amoniacal para determinação do padrão de fermentação das silagens.

As temperaturas das silagens foram medidas a cada 10 minutos durante todo o período de exposição ao oxigênio com a utilização do aparelho HOBO U12-006 4-Channel Data Logger®, o qual estava inserido no centro da massa. A temperatura do ambiente foi medida pelo mesmo equipamento, utilizando-se os mesmos intervalos de medida. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo observado para que as silagens apresentassem elevação de $2 \text{ }^\circ\text{C}$ em relação à temperatura ambiente após a abertura do silo (Moran *et al.*, 1996).

O delineamento experimental utilizado na avaliação da alteração da composição químico-bromatológica e do padrão fermentativo das silagens foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas sub-

subdivididas, sendo as parcelas os níveis de permeado, as subparcelas os inoculantes, e as sub-subparcelas os tempos de exposição aeróbia.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância. Os níveis de permeado e os dias de exposição foram analisados por meio de regressão e superfície de resposta, dependendo do nível de significância, e a inoculação por teste de comparação múltipla de médias (Tukey) a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAS (versão 9.0).

Resultados e Discussão

Todas as silagens testadas apresentaram quebra da estabilidade aeróbia durante o período de exposição ao ar (Figura 1). Observou-se que as silagens que não receberam inoculante contendo *Lactobacillus buchneri* apresentaram quebra precoce da estabilidade em relação às silagens que receberam inoculante. Nos tratamentos sem inoculação, a quebra da estabilidade aeróbia foi alcançada no terceiro dia nas silagens que receberam 5,0 e 10,0% de permeado, sendo seguida pela silagem com 2,5% de permeado, que teve sua estabilidade quebrada no quinto dia. A silagem sem permeado alcançou o limite da estabilidade com seis dias de exposição ao ar.

Para os tratamentos inoculados, a quebra de estabilidade iniciou-se ao terceiro dia, no tratamento que recebeu 10,0% de permeado de soro, seguido pelo tratamento que não recebeu permeado, que teve sua estabilidade quebrada no quinto dia e pelas silagens que receberam 2,5 e 5,0% de permeado, que tiveram a barreira da estabilidade aeróbia quebrada no sexto dia de aerobiose.

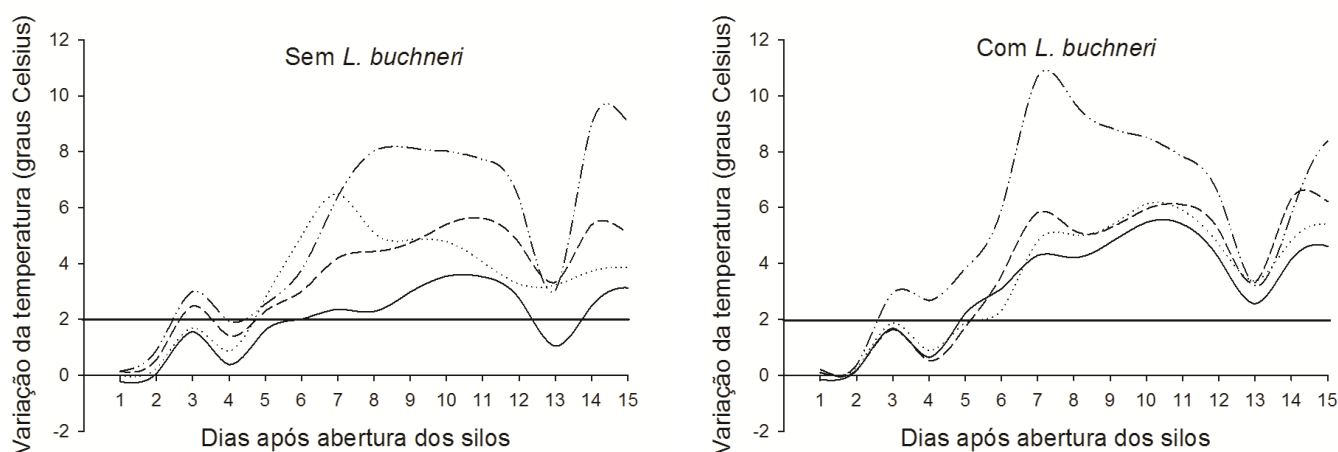


Figura 1. Quebra da estabilidade aeróbia das silagens capim Pioneiro com níveis crescentes de permeado do soro de leite desidratado. — (0%); (2,5%); - - - - (5,0%); - . . . - (10,0%).

Estes resultados são similares ao estudo de Gimenes *et al.* (2006), que trabalhando com silagens de milho observaram que os tratamentos contendo inoculante bacteriano-enzimático apresentaram menores picos de temperatura e maior tempo de estabilidade aeróbia, quando comparados ao tratamento controle. A adição de inoculantes contendo bactérias produtoras de ácido acético no momento da ensilagem pode melhorar o processo fermentativo e a estabilidade aeróbia das silagens através da inibição da multiplicação de fungos e leveduras. Essas bactérias, juntamente com a flora epifítica já encontrada na forrageira ensilada, aumentam a produção de ácido lático e acético, o que propicia um declínio mais rápido do pH e que também auxilia a aumentar a estabilidade aeróbia durante o fornecimento de silagem aos animais.

Nesta pesquisa, a adição de *L. buchneri* melhorou parcialmente a estabilidade das silagens, pois houve variação na temperatura acima de 2° C durante o período avaliado. Esse efeito foi consequência de uma associação de resultados. Como as silagens tiveram um padrão fermentativo considerado adequado, com valores de pH dentro do limite estabelecido para silagens de boa qualidade (3,8 a 4,2) (McDonald, 1991), é bastante provável que houve uma elevada produção de ácido lático durante a fermentação. Este ácido pode servir como substrato para o crescimento de microrganismos deterioradores, particularmente em meio de alta umidade.

A silagem sem inoculante e sem permeado do soro, apesar de ter ultrapassado a temperatura limite, não resultou em um aquecimento acentuado, possivelmente

por causa da baixa concentração de carboidratos solúveis residuais. A concentração final de carboidratos solúveis pode ser uma das causas para elevada atividade microbológica após a abertura dos silos, uma vez que, tanto para as silagens inoculadas como para as não inoculadas com *L. buchneri*, a maior variação de temperaturas foi para o tratamento que recebeu 10,0% de permeado. Ao estudar a estabilidade aeróbia em silagens inoculadas por *L. buchneri*, Ávila *et al.* (2009) também detectaram baixas variações de temperatura nas silagens de qualidade fermentativa inferiores.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre a adição de permeado de soro e os tempos de avaliação após a abertura dos silos nos teores de matéria seca (MS) das silagens. Os teores de MS das silagens com permeado, nos diferentes tempos de avaliação após a abertura dos silos foram submetidos à técnica de análise pelo método de superfície de resposta e os seus comportamentos estão mostrados na Figura 2.

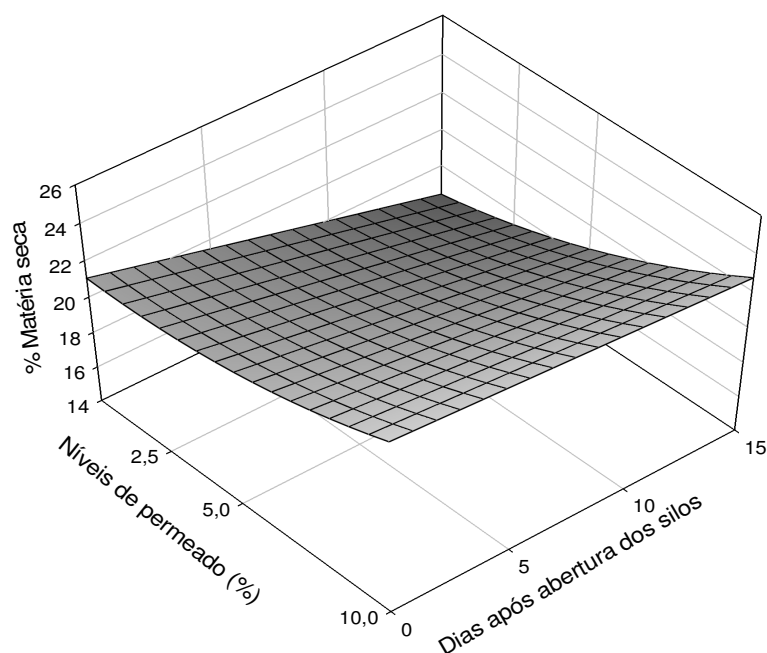


Figura 2. Teores de matéria seca (%), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 21,0392 - 0,0449*L + 0,0334*L^2 - 0,3113*T + 0,0230*LT$ ($R^2 = 0,9412$).

Com relação a esta variável, para os quatro níveis de permeado utilizados, observou-se um efeito negativo do tempo. Os teores de MS diminuíram com o aumento do período de exposição ao ar. Esta diminuição foi linear para todos os

níveis de adição, não sendo observada nenhuma tendência de estabilização. Outros autores observaram uma tendência contrária à encontrada no presente estudo, onde, com o passar do tempo, o teor de matéria seca das silagens aumentaram nos períodos de aerobiose. Bernardes (2006) concluiu que silagens de capim Marandu, com teores de MS próximos a 20%, são estáveis em condições de aerobiose, independentemente de inoculação. No presente estudo, uma possível causa para a queda nos valores de MS pode ser devido ao aumento da atividade de microrganismos indesejáveis no silo após a abertura, o que pode causar consumo de MS e gerando água metabólica resultante do processo de degradação de alguns nutrientes.

Foi detectada interação significativa ($P < 0,05$) entre a adição de permeado de soro e a inoculação com *L. buchneri* na MS (Tabela 2). Houve aumento linear nos teores de MS, através da adição de permeado, nas duas condições de inoculação. Isto se deveu ao elevado teor de MS que o permeado de soro possui (99,0%).

Observou-se interação significativa para os teores de matéria mineral entre a inoculação por *L. buchneri* e os níveis de permeado de soro. Como os teores desta variável eram semelhantes entre o capim Pioneiro e o permeado do soro de leite, ao realizar a substituição de um componente por outro, os níveis destes nutrientes tenderam a se manter os mesmos. Já para a inoculação microbiológica, foram detectadas diferenças significativas apenas para os níveis de 2,5% de inclusão de permeado. Os outros níveis de permeado não apresentaram mudança devido ao fato de que os microrganismos presentes na massa ensilada tem preferência pela utilização de carboidratos mais simples como a glicose e a frutose em seu metabolismo, independente de serem microrganismos de metabolismo homofermentativo ou heterofermentativo (McDonald *et al.*, 1991).

Tabela 2. Valores médios para os teores de matéria seca (%) e matéria mineral (%) obtidos no capim Pioneiro ensilado com níveis de permeado de soro de leite e inoculados com *Lactobacillus buchneri*.

Níveis de permeado (% de matéria natural)	Inoculação por <i>L. buchneri</i>	
	Inoculado	Não Inoculado
Matéria Seca (%)		
0	18,71	18,75
2,5	19,34	18,96
5,0	19,86	20,60
10,0	23,71	22,84
Equação de Regressão	$Y = 18,1941 + 0,5058x$ $R^2 = 0,9603$	$Y = 18,3938 + 0,4338x$ $R^2 = 0,9189$
Matéria Mineral		
0	7,73	7,67
2,5	7,48b	8,26a
5,0	7,96	7,73
10,0	7,65	7,57

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Os teores de proteína bruta (PB) das silagens se alteraram com a inclusão de permeado ($P < 0,05$). Observou-se uma diminuição dos teores de PB com a inclusão de permeado ($Y = 8,9233 - 0,0757x$ $R^2 = 0,9145$). A diminuição nos teores desta variável pode ter ocorrido devido ao baixo teor de PB do permeado (3,05% na MS), uma vez que este produto é obtido através da extração da proteína de soro de leite.

Para esta variável, também foi observada interação significativa ($P < 0,05$) entre a inoculação por *L. buchneri* e os tempos de aerobiose (Tabela 3). Com relação à utilização de *L. buchneri* dentro de cada período de aerobiose, foi detectada diferença ($P < 0,05$) apenas no momento da abertura dos silos. Na abertura dos silos o maior valor de PB foi identificado nas silagens inoculadas com *L. buchneri*. Ávila *et al.* (2009) não encontraram mudanças nos teores de PB durante a estabilidade aeróbia de silagens de capim Mombaça tratadas com *L. buchneri*, atribuindo a isto o fato de os microrganismos que se multiplicaram após a abertura dos silos terem degradado outros substratos, como os ácidos graxos voláteis presentes na silagem.

Foi observado que as silagens que foram inoculadas com *L. buchneri* tiveram um aumento nos teores de PB durante a fase de exposição ao ar, o que pode ter sido causado devido à concentração deste nutriente frente à degradação de outros nutrientes. Já as silagens que não receberam *L. buchneri* apresentaram um comportamento quadrático dos teores de PB durante o tempo de aerobiose, podendo-se constatar um aumento gradual nos teores de PB até o décimo dia, seguido por uma queda nestes teores no décimo quinto dia. Este fato pode ter sido causado pela provável multiplicação de microrganismos deterioradores nesta silagem, uma vez que ela não recebeu nenhum tipo de aditivo com a finalidade de aumento na estabilidade aeróbia.

Tabela 3. Valores médios para a os teores de proteína bruta obtidos no capim Pioneiro ensilado com níveis de permeado de soro de leite e *Lactobacillus buchneri*.

Tempo de exposição aeróbia (dias)	Inoculação por <i>L. buchneri</i>	
	Inoculado	Não Inoculado
0	8,11a	7,34b
5	8,36	8,44
10	9,22	9,26
15	9,25a	8,65a
Equação de Regressão	$Y = 8,0972 + 0,0854x$ $R^2 = 0,8454$	$Y = 7,2788 + 0,3525x -$ $0,0171x^2$ $R^2 = 0,9598$

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Não houve nenhum tipo de interação entre os fatores para os níveis de extrato etéreo (EE), sendo que este diferiu apenas entre os tempos de aerobiose ($Y = 2,3774 + 0,1871x - 0,0172x^2$ $R^2 = 0,7348$). É provável que o mesmo efeito que afetou os níveis de PB nas silagens não inoculadas tenha ocorrido para os teores de EE. Apesar do aumento na concentração inicial do nutriente logo após a abertura dos silos, a tendência ao longo do tempo foi de queda. Apesar deste nutriente sofrer alterações durante o período de exposição aeróbia, ele se encontra abaixo do limite de 6,0% da MS, que é a faixa considerada adequada para evitar efeitos prejudiciais à digestão dos alimentos e o comprometimento do consumo de MS (Jenkins, 1993; Mir *et al.*, 2001).

Nos componentes que compõe a porção fibrosa, houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores níveis de permeado e tempo para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e celulose. Nos teores de FDN e nos de FDA, observou-se que tanto o fator tempo, quanto o fator níveis de permeado apresentaram efeito quadrático (Figura 3), onde se evidencia um aumento na concentração desses nutrientes durante os primeiros dias após a abertura dos silos, seguido de uma diminuição destes níveis no período final de avaliação aeróbia. McDonald *et al.* (1991) afirmam que os componentes solúveis são os primeiros a serem utilizados quando a silagem é exposta ao ar, resultando em correspondente aumento nos conteúdos de FDN, FDA e MM. Esta degradação no período de exposição aeróbia depende diretamente do tipo de microrganismo presente no silo, pois leveduras tendem a consumir carboidratos solúveis, enquanto microrganismos micelares (bolores) tem a capacidade de degradar uma ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina. Ao estudar a estabilidade aeróbia em silagens de Maniçoba, Matos *et al.* (2006) também encontraram mesmo padrão sobre os componentes fibrosos, onde há uma maior concentração destes após a abertura dos silos.

Com relação à inclusão de permeado, os menores teores de FDN e FDA foram detectados nos tratamentos que receberam 10,0% de permeado do soro. Isto se deve ao fato do permeado de soro de leite não apresentar componentes fibrosos em sua composição, aumentando, portanto, a diluição destes compostos na silagem final.

Estas duas variáveis também apresentaram efeito isolado para a inoculação com *L. buchneri*, onde, tanto para FDN quanto para FDA, os maiores teores foram detectados nas silagens que receberam inoculação. Isto se deve ao efeito que o *L. buchneri* possui de produzir compostos que agem como antimicrobianos sobre as populações de microrganismos que podem utilizar nutrientes durante o processo fermentativo e após a abertura dos silos (Zopollatto *et al.*, 2009).

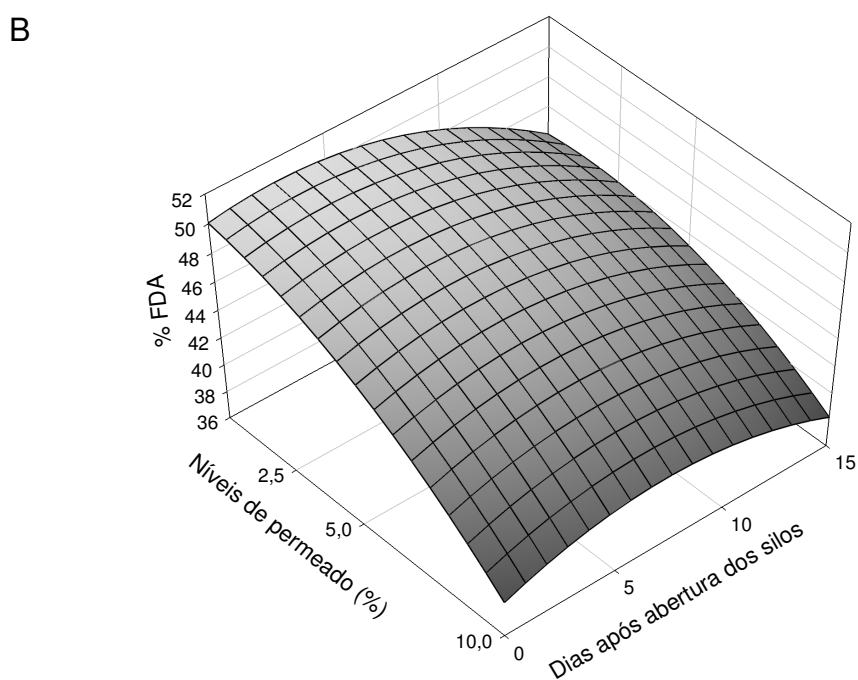
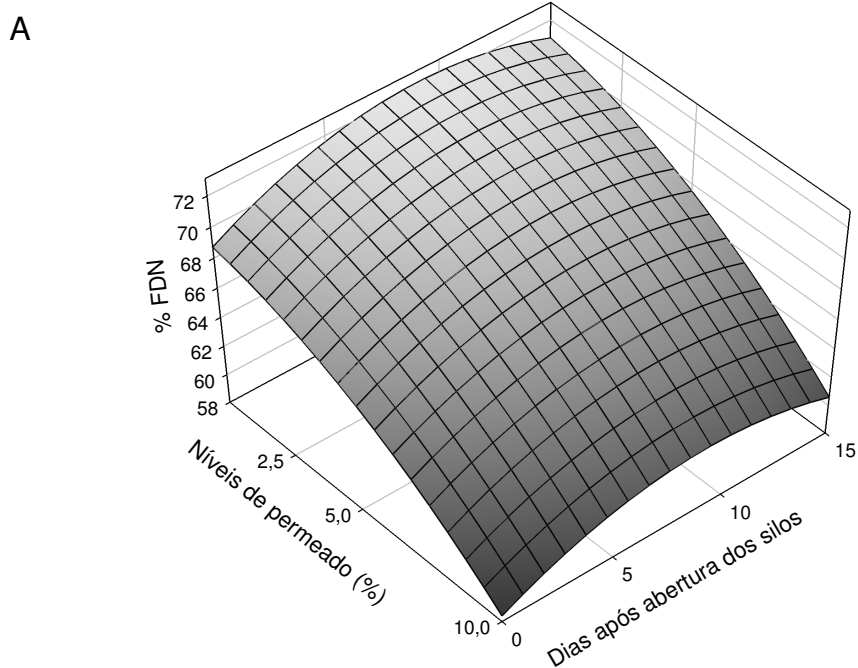


Figura 3. A: Teores de fibra em detergente neutro (%) (FDN). B: Teores de fibra em detergente ácido (%) (FDA), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. A: $Y = 68,7199 - 0,3114*L - 0,0718*L^2 + 0,7983*T - 0,0436*T^2$ $R^2 = 0,9108$. B: $Y = 50,0652 - 0,3224*L - 0,0822*L^2 + 0,2680*T - 0,0446*T^2 + 0,0372*LT$ $R^2 = 0,6597$.

Analisando-se os componentes que fazem parte das frações fibrosas das silagens, houve efeito isolado ($P < 0,05$) do permeado ($Y = 22,8029 - 0,2853x$ $R^2 = 0,8874$) e dos períodos de avaliação ($Y = 18,3712 + 0,4280x$ $R^2 = 0,5594$) sobre os teores de hemicelulose das silagens, sendo detectado um padrão linear positivo para o tempo e um padrão linear negativo para os níveis de permeado de soro. É possível que a adição de permeado do soro, além de diminuir proporcionalmente alguns compostos da porção fibrosa da forrageira, tenha estimulado a quebra de carboidratos complexos através do fornecimento de substrato às bactérias presentes na própria forrageira, fazendo com que haja uma quebra destes em carboidratos mais simples, que podem ser prontamente fermentados por bactérias ácido lácticas (Vilela, 1998). O aumento da hemicelulose em função do tempo pode estar ligado a um efeito de concentração deste nutriente, uma vez que a celulose destas silagens sofreu diminuição ao longo do período de exposição aeróbia. Esse padrão pode indicar uma preferência dos microrganismos na degradação da celulose em ambiente aeróbico.

Foi detectada interação significativa ($P < 0,05$) entre níveis de permeado e tempos de exposição aeróbia para os teores de celulose (Figura 4). Na abertura dos silos, os maiores teores de celulose foram encontrados nas silagens sem permeado. A adição de permeado reduziu linearmente os teores de celulose. No último período da fase aeróbia, foi observada uma tendência de convergência entre os teores de celulose nos níveis de 0,0; 2,5 e 5,0% de permeado de soro. Para o nível de 10,0% de permeado não houve uma alteração tão intensa na celulose com a exposição aeróbia.

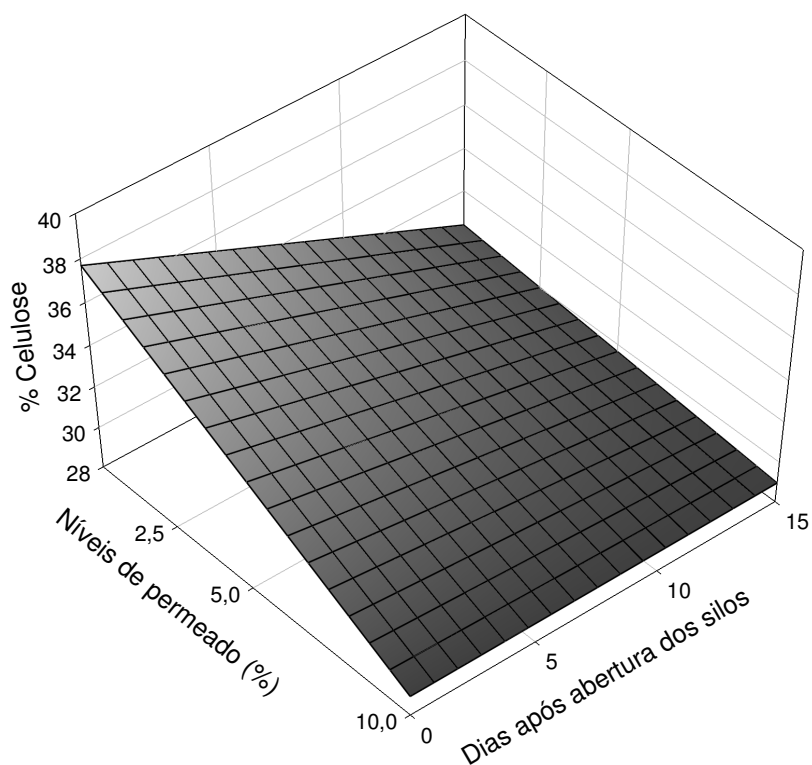


Figura 4. Teores de celulose (%), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 37,6995 - 0,8719 \cdot L - 0,4898 \cdot T + 0,0488 \cdot LT$
 $R^2 = 0,6585$.

Os teores de lignina apresentaram as mesmas tendências que os teores de hemicelulose, apresentando efeito ($P < 0,05$) isolado para os níveis de permeado ($Y = 14,8732 - 0,2663x$ $R^2 = 0,8217$) e para os tempos de exposição ao ar ($Y = 12,7110 + 0,13x$ $R^2 = 0,7958$). Da mesma forma que a hemicelulose, um aumento dos teores de lignina durante a fase aeróbia pode ter sido causado por uma concentração do nutriente, através da diminuição de outros nutrientes presentes na silagem.

Houve efeito isolado ($P < 0,05$) de todos os fatores (níveis de permeado, inoculação por *L. buchneri* e tempos de aerobiose) nos teores de carboidratos não fibrosos. A adição de permeado de soro auxiliou no acréscimo dos teores de CNF das silagens. Isso se deve ao fato do permeado de soro apresentar baixo teor proteico (3,05%) e a ausência de gordura quando comparado ao capim Pioneiro. Porém, mesmo em seu maior nível de inclusão, a silagem com permeado apresentou um teor de CNF (21,99%) considerado baixo em relação às culturas mais tradicionais como o milho e o sorgo que possuem teores superiores a 26,0% (Mello

e Nörnberg, 2004). Em relação à inoculação por *L. buchneri*, foi encontrado um maior valor de CNF nas silagens sem inoculação. Este resultado diferiu dos resultados encontrados por Siqueira *et al.* (2007), onde, após a abertura dos silos, as silagens inoculadas com *L. buchneri* foram as que apresentaram maiores valores de CNF, apresentando redução destes teores após a abertura. O menor teor de CNF encontrado nas silagens inoculadas pode ser devido a uma maior utilização dos carboidratos solúveis presentes na massa ensilada durante o período de anaerobiose. Ressalta-se que a determinação de CNF não deve ser associada de forma direta aos carboidratos solúveis, pois, na estimativa dos CNF são considerados a presença de outros compostos como ácidos orgânicos e qualquer substância que não for determinada pelas análises de PB, FDN, EE e MM. A determinação dos carboidratos solúveis é realizada por análise química específica. Portanto, busca-se com a determinação dos CNF uma inferência das transformações ocorridas na fração de carboidratos (Siqueira *et al.*, 2007).

Os tempos de aerobiose exerceram efeito quadrático sobre os teores de CNF nas silagens estudadas. O modelo que melhor representa o efeito deste fator é quadrático ($Y = 14,5424 - 0,9365x + 0,0533x^2$ $R^2 = 0,8217$). Com relação ao tempo de exposição ao ar, os teores de CNF apresentam padrão contrário ao dos níveis de FDN no mesmo período. Isso ocorre porque os teores de CNF são determinados utilizando os valores dos componentes fibrosos, protéicos, lipídicos e minerais do material. Como a FDN é o componente encontrado em maior abundância neste material, quando esta apresenta menores valores é provável que o nível de CNF apresente valores elevados.

Os valores médios estimados de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram de 41,96% no atual ensaio. Estes valores foram inferiores aos verificados por Carvalho *et al.* (2007) na literatura brasileira, que encontraram teores médios de NDT para silagens de capim Elefante de 58,60%. Os teores de NDT das silagens produzidas com permeado de soro foram superiores ($P < 0,05$) ao da silagem sem este material. Observou-se aumento linear ($Y = 41,1785 - 0,6524x$ $R^2 = 0,9242$) no teor de NDT com o aumento dos níveis de permeado do soro. O acréscimo de 0,65 unidades percentuais por unidade de permeado de soro adicionado pode ser atribuído aos elevados teores de carboidratos solúveis no permeado. Além do efeito dos níveis de permeado, foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) dos tempos de aerobiose ($Y = 46,5571 - 0,3594x$ $R^2 = 0,8882$) sobre os teores de NDT. Houve diminuição nos

teores desta variável com o aumento dos períodos de aerobiose. A diminuição nos teores de NDT com o decorrer do tempo de aerobiose pode estar ligada à utilização de nutrientes da silagem por microrganismos que passam a se desenvolver após a abertura dos silos.

Houve efeito ($P < 0,05$) de tempos de aerobiose sobre os valores de pH das silagens. Os valores de pH elevaram-se do primeiro ao oitavo dia de exposição aeróbia ($P < 0,05$) diminuindo até o décimo quinto dia de aeração (Figura 5). Após a abertura dos silos os microrganismos aeróbios iniciam seu crescimento e podem utilizar ácido láctico e nutrientes presentes na silagem como fonte de energia, o que determina o aumento dos valores de pH quando as silagens são expostas ao ar (Weinberg *et al.*, 1993). Bernardes *et al.* (2007) também observaram acréscimo nos valores de pH em todas as silagens estudadas com o avançar do tempo, sendo que o aumento médio foi de 6% entre o primeiro e o último dia de exposição aeróbia (seis dias de exposição). O que pode ter ocasionado uma queda nos valores de pH destas silagens durante o período de aerobiose é uma melhor estabilidade do material em camadas mais profundas dos silos, uma vez que aos 15 dias após a abertura o material encontra-se com valores de pH similares aos da abertura. Jobim *et al.* (1999), ao estudarem o desenvolvimento de microrganismos durante a utilização de silagens constatou que, em silagens bem compactadas, há uma menor probabilidade de deterioração de camadas mais profundas dos silos, mesmo durante sua utilização após a abertura.

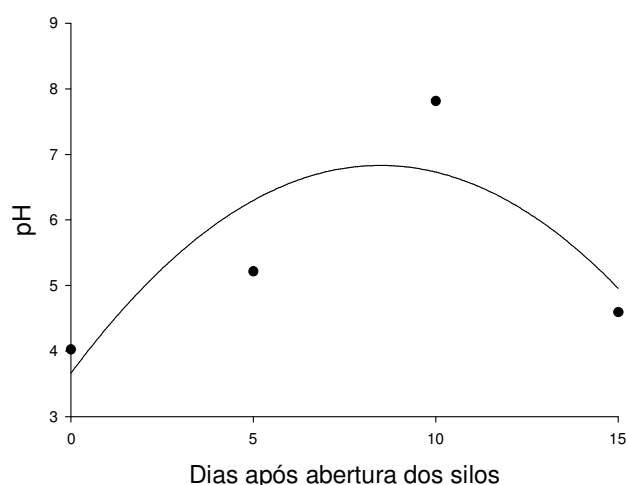
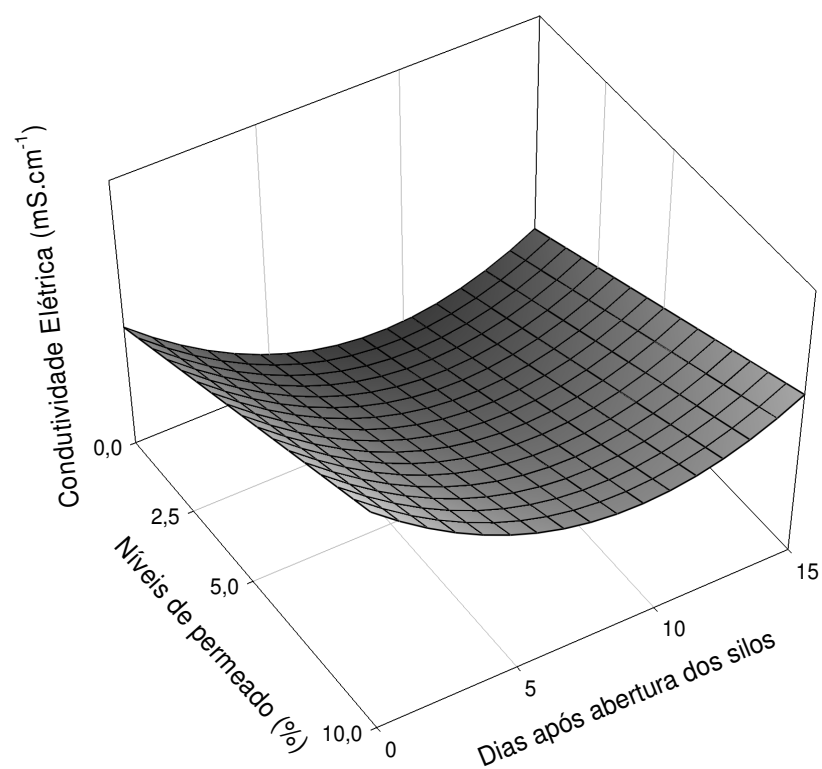


Figura 5. Teores de pH na ensilagem do capim Pioneiro durante o período de estabilidade aeróbia. $Y = 3,6625 + 0,7476x - 0,0441x^2$ $R^2 = 0,6895$.

Para a condutividade elétrica (CE), foi detectada interação significativa entre níveis de permeado e tempos de aerobiose ($P < 0,05$), tendo seu melhor modelo adequado a uma análise de superfície de resposta (Figura 6), onde, pode-se notar que há um aumento dos valores de condutividade elétrica, a partir do aumento dos níveis de permeado. Considerando-se que não houve uma maior queda no pH durante o período de aerobiose, é possível que estes valores de condutividade elétrica representem uma limitação na utilização deste substrato por bactérias lácticas. Além disso, como a CE está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, quando se adicionam substratos à massa ensilada, é possível que haja um aumento nos valores de CE da silagem resultante (Jobim *et al.*, 2007). Os tempos de exposição ao ambiente aeróbico também exercem efeito sobre a CE. Foi observado comportamento quadrático desta variável, onde houve uma queda nos valores deste parâmetro até o décimo dia de exposição. Para o fator tempo, esta variável se comporta de maneira inversa ao pH, podendo estar ligada a este, através da ligação entre utilização de solutos e queda de pH, onde, em períodos em que se detectam menores teores de pH há uma tendência de que sejam encontrados maiores teores de CE.

A



B

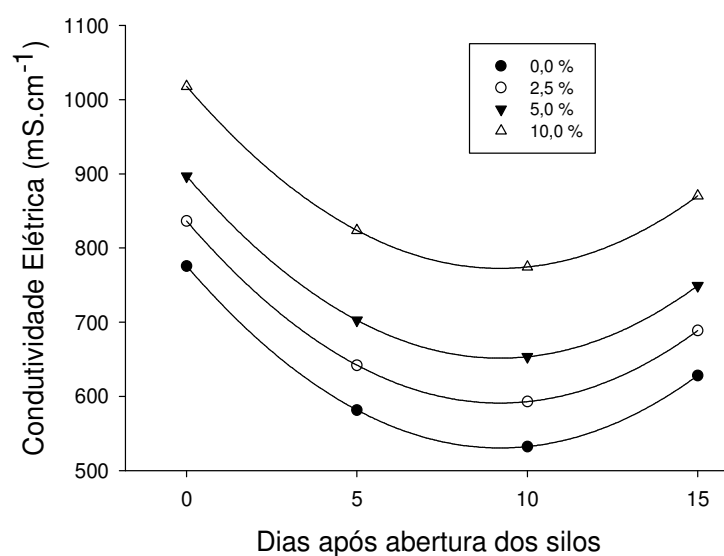


Figura 6. A: Condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 775,8309 + 24,2152*L - 53,3711*T + 2,9018*T^2$ $R^2 = 0,7490$. B: Condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), em função dos dias de exposição aeróbia para cada nível de permeado: 0,0; 2,5; 5,0 e 10,0%, a partir dos cortes na superfície ajustada para condutividade elétrica.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) nos valores de capacidade tampão (CT) entre níveis de permeado e tempos de aerobiose ($P < 0,05$) (Figura 6). Os valores obtidos são superiores aos valores apresentados por Ferrari Jr. e Lavezzo (2001), que encontraram poder tampão de $15,0 \text{ meq. } 100\text{g MS}^{-1}$ de média na ensilagem de capim Elefante. Cussen *et al.* (1995), trabalhando com azevém obtiveram valores próximos à este experimento, com o poder tampão na faixa de $21,1 \text{ meq. } 100\text{g MS}^{-1}$. A CT em plantas forrageiras tem como definição a resistência que a massa de forragem apresenta ao abaixamento do pH (Jobim *et al.*, 2007).

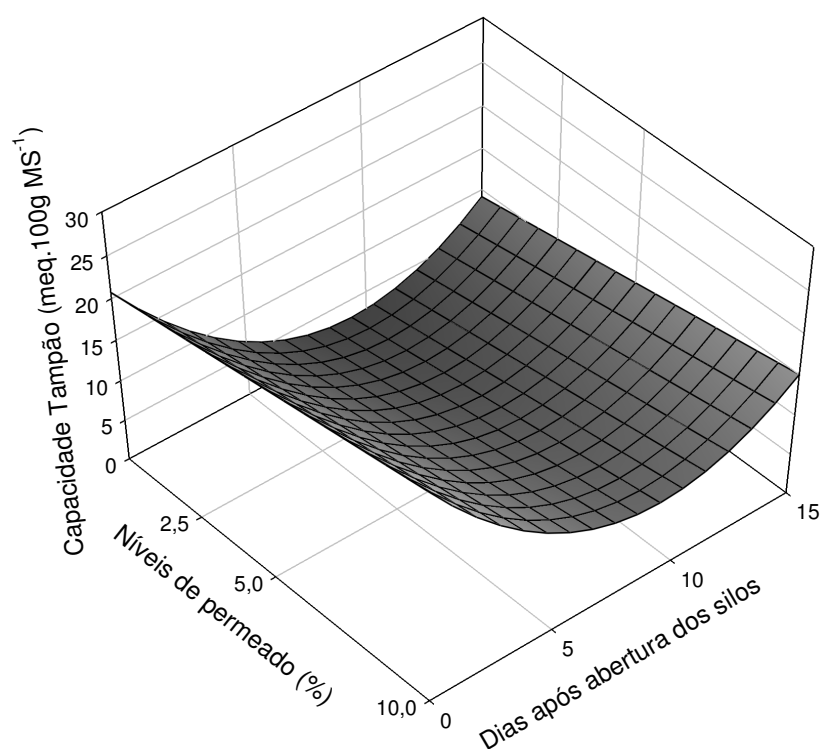


Figura 7. Capacidade tampão ($\text{meq. } 100\text{g MS}^{-1}$), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 20,7411 + 0,5881 \cdot L - 3,8321 \cdot T + 0,2039 \cdot T^2$ $R^2 = 0,8375$.

Observou-se maior poder tampão nas silagens oriundas de uma adição de 10% de permeado de soro. Evangelista *et al.* (2001) também observaram esse efeito ao adicionar níveis de polpa cítrica (até 10% na MN). Isso pode ter sido provocado pelo aumento na concentração de ácidos orgânicos provenientes de uma fermentação mais intensa nos tratamentos que receberam maiores níveis de permeado. Playne e McDonald (1966) também verificaram resultados similares.

Durante o período de aerobiose, foi observada uma diminuição dos valores de CT, que pode ter sido causada por uma degradação dos ácidos orgânicos presentes no material ensilado por microrganismos que se desenvolvem em ambientes aeróbicos. Em estudo com silagens de capim Mombaça tratados com *L. buchneri*, Ávila *et al.*, (2009) detectaram crescimento de leveduras e fungos filamentosos após a abertura dos silos, o que levou aos pesquisadores concluírem que estes microrganismos podem estar envolvidos na deterioração aeróbia das silagens através da utilização de ácido láctico como substrato. O lactato presente nas silagens pode ser metabolizado por diferentes microrganismos em condições aeróbias e anaeróbias. O próprio *L. buchneri* utiliza ácido láctico, convertendo este em ácido acético e 1,2-propanodiol (Oude-Elferink *et al.*, 2001).

Houve interação ($P < 0,05$) entre os níveis de permeado de soro e os dias de aeração sobre os valores de nitrogênio amoniacal (Figura 8). Tanto para níveis de permeado quanto para dias de aeração o efeito encontrado foi quadrático. O valor máximo (13,61%) desta variável foi encontrado no momento da abertura dos silos para a silagem sem permeado. A formação de NH_3 nas silagens está ligada a presença de fermentações indesejadas realizadas por microrganismos proteolíticos. Houve uma diminuição nos valores de NH_3 durante o período de aerobiose. Outros estudos também detectaram diminuição dos valores de NH_3 de silagens com o aumento do tempo de aerobiose (Bernardes, 2006; Tavares, 2005). Diminuições nos teores de NH_3 após abertura dos silos podem estar ligadas à volatilização de compostos nitrogenados ou à imobilização de nitrogênio por fungos miceliares. Esta imobilização do nitrogênio se dá pelas hifas dos fungos que se desenvolvem após a abertura dos silos que crescem com maior rapidez com a exposição aeróbia (Ávila *et al.*, 2009). Uma vez que a determinação do NH_3 é feita no suco extraído da silagem, essa imobilização de nitrogênio pelas hifas dos fungos filamentosos dificultaria sua passagem para o líquido utilizado na análise (Guim *et al.*, 2002).

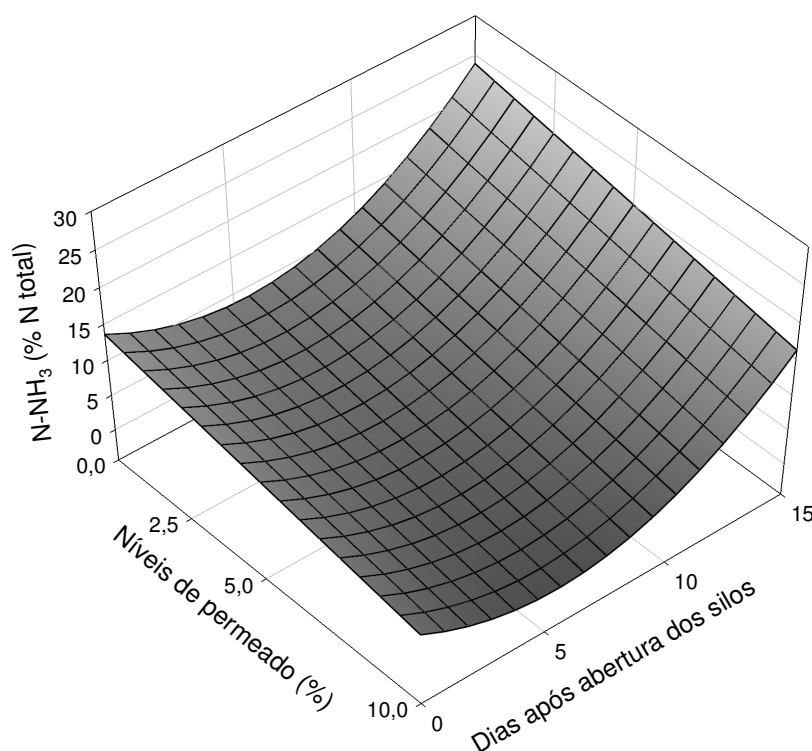


Figura 8. Valores de N-NH₃ (% N total), em função dos níveis de permeado de soro e dos dias de exposição aeróbia. $Y = 13,6085 - 0,7643*L + 0,0610*L^2 - 1,8294*T + 0,1066*T^2$ $R^2 = 0,5822$.

Conclusão

O uso de permeado do soro de leite desidratado na silagem de capim Pioneiro não auxilia a manutenção da estabilidade aeróbia. Algumas características do permeado, como a elevada presença de carboidratos solúveis podem interferir na estabilidade do alimento após a abertura dos silos, gerando prejuízos no valor nutricional e no padrão fermentativo das silagens.

A inoculação por *Lactobacillus buchneri* no capim Pioneiro foi efetiva em não permitir a quebra da estabilidade aeróbia por um curto período de tempo. Apesar de auxiliar a manter a estabilidade aeróbia das silagens de capim Pioneiro nos dias subsequentes à abertura dos silos, a utilização de *L. buchneri* não auxilia na manutenção dos parâmetros químicos nem fermentativos das silagens num espaço longo de tempo.

REFERÊNCIAS

- 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.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 13th. ed. Washington, 1980.
- ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P. *et al.* Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
- BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia de silagens**. 2006. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Júlio Mesquita, Jaboticabal, 2006.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. *et al.* Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.754-762, 2007.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R. PIRES, A.J.V. *et al.* Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007.
- CUSSE, R.F.; MERRY, R.J.; WILLIAMS, A.P. *et al.* The effect of additives on the ensilage of forage of differing perennial ryegrass and white clover content, **Grass and Forage science**, v.50, p.249-258, 1995.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R. *et al.* Aditivos na ensilagem de coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). 1. Farelo de trigo e polpa cítrica. In:

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.

GIMENES, A.L.G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B. *et al.* Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.28, n.2, p.153-158, 2006.

GIMENES, A.L.G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B. *et al.* Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, n.2, p.153-158, 2006.

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 microbiano¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl. esp. p.101-119, 2007.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; SHOKEN-ITURRINO, R.P.; ROSA, B. Desenvolvimento de microrganismos durante a utilização de silagem de grãos úmidos de milho e de espigas de milho sem brácteas. **Acta Scientiarum**, v.21, p.671-676, 1999.

- KUNG JR., L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.5, p.1149-1155, 2001.
- MATOS, D.S.; GUIM, A.; BATISTA, Â.M.V. *et al.* Estabilidade aeróbica e degradabilidade da silagem de maniçoba (*Manihot sp.*) emurchedida. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, n.1, p.109-114, 2006.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.87-95, 2004.
- MIR, P.S.; MEARS, G.L.; MIR, Z. Vegetable oil in beef cattle diets. In: BEAUCHEMIN, K.A.; CREWS, D.H. (Ed.). **Advances in beef cattle science**. Lethbridge: LETHBRIDGE RESEARCH CENTRE, 2001, p.88-104.
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C. *et al.* Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, n.1, p.125-132, 2001.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and silage. **Journal of Science Food Agriculture**, v.17, p. 262-268, 1966.
- SAS Institute Inc., SAS 9.0 Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000-2004.
- SILVA, F. F.; AGUIAR, M.S.M.A.; VELOSO, C. M. *et al.* Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.719-729, 2007.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. *et al.* Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007.

TAVARES, V.B. **Efeito da compactação na qualidade e estabilidade aeróbia da silagem de capim-tanzânia**. 2005. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 1.; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 73-108.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. *et al.* The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silagens. **Jornal of Applied Bacteriology**, v.75, p.512-518, 1993.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, suppl. esp. p.170-189, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas de capim Pioneiro, quando ensiladas com alta concentração de umidade (abaixo de 20% de MS), apresentam perdas elevadas na fase fermentativa, pela alta produção de efluente e possibilidade de desenvolvimento de processos fermentativos indesejáveis. Nestas condições, estas silagens também se mostram pouco estáveis após a abertura dos silos, uma vez que a baixa umidade permite a proliferação de microrganismos responsáveis pela deterioração aeróbia.

A utilização de permeado de soro de leite promoveu um aumento nos teores de carboidratos solúveis durante o período fermentativo destas silagens, porém, propiciou aumento nas perdas, antes e após a abertura dos silos.

A inoculação com *Lactobacillus buchneri* 40788 prolongou a estabilidade aeróbia em silagens de capim Pioneiro, porém por um período de tempo relativamente curto. Acredita-se que seu efeito possa ser ainda maior em silagens com maior teor de matéria seca do que a utilizada neste experimento.