

Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos

Chemical composition and fermentative parameters of elephant grass and sugar-cane silage treated with additives

ITAVO, Luis Carlos Vinhas¹; ITAVO, Camila Celeste Brandão Ferreira²; MORAIS, Maria da Graça²; DIAS, Alexandre Menezes³; COELHO, Elson Martins⁴; JELLER, Helma¹; SOUZA, Anderson Dias Vieira¹

¹Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

³Universidade Católica Dom Bosco, Departamento de Zootecnia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁴Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Zootecnia, Palmeira das Missoes, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Endereço para correspondência: itavo@ucdb.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de aditivos no capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e na cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), antes e após a ensilagem, através de medidas de fermentação e composição química. As forragens foram ensiladas em silos laboratoriais de PVC, com três unidades por tratamento, num total de 24 microsilos por espécie forrageira, em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram em controle (sem aditivo), fubá, cloreto de sódio, ureia, ácido acético, ácido fórmico, inoculante microbiano e melação em pó. Amostras foram tomadas antes e após 35 dias de ensilagem, de modo que foram analisados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta e nitrogênio amoniacal, os valores de pH e capacidade tamponante, além das perdas de matéria seca. O capim-elefante apresentou resultados satisfatórios para conservação na forma de silagem, sem que fosse necessário o uso de aditivos. A cana-de-açúcar apresentou resultados satisfatórios para conservação na forma de silagem. O fubá foi o aditivo que promoveu melhor padrão de fermentação e menores perdas como uma opção na confecção da silagem de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: capacidade tamponante, perdas de MS, pH

SUMMARY

It was aimed to evaluate the effect of different additives in the elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and sugar-cane (*Saccharum officinarum* L.), before and after the ensilage, through fermentation and chemical composition measures. The roughages were ensiled in PVC laboratory silos, with three for treatment, totalizing 24 microsilos for specie, in a completely randomized design. The treatments were control (without additive), corn meal, common salt, urea, acetic acid, formic acid, microbial inoculant and dried molasses. Samples were taken before and after 35 days of ensilage. Dry matter, crude protein and ammonia-N contents, pH and buffering capacity values and dry matter losses were analyzed. The elephant-grass presented satisfactory results for conservation in the silage form, and it was not necessary the use of additives. The sugar-cane presented satisfactory results for conservation in the silage form. The corn meal was the additive that promoted best fermentation pattern and smaller losses, as an option in the making of the sugar-cane silage.

Keywords: buffering capacity, DM losses, pH

INTRODUÇÃO

A silagem é alternativa de alimento no período de escassez de chuvas, no qual a disponibilidade de forragem é limitada nas pastagens. McDonald (1981) citou características ideais do material a ser ensilado como adequado nível de carboidratos solúveis, capacidade tamponante relativamente baixa e teor de MS (matéria seca) próximo de 30%. Entretanto, algumas forrageiras não atendem tais requisitos e necessitam de pré-tratamento, como emurchecimento ou uso de aditivos.

Segundo Schmidt (2008), o uso de aditivos na ensilagem tem por premissa a redução nas perdas de MS, elevação no valor nutritivo ou melhora na estabilidade aeróbica do produto final. Nesse sentido, vários fatores podem interferir na eficiência do aditivo, como características da espécie utilizada, temperatura e pH da massa, teor de carboidratos solúveis e população de microrganismos epifíticos.

O aumento do teor de umidade facilita a compactação, embora seja indesejável do ponto de vista fermentativo, pois pode resultar em alta produção de calor, ocorrência de fermentações indesejáveis e redução da digestibilidade dos nutrientes (ÍTAVO & ÍTAVO, 2008). As perdas por efluentes estão relacionadas à atividade de água, associada ao teor de MS da forragem ensilada e também ao tratamento físico aplicado à forragem no momento do corte e ao uso de aditivos.

Tradicionalmente, a gramínea considerada ideal para a confecção da silagem é o milho, porém culturas como cana-de-açúcar e capim-elefante, que apresentam grande produção de massa por unidade de área e alto custo operacional atrelado ao fornecimento diário, têm sido grandemente utilizadas, o

que torna necessária a realização de mais estudos (ÍTAVO & ÍTAVO, 2008).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o uso de aditivos no capim-elefante cv. Napier e na cana-de-açúcar, antes e após a ensilagem, através da composição química, parâmetros de fermentação e perdas de MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola São Vicente da Universidade Católica Dom Bosco-UCDB, em Campo Grande-MS. O plantio do capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi feito em covas de 25cm de profundidade com espaçamento entre linhas de 80cm, após o preparo do solo. O capim-elefante foi colhido aos 6 meses de idade e triturado em fragmentos de 0,5 a 2,0cm.

O plantio da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi feito em covas de 25cm de profundidade com espaçamento entre linhas de 80cm, após o preparo do solo. A cana-de-açúcar foi colhida aos 12 meses de idade e triturada em fragmentos de 0,5 a 2,0cm. Os tratamentos consistiram em controle (sem aditivo); fubá, a 8% da matéria natural; cloreto de sódio, a 8% da matéria natural; ureia, a 8% da matéria natural, ácido acético em 100mL/100kg da matéria natural; ácido fórmico em 100mL/100kg da matéria natural; inoculante microbiano, à base de *Lactobacillus plantarum*, de acordo com as recomendações do fabricante (2g/tonelada de matéria natural) e melaço em pó, a 8% da matéria natural. Os aditivos foram adicionados nas forragens de forma homogênea. O material foi ensilado em 3 microsilos laboratoriais de PVC, com capacidade

de aproximadamente de 3kg (40cm de comprimento e 10cm de diâmetro), com aplicação de uma densidade de compactação de aproximadamente 950Kg/m³ por silo, o que totalizou 24 microsilos experimentais, para cada espécie forrageira. Os silos eram munidos de válvulas do tipo "Bunsen" de forma a permitir o livre escape dos gases da fermentação e impedir a entrada dos mesmos.

Os microsilos foram mantidos em local à sombra e em temperatura ambiente. Amostras foram tomadas antes e aos 35 dias após a ensilagem, para verificação da influência dos aditivos na fermentação das silagens. Foram realizadas pesagens antes e ao final do período de ensilagem, para a quantificação das perdas de MS durante o processo fermentativo.

Após a abertura dos silos, procedeu-se à determinação do pH, em água, de cada silagem (SILVA & QUEIROZ, 2002). Posteriormente, amostras foram coletadas em triplicata, identificadas e congeladas para posteriores análises laboratoriais. No Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura da UCDB, foram realizadas análises de nitrogênio amoniacal (N-amoniacal), segundo Playne & McDonald (1966), capacidade tampão (CT), matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Os tratamentos foram arrançados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 espécies, 8 aditivos) com parcelas subdivididas no tempo (antes e depois da ensilagem), com três repetições por tratamento. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijklmn} = \mu + E_i + A_j + M_k + EA_l + EM_m + \epsilon_{ijklmn};$$

em que: Y_{ijklmn} = é a observação n, referente à espécie i (i=1, 2); ao aditivo j, ao momento k (k=1,2), às interações

espécie x aditivo e espécie x momento e ao erro aleatório associado a cada observação.

μ = é a constante geral;

E_i = é o efeito da espécie forrageira i, (j= 1-capim-elefante, 2-cana-de-açúcar);

A_j = é o efeito do aditivo j, (j= 1, 2, ... e 8);

M_k = é o efeito do momento da amostragem k, (k= 1-antes, 2-depois);

EA_l = é o efeito da interação entre a espécie forrageira i e o aditivo j;

EM_m = é o efeito da interação entre a espécie forrageira i e o momento de amostragem l;

ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_i .

Os dados foram analisados por meio de análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de significância do pacote estatístico SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação da espécie forrageira e aditivo e da espécie forrageira e momento de amostragem (antes da vedação do silo e após abertura do silo) para todas as características avaliadas. A média de MS do capim-elefante antes da ensilagem para o tratamento controle foi semelhante aos tratamentos com ácido acético e inoculante microbiano (Tabela 1). Os valores médios de MS dos tratamentos avaliados são considerados ideais para confecção de silagens de boa qualidade por proporcionarem facilidade na compactação da massa a ser ensilada, o que pode refletir na redução das perdas durante a ensilagem (Tabela 4).

Tabela 1. Teores médios de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de capim-elefante e cana-de-açúcar antes e após ensilagem, com utilização de aditivos

Item	Capim-elefante		Cana-de-açúcar	
	Antes da ensilagem	Após ensilagem	Antes da ensilagem	Após ensilagem
Matéria seca (%)				
Controle	35,01 ^{cb}	39,42 ^{da}	26,18 ^{bc}	26,93 ^{bc}
Fubá	36,71 ^{bb}	39,49 ^{da}	30,15 ^{ac}	29,52 ^{abc}
Sal	41,09 ^{ab}	52,39 ^{aa}	29,91 ^{ad}	32,21 ^{ac}
Uréia	41,27 ^{ab}	44,62 ^{ba}	29,00 ^{ad}	32,30 ^{ac}
Acético	34,92 ^{cb}	39,90 ^{da}	31,11 ^{ac}	33,85 ^{ab}
Fórmico	40,02 ^{aa}	41,32 ^{ca}	32,32 ^{ab}	33,08 ^{ab}
Inoculante	34,77 ^{cb}	41,88 ^{ca}	31,52 ^{ac}	31,72 ^{ac}
Melaço	36,60 ^{bb}	40,22 ^{da}	29,23 ^{ac}	29,71 ^{abc}
Proteína bruta (% da MS)				
Controle	9,41 ^{ba}	8,05 ^{bcB}	5,66 ^{bc}	4,98 ^{bc}
Fubá	9,08 ^{bcA}	8,17 ^{bcB}	5,44 ^{bc}	5,36 ^{bc}
Sal	6,70 ^{fb}	7,24 ^{ca}	5,44 ^{bc}	3,88 ^{bd}
Uréia	23,25 ^{aa}	23,00 ^{aa}	18,75 ^{aa}	18,69 ^{aa}
Acético	8,12 ^{cdB}	9,93 ^{bcA}	5,44 ^{bc}	4,10 ^{bd}
Fórmico	7,63 ^{defB}	9,23 ^{ba}	5,68 ^{bc}	4,62 ^{bd}
Inoculante	6,81 ^{efB}	8,95 ^{ba}	5,02 ^{bc}	4,59 ^{bc}
Melaço	7,88 ^{deB}	9,46 ^{ba}	5,32 ^{bc}	4,63 ^{bc}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

O uso dos aditivos no capim-elefante proporcionou resultados superiores (P<0,05) ao tratamento controle para os teores de MS antes da ensilagem, com exceção dos tratamentos com inoculante microbiano e ácido acético, ao passo que o uso dos aditivos na cana-de-açúcar proporcionou resultados superiores (P<0,05) ao tratamento controle para os teores de MS antes da ensilagem.

Para a cana-de-açúcar, observou-se que o tratamento controle apresentou a menor porcentagem de MS (26,18%), ao passo que todos os aditivos promoveram aumento nos teores de MS da cana-de-açúcar imediatamente após sua mistura, com médias de aproximadamente 30% (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com os observados por Bernardes et al. (2007), que obtiveram teores de MS

de 27,3% da cana-de-açúcar antes da ensilagem. Há de se destacar que o aumento dos teores de MS ocasionado pelos aditivos proporcionou condições ideais para fermentação e, conseqüentemente, obtenção de boas silagens, conforme critérios definidos por McDonald (1981). Porém, não foram capazes de reduzir as perdas de MS, como ocorreu com o capim-elefante (Tabela 4).

Nesse sentido, os aditivos fubá, ureia, sal e ácido fórmico apresentaram como principal característica o aumento dos teores de MS antes da ensilagem das forrageiras, imediatamente após sua mistura. Segundo Siqueira et al. (2007a), é importante avaliar a variação entre os teores de MS antes da ensilagem e após a abertura do silo, pois essa variação

constitui indicativo de perda de MS durante a fermentação.

Ao serem comparadas as médias dos teores de MS, observa-se que o capim-elefante, antes e após a ensilagem, apresentou valores superiores aos da cana-de-açúcar, independente do aditivo, provavelmente devido à idade de corte de 6 meses adotada para o capim-elefante. Andrade & Melotti (2004), em avaliação do capim-elefante ensilado aos 80 dias com adição de 6% de fubá, após 123 dias de ensilagem, observaram teores de MS iguais a 21,80 e 21,60% antes e após ensilagem, inferiores aos 36,71 e 39,49% encontrados no presente trabalho para o tratamento com 8% de fubá (Tabela 1). Há de se destacar que os teores de 4 e 6% de fubá no capim-elefante estudado por Andrade & Melotti (2003) apresentaram teores satisfatórios de ácido láctico (4,9 e 4,4 % da MS, respectivamente) e perdas de MS na ordem de 5 a 7%.

As médias dos teores de MS podem ser consideradas elevadas para silagens de capins (VILELA, 1998), provavelmente devido à idade de corte do capim-elefante (210 dias). Também Vilela (1998) citou que o uso de fubá em níveis crescentes aumentou os teores de MS da silagem de capim-elefante Taiwan A-146, semelhante ao observado nos tratamentos com aditivos absorventes.

A silagem de capim-elefante com sal apresentou o maior ($P<0,05$) teor de MS, 52,39%; acima do teor ideal devido à natureza higroscópica do sal, com pequenas perdas de MS por gases (Tabela 4), porém influenciou negativamente na conservação do material, com pH após a ensilagem igual a 5,13 (Tabela 2).

A inclusão de melaço em pó na ensilagem de capim-elefante proporcionou aumentos significativos no teor de MS (Tabela 1) e no pH (Tabela 2) antes da ensilagem. Vilela (1998), ao avaliar o uso de melaço como aditivo para ensilagem de capim-

elefante, observou 16,67% de MS nesse tratamento, valor inferior aos 40,22% de MS obtidos nas silagens de capim-elefante com melaço como aditivo avaliadas neste ensaio, o que pode estar relacionado à maior idade de corte das forrageiras adotadas, neste experimento. Destaca-se que o processo de confecção de silagens de boa qualidade depende do teor de MS do material a ser ensilado, além do tamanho de partículas, da compactação e de vedação do silo, fatos que podem ser muito bem controlados em condições experimentais.

Houve efeito dos aditivos sobre o teor de MS das silagens de cana-de-açúcar. O tratamento controle apresentou o menor valor, sem diferença estatística entre os demais (Tabela 1). Santos et al. (2006) avaliaram a composição química das silagens de cana-de-açúcar, colhidas aos 11 meses e acrescidas de 1% de ureia, 8% de MDPS ou 0,5% de sal mineral, e encontraram teores de MS de 24,47; 27,96 e 24,50%, respectivamente, inferiores aos obtidos neste ensaio, possivelmente devido à menor idade de colheita da cana-de-açúcar.

O tratamento com 8% de ureia influenciou ($P<0,05$) o teor de PB da silagem de cana-de-açúcar, com média de 18,69%, maior que 14,37% PB apresentados por Santos et al. (2006), por meio da inclusão de 1% de ureia, ao passo que o teor proteico da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo (controle) foi semelhante aos 5,19%; apresentados por Santos et al. (2006). A justificativa para a adição de ureia na forragem a ser ensilada baseia-se no aumento no teor de proteína da silagem e ocorrência de transformação de ureia em NH_3 , que reage com água de modo a formar hidróxido de amônia, com elevação do pH e atuação sobre o metabolismo de microrganismos indesejáveis, principalmente leveduras, entretanto ressalta-se que a aplicação de amônia está associada a dificuldades

operacionais (KUNG JÚNIOR et al., 2003). Assim, sugere-se que o uso de ureia em silagens de cana-de-açúcar pode

reduzir as perdas durante a ensilagem (Tabela 4) e corrigir o déficit proteico (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de pH, capacidade tamponante (CT) de capim-elefante e cana-de-açúcar antes e após ensilagem com utilização de aditivos

Item	Capim-elefante		Cana-de-açúcar	
	Antes da ensilagem	Após ensilagem	Antes da ensilagem	Após ensilagem
pH				
Controle	6,24 ^{ca}	3,97 ^{cC}	5,30 ^{dB}	4,07 ^{cC}
Fubá	6,15 ^{cdA}	3,94 ^{cC}	5,69 ^{cB}	4,09 ^{cC}
Sal	5,78 ^{cdA}	5,13 ^{bc}	5,63 ^{cB}	4,69 ^{bd}
Uréia	6,97 ^{bb}	9,13 ^{aa}	6,62 ^{bb}	9,01 ^{aa}
Acético	5,66 ^{ca}	3,90 ^{cC}	4,85 ^{eb}	4,03 ^{cC}
Fórmico	5,49 ^{ea}	3,94 ^{cB}	5,20 ^{da}	4,07 ^{cB}
Inoculante	6,46 ^{ca}	4,03 ^{cC}	5,29 ^{dB}	4,02 ^{cC}
Melaço	8,96 ^{aa}	4,20 ^{cC}	9,04 ^{aa}	4,44 ^{bb}
Capacidade tamponante (e.mg de HCl/100g MS)				
Controle	31,63 ^{abD}	35,58 ^{bcB}	20,20 ^{bc}	66,82 ^{abA}
Fubá	31,79 ^{abD}	35,12 ^{bcB}	15,40 ^{bcC}	55,46 ^{abA}
Sal	31,45 ^{abD}	34,13 ^{dc}	11,90 ^{cB}	15,40 ^{ca}
Uréia	30,58 ^{abB}	Nd	3,50 ^{da}	Nd
Acético	32,91 ^{abC}	37,57 ^{bb}	37,60 ^{ab}	62,41 ^{abA}
Fórmico	35,75 ^{ad}	30,95 ^{cB}	19,40 ^{bc}	60,18 ^{abA}
Inoculante	31,01 ^{bd}	34,94 ^{bb}	14,40 ^{bcC}	55,70 ^{ba}
Melaço	Nd	47,03 ^{ab}	Nd	69,71 ^{aa}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). nd= Não determinado

Os valores de pH, antes da ensilagem, diferiram (P<0,05) entre os tratamentos (Tabela 3). O pH do capim-elefante do tratamento controle apresentou diminuição imediata com o uso do ácido fórmico como aditivo, o que está de acordo com relatos de McDonald (1981), que mencionou a rápida diminuição inicial do pH como um dos efeitos do ácido fórmico na ensilagem. Os maiores valores de pH, 8,96 e 9,04, ocorreram com a adição de melaço, respectivamente, para o capim-elefante e cana-de-açúcar, provavelmente devido ao processo de desidratação do melaço

em pó, que utiliza calcário, o qual apresenta alta capacidade alcalinizante, consequentemente elevação de pH da massa a ser ensilada.

Os valores de pH diferiram (P<0,05) entre as silagens e estão dentro da faixa ideal de pH de 3,8 a 4,2; citada por McDonald (1981), com exceção dos tratamentos com sal e ureia. A silagem de capim-elefante correspondente ao tratamento controle apresentou pH igual a 3,97.

Os tratamentos com sal (NaCl) e ureia apresentaram valores de pH de 5,13 e 9,13, respectivamente, desfavoráveis

para caracterização de conservação do material ensilado (McDONALD, 1981). Kung Júnior et al. (2003), em revisão sobre aditivos para ensilagem, concluíram que forragens tratadas com

ureia e com eficiente transformação dessa ureia em amônia resultam em silagens com pH superior ao das não-tratadas.

Tabela 3. Valores médios de N-amoniaco (NNH₃), relação N-amoniaco/N-total (NNH₃/NT) de capim-elefante e cana-de-açúcar antes e após ensilagem com utilização de aditivos

Item	Capim-elefante		Cana-de-açúcar	
	Antes da ensilagem	Após ensilagem	Antes da ensilagem	Após ensilagem
N-amoniaco (% do N-total)				
Controle	0,01 ^{bb}	0,01 ^{bb}	0,0031 ^{bc}	0,03 ^{ba}
Fubá	0,02 ^{bb}	0,01 ^{bb}	0,0028 ^{bc}	0,08 ^{ba}
Sal	0,02 ^{bb}	0,01 ^{bb}	0,0021 ^{bc}	0,05 ^{ba}
Uréia	0,25 ^{ac}	0,53 ^{ab}	0,1350 ^{ad}	1,00 ^{aa}
Acético	0,02 ^{bb}	0,02 ^{bb}	0,0020 ^{bc}	0,06 ^{ba}
Fórmico	0,01 ^{bb}	0,02 ^{bb}	0,0018 ^{bc}	0,07 ^{ba}
Inoculante	0,02 ^{bb}	0,01 ^{bb}	0,0048 ^{bc}	0,06 ^{ba}
Melaço	0,02 ^{bb}	0,02 ^{bb}	0,0029 ^{bc}	0,07 ^{ba}
N-amoniaco/N-total (%)				
Controle	0,48 ^{bc}	0,99 ^{bb}	0,34 ^{bd}	3,97 ^{ba}
Fubá	0,48 ^{bc}	1,21 ^{bb}	0,32 ^{bd}	9,22 ^{ba}
Sal	1,76 ^{bb}	1,11 ^{bc}	0,24 ^{bd}	9,65 ^{ba}
Uréia	3,65 ^{ad}	18,76 ^{ab}	4,50 ^{ac}	28,47 ^{aa}
Acético	1,22 ^{bb}	1,09 ^{bb}	0,23 ^{bc}	10,05 ^{ba}
Fórmico	1,19 ^{bb}	1,50 ^{bb}	0,20 ^{bc}	9,79 ^{ba}
Inoculante	1,47 ^{bc}	2,39 ^{bb}	0,60 ^{bd}	8,99 ^{ba}
Melaço	2,01 ^{bb}	1,75 ^{bc}	0,34 ^{bd}	9,37 ^{ba}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

A capacidade tamponante do capim-elefante antes do fechamento do silo foi relativamente elevada (31,63 e.mg/100g de MS), quando comparada aos 25 e.mg/100g de MS do milho, forrageira considerada como ideal para ensilagem (McDONALD, 1981). A capacidade tamponante da cana-de-açúcar, antes da ensilagem, foi de 20,20 e.mg de HCl/100 g de MS. Observa-se que houve redução drástica no pH das silagens, com valores inferiores

(P<0,05) aos do material antes da ensilagem. Guim et al. (2002) apresentaram valores de 15,68 e.mg/100g MS de capim-elefante. Bernardes et al. (2007) avaliaram a ensilagem de cana-de-açúcar colhida aos 12 meses, porém observaram capacidade tampão de 9,2 e.mg de HCl/100g de MS, o que pode estar relacionado a diferenças entre teores de carboidratos solúveis, nitrogênio e minerais. Já Siqueira et al. (2007b)

encontraram 6,2 e.mg de HCl/100g de MS para capacidade tamponante da cana-de-açúcar acrescida de ureia, valor superior ao 3,5 e.mg de HCl/100g de MS obtido neste estudo.

Os valores de pH da cana-de-açúcar, antes da ensilagem, diferiram ($P<0,05$) entre os tratamentos. O pH da cana-de-açúcar controle apresentou declínio no tratamento com ácido acético. O maior valor de pH ocorreu com a adição de melaço, devido ao uso de calcário, de alto poder tamponante, no processo de desidratação do produto. Os valores de pH diferiram ($P<0,05$) entre as silagens de cana-de-açúcar. O pH da silagem de cana-de-açúcar controle (4,07) pode ser considerado dentro dos padrões ideais para boa conservação da massa ensilada, assim como nos tratamentos com fubá, ácido acético, ácido fórmico e aditivo enzimático microbiano. Entretanto, os aditivos sal, ureia e melaço não favoreceram a acidificação da massa ensilada. No caso da ureia e do melaço, há de se destacar que seu elevado poder alcalinizante já foi notado no momento da mistura.

Os teores de N-amoniaco da cana-de-açúcar antes da ensilagem foram baixos, inferiores a 1,5% em todos os tratamentos, com exceção do tratamento com ureia, devido ao teor de nitrogênio não-proteico desse aditivo. Os teores de N-amoniaco ($N-NH_3$) e relação N-amoniaco/N-total do capim-elefante foram maiores para o tratamento com ureia, devido ao alto conteúdo de nitrogênio não-proteico, sem diferença nos demais tratamentos (Tabela 3).

O tratamento com ureia apresentou os maiores ($P<0,05$) teores de PB, pH, N-amoniaco, N-amoniaco/N-Total para ambas as forrageiras. A relação ideal entre N-amoniaco e N-total não deveria ultrapassar 12% (ANDRADE & LAVEZZO, 1998) e, nesse sentido, observou-se que todos os tratamentos

apresentaram valores abaixo de 2,5%, com exceção da silagem tratada com ureia (0,53% para capim-elefante e 1,00% para cana-de-açúcar), devido ao desencadeamento da hidrólise da mesma, com liberação de amônia, o que proporciona o valor alcalino de pH.

Não houve diferença entre os teores de PB, pH, N-amoniaco, N-amoniaco/N-Total para as silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar controle e submetidas ao inoculante (Tabelas 1, 2 e 3).

Também Pereira et al. (2007) não recomendaram a inoculação microbiana na ensilagem de capim-elefante com 25,8% de MS e 7,4% de PB, devido à semelhança nos valores de pH e nos teores de N amoniaco, com médias de 3,96 e 3,98 e 7,25 e 7,02%, respectivamente, para silagens controle e inoculada.

Após a ensilagem, o tratamento ureia apresentou maior ($P<0,05$) teor de nitrogênio amoniaco, provavelmente devido ao processo de hidrólise, e os demais tratamentos não diferiram entre si. Vale ressaltar que todos os tratamentos apresentaram teores de N-amoniaco abaixo do nível máximo de 12%, indicado por McDonald (1981) na caracterização de material com boa conservação. Os valores de N-amoniaco obtidos nesse ensaio (Tabela 3) foram semelhantes aos 4,2 e 26,0% obtidos por Siqueira et al. (2007b) em silagens de cana-de-açúcar sem aditivo e acrescidas de ureia.

As perdas de MS por gases das silagens de capim-elefante diferiram ($P<0,05$) e variaram entre 0,11 e 0,76%, faixa que caracteriza níveis reduzidos de perdas por gases (Tabela 4). Segundo McDonald (1981), perdas por gases são inferiores quando partículas são menores, provavelmente devido à melhor fermentação promovida pela maior densidade do material ensilado, o que é reforçado pelo maior teor de MS

do material ensilado. Também Rezende et al. (2008) encontraram pequenas perdas de MS, 1,08 e 1,55%, para silagens de capim-elefante controle e submetidas à inoculação microbiana, respectivamente. Além disso, há de se

destacar que a ensilagem foi realizada em microsilos laboratoriais, os quais promovem melhores condições para o processo fermentativo, em comparação às condições de silos tradicionais de fazendas.

Tabela 4. Valores médios de perda de MS de capim-elefante e cana-de-açúcar antes e após ensilagem com utilização de aditivos

Item	Capim-elefante		Cana-de-açúcar	
	Antes da ensilagem	Após ensilagem	Antes da ensilagem	Após ensilagem
Controle	-	0,32 ^{bcdB}	-	13,63 ^{abA}
Fubá	-	0,38 ^{bcdB}	-	5,28 ^{dA}
Sal	-	0,46 ^{bcB}	-	12,65 ^{abA}
Uréia	-	0,11 ^{dB}	-	6,63 ^{cdA}
Acético	-	0,23 ^{cdB}	-	10,49 ^{bcA}
Fórmico	-	0,45 ^{bcB}	-	6,52 ^{bcdA}
Inoculante	-	0,58 ^{abB}	-	7,96 ^{cdA}
Melaço	-	0,76 ^{aB}	-	15,68 ^{aA}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Além da produção de etanol, a fermentação na cana-de-açúcar por leveduras gera água, ATP e produção de CO_2 , que é bastante significativa. Na ensilagem da cana-de-açúcar perdas por gases têm muita importância, pois são altamente correlacionadas ao teor de etanol (90,3%) e à recuperação de MS (89,3%) (PEDROSO et al., 2005). Segundo McDonald et al. (1991), a fermentação por leveduras ocasiona perdas de até 48,9% da MS.

Não houve perdas por efluentes nas silagens de cana-de-açúcar. As perdas de MS diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos, com maiores perdas da silagem de cana-de-açúcar no tratamento controle, sal e melaço. O tratamento controle apresentou perdas de 13,63% de MS, ao passo que ureia apresentou 6,63. Pedroso et al. (2005) obtiveram perdas de MS na magnitude de 15,8% em silagens de cana-de-açúcar sem aditivos, após 45

dias do processo de ensilagem, semelhante aos 13,63% apresentados neste ensaio. Há de se destacar que o tratamento com aditivo fubá apresentou pequenas perdas de MS (5,28%), associadas a adequados valores de pH e teores de N-amoniaco (Tabelas 2 e 3).

Os valores de perdas de MS (Tabela 4) demonstram que a cana-de-açúcar utilizada apresentou boas características para o processo de ensilagem (teor de MS e capacidade tamponante), visto que, em condições de fermentação não controlada (sem aditivos), a conversão da sacarose em etanol pode ser acentuada, o que acarreta elevada perda de MS na forma de gases, muitas vezes superior a 30% da MS inicial (SIQUEIRA et al., 2007a; SCHMIDT 2006).

A menor perda foi obtida com adição de fubá, 5,28%, o que pode estar relacionado à alta capacidade de absorção de água, de modo a se caracterizar como um bom

aditivo absorvente para silagens de cana-de-açúcar, além de aditivo com função nutriente (McDONALD, 1981). Vale ressaltar que a magnitude das perdas dos demais tratamentos não ultrapassaram o patamar de 18%, limite estipulado para perdas inevitáveis inerentes a ensilagem (McDONALD, 1981).

No aspecto fermentativo, o capim-elefante, aos 210 dias de idade, demonstrou aptidão para o processo de ensilagem sem que fosse necessário o uso de aditivos, ao passo que o fubá promoveu melhor padrão de fermentação e menores perdas de MS na silagem de cana-de-açúcar, a qual apresentou resultados satisfatórios para conservação na forma de silagem.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do Capim-elefante. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1859-1852, 1998. [[Links](#)].
- ANDRADE, J.B.; MELOTTI, L. Inoculantes bacterianos na ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.219-223, 2003. Supl. [[Links](#)].
- ANDRADE, J.B.; MELOTTI, L. Efeitos de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, n.6, p.409-415, 2004. [[Links](#)].
- BERNARDES, F.J.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERCHIELLI, T.T.; COAN, R.M. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007. [[Links](#)].
- GUIM, A.; ANDRADE, P. ITURRINO-SCHOCKEN, R.P.; FRANCO, G.L.; RUGGIERI, A.C.; MALHEIROS, E.B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurchecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002. [[Links](#)].
- ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F. Estratégias para o uso de subprodutos da agroindústria associados às silagens. In: JOBIM, C.C, CECATO, U., CANTO, MW. (Orgs). **Produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: Masson, 2008. p.153-195. [[Links](#)].
- KUNG JÚNIOR, L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy/ Crop Science Society of America/ Soil Science Society of America, 2003. p.251-304. [[Links](#)].
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John. Wiley & Sons Ltda, 1981. 207p. [[Links](#)].
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p. [[Links](#)].

- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005. [[Links](#)].
- PEREIRA, O.G.; ROCHA, K.D.; FERREIRA, C.L.L.F. Composição química, caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1742-1750, 2007. [[Links](#)].
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and silage. **Journal Science Food Agriculture**, v.17, p.262-268, 1966. [[Links](#)].
- REZENDE, A.V.; GASTALDELLO JÚNIOR, A.L.; VALERIANO, A.R.; CASALI, A.O.; MEDEIROS, L.T.; RODRIGUES, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Ciência Agrotécnica**, v.32, n.1, p.281-287, 2008. [[Links](#)].
- SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; DANTAS, P.A.S.; DÓREA, J.R.R.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G.; LANA, R.P.; COSTA, R.G. Composição bromatológica, perdas e perfil fermentativo de silagens de capim-elefante com níveis de inclusão de jaca. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.9, n.1, p.64-73, 2008. [[Links](#)].
- SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C.; COUTO FILHO, C.C.C.; SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. [[Links](#)].
- SCHMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento da cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: JOBIM, C.C, CECATO, U., CANTO, MW. (Orgs). **Produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: Masson, 2008. p.153-195. [[Links](#)].
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, P.T.P. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007a. [[Links](#)].
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C. Perdas das silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007b. Supl. [[Links](#)].
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 165p. [[Links](#)].

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV. **Manual de utilização
do Programa SAEG (Sistema para
Análises Estatísticas e Genéticas).**
Viçosa, MG: UFV, 1997. 59p. [[Links](#)].

VILELA, D. Aditivos para silagem de
plantas de clima tropical. In: REUNIÃO
DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE
ZOOTECNIA, 34., 1998, Botucatu.
Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p.73-
108. [[Links](#)].

Data de recebimento: 03/11/2008

Data de aprovação: 22/06/2010