

AVALIAÇÃO DA SILAGEM DO HÍBRIDO DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] BR 601 COM ADITIVOS 1 – PH, NITROGÊNIO AMONIACAL, MATÉRIA SECA, PROTEÍNA BRUTA E CARBOIDRATOS SOLÚVEIS

ARMANDA COSTA PEREIRA¹, RICARDO REIS E SILVA¹, LÚCIO CARLOS GONÇALVES², ANA LUIZA COSTA CRUZ BORGES², IRAN BORGES², SILAS PRIMOLA GOMES⁴, JOSÉ AVELINO SANTOS RODRIGUES³, ELOÍSA OLIVEIRA SIMÕES SALIBA², JAIRO JOSÉ COSTA FERREIRA¹ e JANAINA JANUÁRIO DA SILVA⁴

¹Mestre em Zootecnia pela Escola de Veterinária da UFMG, Caixa postal 567, CEP: 30123-970 - Belo Horizonte/MG; armandacosta@bol.com.br

²Professor(a) da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa postal 567, CEP: 30123-970- Belo Horizonte/MG

³Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP: 35701-970, Sete Lagoas/MG

⁴Doutorando em Ciência Animal pela Escola de Veterinária da UFMG

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.2, p.211-222, 2007

RESUMO – Avaliaram-se a composição química e indicadores do padrão de fermentação de silagens do híbrido de sorgo forrageiro BR 601 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], submetidos aos seguintes tratamentos: silagem sem aditivo (testemunha), silagem com 0,5% de uréia, silagem com 0,5% de carbonato de cálcio, silagem com 0,5% de uréia mais 0,5% de carbonato de cálcio e silagem com inoculante bacteriano. Foram utilizados silos experimentais de PVC, com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, abertos com um, três, cinco, sete, 14, 28 e 56 dias de vedação. Logo após a abertura, foram determinados o pH e os teores de nitrogênio amoniacal, como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT), os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e carboidratos solúveis (CHOs). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com duas repetições por tratamento. As médias foram comparadas pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. Pouco efeito dos aditivos foi observado sobre o perfil de fermentação das silagens, de forma que o tratamento controle resultou em silagem de boa qualidade. O uso da uréia ou uréia com carbonato de cálcio resultou em aumento do pH e do nitrogênio amoniacal.

Palavras-chave: carbonato de cálcio, forragem, inoculante bacteriano, uréia.

CHEMICAL COMPOSITION AND FERMENTATION PATTERN OF THE BR 601 SORGHUM SILAGE [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] WITH ADDITIVES 1

ABSTRACT – This work evaluated the chemical composition and fermentation pattern of BR 601 sorghum silage, [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. At ensiling time, the silages were enriched with the additives, adopting the following treatments: silages without additive (control), with 0.5% of urea, 0.5% of sodium carbonate, 0.5% of urea plus sodium carbonate and bacterial inoculant. The material was stored in PVC silos with the diameter of 10 cm and the length of 50 cm and opened at seven different stages (1, 3, 5, 7, 14, 28 and 56 days after sealing). The pH, ammoniacal nitrogen (N-NH₃/NT), dry matter (DM), crude protein (CP) and soluble carbohydrate contents were determined in

the silages. The experimental design utilized was completely randomized with two repetitions for each treatment. The means were compared by the SNK test on level of 5% of probability. The hybrid evaluated produced good fermentation pattern and adequate level of DM. A low effect of the additive over the fermentation pattern of the silages was observed and in most of the analysis the additives showed similar results as the control silages or reached to the elevations of pH and N-NH₃/NT values during the fermentation process as observed in the use of urea and association urea plus sodium carbonate.

Key words: bacterial inoculant, forage, sodium carbonate, urea.

A crescente utilização do milho na alimentação humana e de monogástricos tem aumentado o interesse pelo estudo de alternativas viáveis para a alimentação de ruminantes (Alvarenga, 1993). O sorgo, por suas características de cultivo e valor nutritivo semelhantes aos do milho, vem sendo estudado como substituto deste, principalmente como silagem. O uso do sorgo na forma de silagem é favorecido pelo fato de essa cultura apresentar bons teores de carboidratos solúveis, capacidade tampão relativamente baixa, conteúdo de MS acima de 20% e estrutura física que facilita a picagem e a compactação durante o enchimento do silo (Gonçalves *et al.*, 2005).

Segundo McDonald *et al.* (1991), as silagens bem preservadas apresentam valores de pH entre 3,7 e 4,2. Já as mal preservadas caracterizam-se por terem altos valores de pH, normalmente entre 5,0 e 7,0, e também, altos teores de ácidos acético e butírico. Mas, segundo Henderson (1993), dependendo do tratamento que o material recebe antes da ensilagem ou do tipo de aditivo a ser empregado, o pH pode ser elevado, não significando que seja uma silagem de má qualidade.

Do nitrogênio total das forragens, 75 a 90% encontram-se na forma de proteína verdadeira. A fração não protéica é composta principalmente de aminoácidos livres e aminas (glutamina e asparagina) e pequenas concentrações de

outros compostos sem significado nutricional (McDonald *et al.*, 1991). O teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), que na planta original é inferior a 1% do nitrogênio total (NT), ao término da fermentação não deve ser superior a 10%, sob condições normais (Cândido *et al.*, 2002).

A avaliação do teor de MS da silagem é de fundamental importância, pois, quando a massa ensilada atinge valores superiores a 35% de matéria seca, a compactação é dificultada, reduzindo a eliminação do ar da massa ensilada e criando condições para aquecimento e desenvolvimento de mofo. Em contrapartida, a ensilagem de plantas excessivamente úmidas proporciona ambiente favorável para a fermentação clostrídica, resultando em teores elevados de ácido butírico e baixo consumo pelos animais (Borges, 1995).

O teor de PB da silagem afeta a nutrição e os custos de produção animal, pois interfere nos processos fermentativos ruminais e determina a quantidade necessária de concentrados protéicos a serem incluídos na dieta. De acordo com Soest (1994), a porcentagem de proteína bruta não varia com o processo de ensilagem; no entanto, as diferentes frações nitrogenadas podem ter suas proporções alteradas. Uma mudança importante que ocorre na forragem durante o processo de ensilagem é o aumento na solubilidade da proteína, que pode aumentar cerca de 30% durante a ensilagem. Na silagem, muitas proteínas verda-

deiras são fracionadas pelas proteases existentes nas plantas.

Segundo Cândido et al. (2002), o teor mínimo de carboidratos solúveis para promover adequada fermentação é de 6-8% da matéria seca da planta. Henderson (1993) considera que planta ensilada deve apresentar no mínimo de 4,0 a 5,0% de carboidratos solúveis, para uma boa fermentação.

Porém, em determinadas situações em que a forrageira não possui características ideais para conservação na forma de silagem, ou quando houver falhas no processamento, uma alternativa seria o uso de aditivos, com o objetivo de melhorar sua conservação, seu valor nutritivo e sua palatabilidade. Um aditivo ideal para silagem, segundo Henderson (1993), deveria ser seguro para manejar, reduzir perdas de matéria seca, melhorar a qualidade higiênica da silagem, limitar a fermentação secundária, melhorar a estabilidade aeróbica, aumentar o valor nutritivo e dar ao produtor um retorno maior em produção animal que o custo com o aditivo.

As silagens de milho e sorgo têm baixos teores de nitrogênio, de cálcio e de fósforo. A adição de carbonato de cálcio, isoladamente ou associado à uréia, vem sendo estudada como forma de controlar a fermentação e melhorar a qualidade da silagem de sorgo, principalmente para correção do teor protéico (Henderson, 1993).

A população de bactérias produtoras de ácido láctico pode ser pequena nas forragens, sendo afetada pelas condições ambientais (umidade, temperatura, radiação solar, espécie e características da planta), o que pode levar, ao longo do tempo, à obtenção de silagens de qualidade variável, a partir de um mesmo tipo de forragem e sistema de manejo. Nessas condições, pode ser benéfica à fermentação a adição de inoculantes bacterianos (Pedroso et al., 2000). Segundo

Soest (1994), os principais inoculantes possuem espécies de *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus*, que são bactérias homofermentativas, isto é, produzem somente ácido láctico.

Porém, os resultados obtidos pela pesquisa têm sido variáveis quanto à eficácia de inoculantes bacterianos sobre a qualidade e preservação das silagens e, segundo Ashbell (1995), inoculantes usados com sucesso em determinada região podem não ser eficientes em outras, indicando influência de condições locais sobre o efeito dos inoculantes. Assim, são necessários estudos para avaliação da eficácia dos inoculantes bacterianos comercializados no Brasil, dentro das nossas condições de produção (Pedroso et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química e as características fermentativas da silagem do híbrido BR601, com e sem aditivos, usando os seguintes parâmetros: pH, N-NH₃/NT e teores de MS, PB e CHOs.

Material e Métodos

Foi utilizada a cultivar de sorgo forrageiro BR 601 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], produzido nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais. A região situa-se entre 19° de latitude sul e 44° de longitude oeste de Greenwich, a uma altitude média de 732 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo AW, ou seja, clima de savana, com inverno seco e temperatura média no mês mais frio acima de 18°C. O sorgo foi semeado no dia 23 de janeiro de 1998, utilizando-se espaçamento de 0,70 m entre linhas. No plantio, realizou-se adubação com 300 kg/ha de 8-28-16 (NPK) e cobertura com 100 kg/ha de uréia. A colheita ocorreu no dia 11 de maio de 1998 (BR601), quando os grãos se apresentavam no estágio leitoso-pastoso. O corte foi manual,

rente ao solo, e os materiais foram picados em picadeira estacionária da marca Nogueira, modelo DMP-4, ajustada para tamanho de partículas de aproximadamente 1cm. Os tratamentos foram: testemunha (T), uréia 0,5% (U), CaCO₃ 0,5% (CC), 0,5% de uréia e 0,5% de CaCO₃ (U + C) e inoculante bacteriano (IB), o qual é comercializado pelo nome de Silobacê, produto à base de *L. plantarum*, *S. faecium* e *Lactobacillus* sp., possuindo 5,26x10¹⁰ unidades formadoras de colônia/g.

A colocação dos aditivos foi feita no material espalhado sobre lona de plástico, procedendo-se a mistura vigorosa. A uréia utilizada foi do tipo comercial granulada, e o CaCO₃, do tipo P.A. O inoculante bacteriano foi utilizado na dose de dois litros de solução contendo 2 g do produto para cada tonelada de forragem. Os silos utilizados foram de PVC, com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, fechados com tampa de PVC dotadas de válvulas tipo Bunsen e lacrados com fita crepe. Os silos foram pesados vazios e após serem lacrados.

Após a ensilagem, os silos foram transportados para o Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, onde ocorreram a abertura e as análises laboratoriais. Os silos foram pesados e abertos com um, três, cinco, sete, 14, 28 e 56 dias após a ensilagem, para a determinação das perdas de matéria seca durante o período de fermentação. O teor de PB e o pH foram determinados somente até o dia 28. Não foi possível analisar as amostras do dia 56, pois estas foram perdidas em função do armazenamento prolongado.

O conteúdo de silagem em cada dia de abertura foi retirado, homogeneizado em balde de plástico, sendo dividido em duas partes: a primeira para extração do “suco da silagem”, utilizando-se prensa hidráulica Carver, modelo C, e

a segunda parte do material de cada silo foi colocada em estufa de ventilação forçada a 62°C, por 72 horas, para pré-secagem. No suco da silagem, realizou-se a análise de N-NH₃ pelo método de destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio e determinou-se o pH utilizando um potenciômetro (Hortwitz., 1980). Após a pré-secagem o material foi moído em peneiras de 1mm, em moinho tipo Wiley, sendo, em seguida, armazenado em frascos de plástico, para determinação dos teores de MS a 105°C (Hortwitz., 1980), PB em aparelho Leco FP-528 e CHOs em álcool (Bailey, 1967).

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 2000). Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 5 x 7 (5 tipos de silagem x 7 tempos de abertura) e duas repetições por tratamento, para as variáveis N-NH₃/NT, MS e CHOs. Para as variáveis pH e PB, foi utilizado um esquema fatorial 5 x 6 (5 tipos de silagem x 6 tempos de abertura), com duas repetições. Para a comparação das médias, foi empregado o teste SNK (Student Newman Keuls), a 5% de probabilidade. Quando não houve efeito do aditivo e do tempo de abertura, foi apresentada a média dos resultados obtidos. No estudo das correlações entre as variáveis, realizou-se também a comparação entre médias (p < 0,05), usando-se os procedimentos de Pearson presentes no Software SAEG.

Resultados e Discussão

Para a variável pH, houve interação entre os tipos de silagem e os diferentes tempos de abertura (p < 0,05). Os valores de pH avaliados no suco das silagens do híbrido BR601, com e sem os diferentes aditivos e nos diferentes dias de abertura, encontram-se na Tabela 1.

Os valores de pH da silagem de todos os tratamentos estabilizaram-se a partir do dia 5º dia de abertura, com exceção do tratamento da silagem adicionada com carbonato de cálcio, que se estabilizou somente a partir do 14º dia. Resultado semelhante foi observado por Antunes (2001), em que os valores de pH caíram rapidamente nos três primeiros dias de ensilagem e se estabilizaram a partir do 5º dia, para quatro dentre os sete híbridos estudados.

A aplicação de carbonato de cálcio acarretou valores superiores de pH em todos os dias de abertura, comparação com o tratamento sem aditivo, sugerindo um efeito tamponante do aditivo. Owens et al. (1969) também obtiveram aumentos nos valores de pH, que ficaram em torno de 4,3%, em silagens de milho com 1% de carbonato de cálcio. Vieira (2001) obteve valores médios de pH semelhantes aos do presente trabalho na silagem dos híbridos BR700 (4,20) e BR701 (4,43). Porto (2002) observou que a adição de carbonato de cálcio às silagens resultou em pH mais elevado nas silagens dos três genótipos, a partir do terceiro dia de abertura em comparação com a silagem testemunha.

Em comparação com a testemunha, a adição de uréia alterou os valores de pH, sendo es-

tes superiores em todos os dias de abertura, exceto no terceiro dia. A adição de uréia com carbonato de cálcio (U + CC) acarretou valores de pH superiores, em comparação com os demais tratamentos, em todos os dias de abertura, exceto em relação ao tratamento contendo apenas carbonato de cálcio no dia 1. De acordo com McDonald et al. (1991), a hidrólise da uréia e do carbonato de cálcio resulta em íons amônio e cálcio, respectivamente, e a associação destes a ácidos orgânicos apresenta efeito tamponante, o que pode explicar o aumento do pH nas silagens com esses aditivos, principalmente quando são aplicados juntos.

Quanto ao uso de inoculante bacteriano, os valores de pH foram semelhantes ao tratamento testemunha no primeiro e terceiro dias, sendo superiores nos demais dias. Assim, o efeito esperado de uma queda mais acentuada no pH em relação à silagem testemunha não foi verificado. Rodrigues et al. (2002) também não observaram alterações no pH das silagens de sorgo inoculadas, com o mesmo inoculante do presente experimento, em relação à silagem controle.

De acordo com a classificação de Paiva (1976), os valores médios de pH da silagem testemunha (4,04) e da silagem adicionada com ino-

TABELA 1. Valores de pH¹ em silagens de sorgo com e sem aditivos em diferentes dias de abertura

Silagens ²	Dia de abertura dos silos					
	1	3	5	7	14	28
T	4,94Ca	4,08Cb	3,84Ec	3,82Ec	3,80Dc	3,78Dc
CC	5,11ABa	4,45Bb	4,21Bc	4,17Bc	4,08Bd	4,02Bd
U	5,07Ba	4,26BCb	4,08Cc	4,03Cc	3,99Cc	3,93BCc
U + CC	5,18Aa	4,74Ab	4,47Ac	4,46Ac	4,53Ac	4,53Ac
IB	4,88Ca	4,07Cb	3,93Dc	3,92Dc	3,92Cc	3,86Cc

¹ Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV = 0,92%.

² T = testemunha; CC = tratadas com 0,5% de carbonato de cálcio; U = 0,5% de uréia; U + CC = 0,5% de uréia associada a 0,5% de carbonato de cálcio; IB = inoculante bacteriano.

culante bacteriano (4,09) as classificam como de boa qualidade (pH de 3,8 a 4,2). Isso sugere que a silagem testemunha possuía inicialmente os requisitos necessários para uma adequada fermentação, tornando desnecessário o uso do inoculante. As silagens adicionadas somente com carbonato de cálcio ou somente com uréia propiciaram valores classificados como de média qualidade (4,34 e 4,22, respectivamente) e a silagem que recebeu esses dois aditivos juntos apresentou um valor médio elevado de pH (4,65), sendo classificada como de ruim qualidade.

Para a variável N-NH₃/NT, houve interação entre os tratamentos contendo somente uréia ou uréia com carbonato de cálcio e os diferentes tempos de abertura ($p < 0,05$). As silagens testemunha e com adição de carbonato de cálcio ou inoculante bacteriano não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) ao longo da fermentação e entre si nos diferentes dias de abertura. Os teores de N-NH₃/NT das silagens do híbrido BR601, com e sem os diferentes aditivos e nos diferentes dias de abertura, são apresentados na Tabela 2.

O tratamento da silagem com uréia resultou em aumento acentuado dos valores de N-NH₃/NT do primeiro (8,43%) para o terceiro dia

(15,27%) de abertura, mantendo-se estável até o final (18,56%). Em comparação com a silagem testemunha, a adição de uréia acarretou teores de N-NH₃/NT superiores em todos os dias. As silagens com a associação de uréia e carbonato de cálcio apresentaram os maiores resultados em todos os dias de abertura, sendo equivalentes ao tratamento com uréia nos dias um e três. No tratamento uréia com carbonato de cálcio, os teores de N-NH₃/NT aumentaram ao longo da fermentação. Esse efeito é devido à ação tamponante da uréia e do cálcio, que pode propiciar condições favoráveis para a ação das enzimas proteolíticas.

Vieira (2001) também obteve resultados semelhantes com a adição de uréia e de carbonato de cálcio, verificando teores elevados de N-NH₃/NT das silagens de todos os híbridos de sorgo em relação ao controle. Resultados similares foram observados por Owens *et al.* (1969), Shirley *et al.* (1972), Gomide *et al.* (1974), Stehling (2001) e Porto (2002).

Os valores médios de N-NH₃/NT da silagem testemunha (4,10), das silagens adicionadas de carbonato de cálcio (4,05) e inoculante bacteriano (4,02) as classificam como de muito boa qualidade (N-NH₃/NT < 10) (Agricultural,

TABELA 2. Valores de nitrogênio amoniacal¹ em relação ao nitrogênio total (%MS) em silagens de sorgo com e sem aditivos nos diferentes dias de abertura

Silagens ²	Dia de abertura dos silos						
	1	3	5	7	14	28	56
T	1,91B	3,01B	4,18C	3,43C	4,70C	5,24C	6,26C
CC	1,94B	2,89B	3,56C	3,69C	5,08C	5,42C	5,78C
U	8,43Ab	15,27Aa	14,74Ba	16,16Ba	18,27Ba	16,62Ba	18,56Ba
U + CC	8,95Ad	18,21Ac	20,55Ac	23,60Ac	32,28Ab	42,69Aa	42,55Aa
IB	2,07B	3,09B	3,76C	4,05C	5,28C	4,95C	4,98C

¹ Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 15,56%.

² T = testemunha; CC = tratadas com 0,5% de carbonato de cálcio; U = 0,5% de uréia; U + CC = 0,5% de uréia associada a 0,5% de carbonato de cálcio; IB = inoculante bacteriano.

1987). As silagens adicionadas somente com uréia propiciaram valores classificados como de média qualidade (15,44) e a combinação uréia e carbonato de cálcio acarretou um valor médio elevado (26,30), sendo classificada como de qualidade ruim.

Observou-se uma correlação positiva entre os teores de $N-NH_3/NT$ e os valores de pH ($r = 0,35$, $p < 0,05$), sugerindo que a acidificação do meio pode promover desnaturação das enzimas proteolíticas, causadoras de diminuição do valor nutritivo da silagem pela conversão de proteína em NNP. A maioria dessas enzimas é ativa somente em pH acima de cinco. Além disso, em pH próximo a quatro, ocorre inibição das bactérias do gênero *Clostridium*, que também são responsáveis pela quebra de proteínas.

A correlação do pH x carboidratos solúveis não foi significativa ($p > 0,05$).

Não houve interação ($p > 0,05$) entre o tempo de abertura e tipo de silagem para o teor de MS. Na Tabela 3, são apresentados os teores de MS das silagens do híbrido BR601, com e sem os diferentes aditivos e nos diferentes dias de abertura.

Observou-se que o primeiro dia de abertura teve o maior valor médio de MS (32,70%). No terceiro dia, o conteúdo de MS teve uma pequena queda (30,97%) em relação à abertura anterior, que se manteve sem diferença até o dia 56^o. Isso ocorreu, provavelmente, devido à perda por efluentes, que podem ter carreado nutrientes solúveis, reduzindo o teor de MS.

Quanto ao emprego de aditivos, com exceção do inoculante bacteriano, não houve efeito destes sobre os conteúdos médios de MS das silagens. De maneira geral, os teores de MS encontrados apresentaram-se dentro das recomendações para uma silagem de muito boa qualidade, variando de 30 a 35% de MS (Paiva, 1976). Resultado semelhante foi descrito por Vieira (2001), que estudou a qualidade de silagem de sorgo com os mesmos aditivos e porcentagens de aplicação do presente trabalho e não encontrou alterações nos conteúdos de MS. O inoculante bacteriano foi o que apresentou a menor média de MS (30,03%). Isso também foi observado por Rodrigues et al. (2002), que testaram a adição de inoculantes comerciais à silagem de sorgo e observaram que a adição dos inoculantes

TABELA 3. Valores de matéria seca (%)¹ em silagens de sorgo com e sem aditivos nos diferentes dias de abertura

Silagens ²	Dia de abertura dos silos							
	1	3	5	7	14	28	56	Média
T	32,22	31,31	31,02	31,44	29,78	30,89	30,89	31,08A
CC	33,46	30,73	30,94	30,91	31,57	29,52	32,02	31,32A
U	32,87	31,37	30,72	29,94	30,76	30,03	31,99	31,10A
U + CC	33,58	31,65	32,81	31,82	33,07	30,46	29,83	31,89A
IB	31,23	29,79	29,1	29,37	29,63	29,01	32,04	30,03B
Média	32,70a	30,97b	30,92b	30,70b	30,98b	29,99b	31,37b	

¹ Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 3,60%.

² T = testemunha; CC = tratadas com 0,5% de carbonato de cálcio; U = 0,5% de uréia; U + CC = 0,5% de uréia associada a 0,5% de carbonato de cálcio; IB = inoculante bacteriano.

diminuiu o teor de MS total em 7,1% (2,4 unidades percentuais), 6,8% (2,3 unidades percentuais) e 12,4% (4,2 unidades percentuais), para os diferentes produtos testados, em relação ao grupo controle.

Não houve interação ($p > 0,05$) entre o tempo de abertura e o tipo de silagem em todos os tratamentos, exceto no tratamento contendo somente uréia, para o teor de PB. Na Tabela 4, são apresentados os teores de PB das silagens do híbrido BR 601, com e sem os diferentes aditivos e nos diferentes dias de abertura.

De forma geral, os teores de PB permanecem estáveis durante a ensilagem. No entanto, a natureza da proteína bruta sofre alterações devido à intensa proteólise (quebra de proteína em aminoácidos e peptídeos promovida pelas proteases da própria forragem) na silagem nos primeiros dias. Dessa forma, a concentração de proteína bruta em silagens não leva em conta as alterações na fração nitrogenada, que, na silagem, podem ser significativas (Muck, 1988; McDonald *et al.*, 1991). Borges (1995), avaliando silagem de sorgo, assim como Antunes (2001), trabalhando com silagem de milho, também não observaram variações no teor de PB ao longo da ensilagem.

A aplicação de uréia à silagem acarretou resultados de PB superiores à silagem testemunha, às com carbonato de cálcio e às com inoculante bacteriano, até o dia de abertura e semelhantes aos das silagens contendo a associação de uréia com carbonato de cálcio do dia três até o 28º dia de abertura, sendo superior no 1º dia. Vieira (2001) não encontrou diferença entre os valores de PB das silagens de sorgo adicionadas de carbonato de cálcio e encontrou valor médio de 7,3% tanto para a silagem controle quanto para a com o aditivo. Já na associação de carbonato de cálcio e uréia, o autor verificou a elevação nos teores de PB em relação ao controle.

Não foi observada variação nos teores de proteína bruta das silagens devido ao uso de inoculante bacteriano. Deve-se lembrar que, com a inoculação de bactérias lácticas, espera-se redução das fermentações indesejáveis e, com isso, redução da proteólise.

De acordo com Church (1988), os ruminantes necessitam um mínimo de 7% de PB na Ms da dieta para manutenção de um adequado padrão de fermentação ruminal. No presente trabalho, apenas os tratamentos contendo uréia atenderiam a essa necessidade.

TABELA 4. Valores de proteína bruta (% MS)¹ em silagens de sorgo com e sem aditivos nos diferentes dias de abertura

Silagens ²	Dia de abertura dos silos					
	1	3	5	7	14	28
T	5,33C	5,25B	5,31B	5,67B	5,63B	5,15B
CC	5,18C	5,51B	5,33B	5,99B	5,70B	5,62B
U	10,51Aa	9,18Aab	8,77Ab	9,24Aab	9,23Aab	8,11Ab
U + CC	9,07B	8,77A	8,80A	8,41A	8,89A	7,82A
IB	5,38C	5,32B	5,40B	5,39B	5,56B	5,95B

¹ Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 8,00%.

² T = testemunha; CC = tratadas com 0,5% de carbonato de cálcio; U = 0,5% de uréia; U + CC = 0,5% de uréia associada a 0,5% de carbonato de cálcio; IB = inoculante bacteriano.

Houve interação ($p < 0,05$) entre o tempo de abertura e tipo de silagem nos tratamentos testemunha, silagem com carbonato de cálcio e silagem com uréia, para a variável CHOs. Na Tabela 5, são mostrados os teores de CHOs das silagens do híbrido BR601, com e sem os diferentes aditivos e nos diferentes dias de abertura.

As concentrações de CHOs, na silagem testemunha e na silagem com uréia, estabilizaram-se a partir do quinto dia de abertura e, na silagem com carbonato de cálcio, a estabilização ocorreu a partir do terceiro dia. Nas tratadas com uréia mais carbonato de cálcio e inoculante bacteriano, os valores não variaram ao longo dos dias de avaliação. Com relação ao uso do inoculante bacteriano, esses resultados são esperados, visto que a finalidade da utilização desse aditivo é aumentar o número de bactérias lácticas iniciais que irão consumir mais rapidamente os CHOs existentes, para promover o meio anaeróbico desejado (Meeske et al., 1998).

Comparados à silagem testemunha, os valores de CHOs da silagem com carbonato de cálcio foram semelhantes em todos os dias de abertura, com exceção do 3º dia, demonstrando um consumo mais rápido dos carboidratos solú-

veis nesse tratamento. Antunes (2001) também encontrou resultados similares quanto ao padrão de fermentação de silagem de milho, sendo a maior parte dos CHOs consumida até o terceiro dia de abertura. Borges (1995), avaliando silagens de sorgo, observou, em todos os híbridos, queda acentuada no teor de CHOs entre o primeiro e o sétimo dia de fermentação do material ensilado. Isso se deve ao fato de os CHOs serem a principal fonte de energia para os microrganismos no início da fermentação.

Na silagem tratada com uréia mais carbonato de cálcio os teores foram semelhantes à silagem testemunha a partir do quinto dia de abertura. A silagem adicionada somente de uréia apresentou valores iniciais de CHOs bem inferiores à silagem testemunha e se tornaram semelhantes à silagem testemunha do quinto dia em diante. Em comparação com o tratamento testemunha, os valores do 1º e 3º dias de abertura da silagem inoculada foram inferiores e se equivaleram a partir do dia cinco de abertura.

Nas silagens tratadas com uréia associada ao carbonato de cálcio e inoculante bacteriano, os valores não variaram ao longo dos dias de avaliação ($P > 0,05$) e foram inferiores aos de-

TABELA 5. Concentrações de carboidratos solúveis (%MS)¹ em silagens de sorgo com e sem aditivos nos diferentes dias de abertura

Silagens ²	Dia de abertura dos silos						
	1	3	5	7	14	28	56
T	1,98Aa	1,68Ab	0,50Ac	0,39Ac	0,18Ac	0,34Ac	0,22Ac
CC	1,85Aa	0,22Cb	0,18Ab	0,17Ab	0,17Ab	0,23Ab	0,15Ab
U	0,64Ba	0,63Ba	0,33Ab	0,19Ab	0,22Ab	0,19Ab	0,23Ab
U + CC	0,22C	0,17C	0,19 ^a	0,15 ^a	0,14A	0,15A	0,13 ^a
IB	0,24C	0,23C	0,24 ^a	0,15 ^a	0,18A	0,23A	0,17 ^a

¹ Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste SNK ($P > 0,05$). CV = 22,58%.

² T = testemunha; CC = tratadas com 0,5% de carbonato de cálcio; U = 0,5% de uréia; U + CC = 0,5% de uréia associada a 0,5% de carbonato de cálcio; IB = inoculante bacteriano.

mais tratamentos no 1º e no 3º dias de abertura.

Os valores de CHOs das silagens de todos os tratamentos encontram-se abaixo do mínimo preconizado por Henderson (1993), o qual considera que planta ensilada deve apresentar, no mínimo, de 4,0 a 5,0% de CHO para uma boa fermentação.

Os parâmetros de fermentação pH e N-NH₃/NT e os de composição química PB e CHOs apresentaram equações de regressão ajustadas significativas, avaliadas na silagem sem aditivo, conforme o tempo de abertura (Tabela 6). Não houve equação de regressão ajustada significativa para o parâmetro MS, o que era esperado, pois o teor de MS na massa ensilada permaneceu inalterado ao longo dos dias de fermentação, no tratamento sem aditivo.

As equações de regressão ajustadas significativas para todos os parâmetros avaliados apresentaram comportamento cúbico. A equação de regressão para a variável pH indica uma fase inicial de queda, provavelmente devido à produção inicial de ácido lático pelas bactérias fermentadoras, uma fase de elevação, o que pode ter ocorrido devido à elevação nos teores de N-NH₃/NT e uma posterior fase de queda, como resultado da fermentação de carboidratos da parede ce-

lular, como as hemiceluloses. Corroborando com esses resultados, verifica-se um comportamento semelhante entre as equações de regressão ajustadas do pH e dos CHOs, mostrando que o consumo desses nutrientes interfere diretamente no pH e um comportamento inverso entre essas duas equações e a equação de N-NH₃/NT. A equação de regressão da variável N-NH₃/NT apresentou uma fase inicial de elevação, fato devido à proteólise, uma fase de queda nos teores de N-NH₃/NT, o que pode ter ocorrido pela diminuição da proteólise provocada pela queda do pH, e nova fase de elevação. A equação de regressão da variável PB apresentou comportamento semelhante à equação de N-NH₃/NT, sugerindo o consumo de PB, o que acarreta a elevação nos teores de N-NH₃/NT na massa ensilada.

Conclusões

Nas condições do presente experimento, o híbrido BR601, sem aditivo, apresentou valores adequados de pH, de N-NH₃/NT e de MS e baixos valores de PB e de CHOs. A adição de carbonato de cálcio e uréia, separados ou juntos, acarretou elevação dos valores médios de pH das silagens. A adição de uréia promoveu elevados valores de N-NH₃/NT e elevação nos teores de

TABELA 6. Equações de regressão ajustadas dos parâmetros avaliados da silagem sem aditivo conforme o tempo de abertura

Parâmetro	Equação de regressão	R ²
PH**	$\hat{y} = 4,78375 - 0,17665.d + 0,00724971.d^2 - 0,000076.d^3$	0,72
N-NH ₃ /NT*	$\hat{y} = 1,92371 + 0,353766.d - 0,0120277.d^2 + 0,000126.d^3$	0,86
PB*	$\hat{y} = 5,07994 + 0,115713.d - 0,00752994.d^2 + 0,000125543.d^3$	0,95
CHOs**	$\hat{y} = 2,23529 - 0,327756.d + 0,013452.d^2 - 0,000148880.d^3$	0,85

** (p < 0,01)

* (p < 0,05)

PB das silagens. A aplicação do inoculante bacteriano não teve efeito consistente sobre o perfil de fermentação e sobre a qualidade das silagens, em comparação silagem sem aditivo.

Literatura Citada

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on Responses to Nutrients. Characterization of feedstuffs: Report, 2. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Wallingford., (Ser. B), v. 57, p. 713-736, 1987.

ALVARENGA, M. C. V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanho de partículas, em carneiros**. 1993. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ANTUNES, R.C. **Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de milho (*Zea mays L.*)**. 2001. 50 f. Dissertação (Mestrado). – Escola de Veterinária; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ASHBELL, G. **Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay**. Bet Dagan: The Volcani Center, 1995. 58 p. (n.1664-E).

BAILEY, R. W. Quantitative studies of ruminant digestion. II. Loss of ingested plant carbohydrates from the reticulum rumen. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 10, p. 15-32, 1967.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto com dife-**

rentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação. 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**, Vicososa, v. 49, p. 151-167, 2002.

CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. 564 p.

GOMIDE, J. A.; ASSIS, F. N.; NASCIMENTO, D. J. efeito da adição de uréia e do tempo de fermentação sobre as características da silagem de sorgo (*Sorghum vulgare*). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, p. 358-365, 1974.

GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A; CASTRO, G. H. D. Algumas considerações sobre silagens de sorgo. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2005. p. 5-18.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, p. 35-56, 1993.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13.nd.ed. Washington: AOAC, 1980. 1018 p.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of the silage**. 2nd ed.. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

- MEESKE, R., BASSON, H.M. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 70, p. 239-247, 1998.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 71, p. 2992-3002, 1988.
- OWENS, F.N.; MEISKE, J.C.; GOODRICH, R.D. Effects of calcium sources and urea on corn silage fermentation. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 52, p. 1817-1822, 1969.
- PAIVA, J.A.J. **Qualidade da silagem da região Metalúrgica de Minas Gerais**. 1976, 85 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PEDROSO, A. F.; FREITAS, A. R.; SOUZA, G. B. Efeito de inoculante bacteriano sobre a qualidade da silagem e perda de matéria seca durante a ensilagem do sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 48-52, 2000.
- PORTO. P. P. **Perfil de fermentação das silagens de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) com aditivos**. 2002, 62 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- 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**, Viçosa, v. 31, p. 2373-2379, 2002.
- SHIRLEY, J. E.; BROWN, F. M.; TOMAN, F. R.; STROUBE, W. H. Influence of varying amounts of urea on fermentation pattern and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 55, p. 805-8010, 1972.
- SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.nd. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476 p.
- STEHLING, C. A. V. **Avaliação da qualidade das silagens de quatro cultivares de girassol contendo aditivos**. 2001. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas** (manual do usuário- Versão 8.0. Viçosa, 2000.142 p.
- VIEIRA, F. A. P. **Qualidade de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com aditivos**. 2001. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.