



Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento¹

Francisco Eden Paiva Fernandes², Rasmô Garcia³, Aureliano José Vieira Pires⁴, Odilon Gomes Pereira³, Gleidson Giordano Pinto de Carvalho², Cellyneude de Souza Olivindo²

¹Trabalho financiado pela FAPEMIG.

²Doutorando em Zootecnia, UFV, Viçosa, MG.

³Departamento de Zootecnia da UFV, Viçosa, MG.

⁴Departamento de Tecnologia Rural e Animal da UESB, Itapetinga, BA.

RESUMO - O experimento foi realizado para avaliar os efeitos da adição de ureia e de dois períodos de armazenamento sobre o valor nutritivo e o perfil de fermentação de silagens de sorgo. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 , com quatro doses de ureia (0; 2,5; 5,0 e 7,5% com base na MS) e dois períodos de armazenamento (30 e 60 dias), cada um com quatro repetições. Foram usados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a ensilagem de sorgo. As doses de ureia tiveram efeito quadrático sobre o teor de MS e efeito linear positivo sobre PB, PIDN e DIVMS, enquanto os períodos de armazenamento não influenciaram essas variáveis, exceto PIDN, cujo maior valor foi obtido no período de 60 dias de armazenamento. As doses de ureia tiveram efeito linear negativo sobre FDN, FDA, celulose e lignina. Os valores para FDN, FDA, celulose e lignina foram maiores no período de 60 dias de armazenamento que no período de 30 dias. Na análise do perfil de fermentação, houve interação doses de ureia \times período de armazenamento apenas para o pH. As doses de ureia tiveram efeito quadrático sobre o nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e efeito linear positivo sobre o pH. Os maiores valores de $N-NH_3$ foram encontrados no período de 60 dias de armazenamento, assim como o pH na dose zero de ureia. A adição de ureia na ensilagem de sorgo pode aumentar o valor nutritivo da silagem sem afetar o perfil de fermentação na ensilagem.

Palavras-chave: amonização, forrageira, perfil de fermentação, valor nutritivo

Sorghum forage ensilage with addition of urea in two storage periods

ABSTRACT - The experiment was conducted to evaluate the effects of urea addition and two storage periods on the nutritive value and fermentation profile of sorghum silage. A randomized complete design was used, in a 4×2 factorial arrangement, with urea doses (0; 2.5; 5.0 and 7.5% in DM) and two storage periods (30 and 60 days). The PVC silos, 50 cm high and 10 cm in diameter, were used to ensilage the sorghum. Urea doses had a quadratic effect on the DM content and positive linear effect on CP, NDIP and IVDMD, but storage periods had no effect on these variables, except on NDIP with greatest value was obtained at 60 days storage. Urea doses had a negative linear effect on NDF, ADF, cellulose and lignin. The values for NDF, ADF, cellulose and lignin there were greater at 60 days of storage than at 30 days. The fermentation profile analysis showed that there was urea doses \times storage period interaction on pH only. Urea doses had quadratic effect on ammonial nitrogen ($N-NH_3$) and positive linear effect on pH value. The greatest values for $N-NH_3$ were observed at 60 days of storage as for pH in the zero urea dose. Adding urea addition to sorghum ensilage can increase the nutritive value of the silage without damaging the fermentation profile.

Key Words: ammoniation, fermentation profile, nutritive value, roughage

Introdução

O sorgo forrageiro é uma das plantas mais indicadas para produção de silagem, por apresentar elevado rendimento e características que favorecem o perfil de fermentação desejável, como adequados teores de matéria seca (MS) e de substratos fermentescíveis, além de baixo poder tampão.

Aditivos nutrientes, como a ureia (Woolford, 1984), têm sido utilizados na ensilagem, uma vez que a amônia liberada pela hidrólise da ureia pode alterar o perfil de fermentação da silagem e reduziu as perdas de nutrientes, além de ter efeito benéfico sobre a composição bromatológica e a digestibilidade da silagem, com consequente potencial para melhoria do valor nutritivo do produto final. Contudo,

a eficiência da utilização da ureia na ensilagem depende de fatores como a dose aplicada e o período de armazenamento do alimento (Paiva et al., 1995; Fadel et al., 2003).

Objetivou-se com este experimento avaliar os efeitos da adição de ureia e de dois períodos de armazenamento sobre o valor nutritivo e o perfil de fermentação da silagem de sorgo.

Material e Métodos

A ensilagem do sorgo foi realizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, Bahia. Utilizou-se o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) forrageiro BR601, que foi ensilado quando os grãos de sorgo nas plantas se apresentaram com consistência leitosa em algumas plantas e pastosa em outras.

O experimento foi feito em delineamento inteiramente casualizado utilizando-se um esquema fatorial 4×2 , com quatro doses de ureia (0; 2,5; 5 e 7,5% com base na MS) e dois períodos de armazenamento (30 e 60 dias), cada um com duas repetições.

Na época de ensilagem do sorgo, foram retiradas amostras do material original para análise de sua composição bromatológica e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), conforme descrito por Silva & Queiroz (2002). O material original apresentou na ensilagem 20,8% de MS; 8,6% de proteína bruta (PB); 62,8% de fibra em detergente neutro (FDN); 40,5% de fibra em detergente ácido (FDA); 22,2% de hemicelulose; 36,5% de celulose; 4,0% de lignina e 3,2% de carboidratos solúveis em água na MS e 66,4% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS).

O sorgo foi picado em ensiladeira regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 1 cm. Em seguida, o material foi espalhado sobre lona plástica e separado em quantidades necessárias para enchimento dos silos experimentais e para a adição das doses de ureia, adicionada na forma granulada e misturada à massa picada de forma homogênea.

O sorgo picado, sem ou com ureia, foi armazenado em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação. A compactação foi realizada de modo a se obter uma densidade de 600 kg de material/m³ e os silos foram vedados imediatamente.

Após os períodos de armazenamento, os silos foram abertos para retirada de amostras das silagens. As amostras foram congeladas e transportadas para o Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas amostras de cada uma das silagens para avaliação do seu valor

nutritivo e perfil de fermentação. Parte das amostras foi pré-seca, conforme método adotado por Neiva et al. (1998), em estufa de circulação forçada de ar com temperatura controlada a 45 °C, por tempo suficiente para redução da umidade do material, de forma que esse material pudesse ser moído posteriormente.

Para evitar perdas do nitrogênio adicionado na ensilagem, foi borrifado ácido clorídrico 2,5 N (10 mL) sobre as amostras, antes de serem levadas para a estufa. As amostras foram moídas em moinho com peneiras de 1 mm e armazenadas para as análises de nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), FDN, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), FDA, celulose, hemicelulose, lignina e DIVMS, conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os valores obtidos para NT, NIDN e NIDA foram expressos em proteína bruta (PB) por meio da multiplicação do nitrogênio total pelo fator 6,25. Outra parte das amostras das silagens foi descongelada e usada para avaliação do perfil de fermentação, por meio das seguintes análises: nitrogênio amoniacal, em porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃), seguindo o procedimento descrito por Cândido et al. (2002), pH e carboidratos solúveis em água, segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002).

Os dados foram interpretados por análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo referente às doses de ureia e a aplicação de teste F para o fator qualitativo referente aos períodos de armazenamento. Foi adotado o nível de significância de 5% de probabilidade e utilizado o programa SAEG (Ribeiro Jr., 2001), versão 8.0, para as análises estatísticas.

Resultados e Discussão

Não houve efeito significativo da interação de dose de ureia e período de armazenamento sobre nenhuma das características do valor nutritivo. Foram geradas equações de regressão para as variáveis-respostas referentes ao valor nutritivo das silagens em cada dose de ureia utilizada na ensilagem do sorgo (Tabela 1).

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) das doses de ureia sobre os teores de MS. O ponto de mínimo foi de 5,7% de ureia, que corresponde a 21,9% de MS. Provavelmente, durante o processo de ensilagem, ocorreram perdas decorrentes da produção de água, gás e calor, durante a fermentação e/ou por efluentes (Van Soest, 1994), o que pode explicar os valores maiores dos teores de MS nas silagens experimentais em relação ao teor de MS no material original (20,8%), como observado por Pesce et al. (2000).

Tabela 1 - Equações de regressão para as variáveis referentes à composição bromatológica (MS) e à digestibilidade *in vitro* da matéria seca em cada dose de ureia na ensilagem do sorgo

Item	Regressão	CV (%)	R ²
Matéria seca	$\hat{Y} = 23,2699 - 0,492456*D + 0,0433056*D^2$	3,21	0,90
Proteína bruta	$\hat{Y} = 7,86976 + 3,18884*D$	6,52	0,99
Fibra em detergente neutro	$\hat{Y} = 64,6873 - 0,657308*D$	1,47	0,87
FDNcp	$\hat{Y} = 63,6813 - 0,641168*D$	1,60	0,87
Fibra em detergente ácido	$\hat{Y} = 39,3624 - 0,56018*D$	2,81	0,88
Hemicelulose	Y = 24,99	3,18	
Celulose	Y = 35,1393 - 0,466228*D	3,01	0,88
Lignina	Y = 4,22289 - 0,0939172*D	10,45	0,80
PIDN	Y = 1,53857 + 0,0428068*D	13,09	0,97
PIDA	Y = 0,92	21,12	
DIVMS	Y = 64,7755 + 1,244672*D	1,93	0,93

PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

As doses de ureia tiveram efeito linear positivo ($P < 0,05$) nos teores de PB (Tabela 1), que foram bastante elevados nas silagens produzidas com ureia, fato relacionado principalmente ao nitrogênio não-proteico, oriundo de ureia residual, uma vez que a maior parte do nitrogênio adicionado como ureia na ensilagem de plantas forrageiras pode ser recuperada, tanto como amônia quanto como ureia (Ryley, 1967).

O teor de PIDN das silagens sofreu efeito linear positivo ($P < 0,05$) das doses de ureia (Tabela 1), possivelmente em decorrência das reações de amonólise, que incorporam nitrogênio à fração da fibra em detergente neutro (Buettner et al., 1982).

Para as variáveis FDN, FDNcp, FDA, celulose e lignina das silagens, foi constatado efeito linear negativo ($P < 0,05$) das doses de ureia (Tabela 1). A amonização de alimentos volumosos promove alterações físico-químicas nos teores dos constituintes da parede celular (Garcia & Pires, 1998) e geralmente os teores de FDN e hemicelulose diminuem de forma linear com a adição crescente de fonte de amônia (Pires et al., 1999). Por outro lado, os efeitos da amonização sobre os teores de FDA, de celulose e de lignina têm sido variáveis, com aumentos, reduções ou inalterações nos teores dessas frações (Garcia & Pires, 1998). A ausência de alteração nos teores de hemicelulose neste estudo pode estar relacionado ao fato de este componente da parede celular ter sido calculado a partir da diferença entre os teores de FDN e FDA, que reduziram com a adição de ureia.

As doses de ureia tiveram efeito linear positivo ($P < 0,05$) sobre a DIVMS (Tabela 1). A parede celular das células vegetais apresenta estrutura complexa, constituída pelas frações de celulose, hemicelulose e lignina. A associação da lignina com as outras duas frações é responsável pela baixa digestibilidade de muitas forragens. Dessa forma, o aumento na DIVMS nas silagens produzidas com ureia foi, provavelmente, resultante do aumento na fração nitrogenada e solubilização parcial da lignina e microfibrilas cristalinas da celulose, que limitam a digestão dos carboidratos estruturais pelos microrganismos do rúmen (Buettner et al., 1982; Leal et al., 1994).

Os períodos de armazenamento influenciaram ($P < 0,05$) os constituintes da parede celular, cujos maiores valores foram observados nos silos abertos no período de 60 dias, o que pode ter ocorrido por perdas por efluentes de nutrientes do conteúdo celular do material ensilado, aumentando os constituintes da parede celular no maior período de armazenamento.

Na análise do perfil de fermentação, as doses de ureia e o período de armazenamento tiveram efeito apenas sobre N-NH₃ e pH. Foram geradas equações de regressão para as variáveis-respostas, referentes ao perfil de fermentação das silagens (Tabela 2).

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) das doses de ureia nos teores de N-NH₃. O ponto de máximo encontrado foi de 4,21% de ureia, o qual corresponde a 24,52% de N-NH₃. O aumento inicial de N-NH₃ pode ter sido decorrente de

Tabela 2 - Equação de regressão para nitrogênio amoniacal e carboidratos solúveis em água obtidas da silagens e para valores de pH nos períodos de 30 e 60 dias de armazenamento

Variável	Equação	CV (%)	R ²
Nitrogênio amoniacal	$\hat{Y} = 12,4642 + 5,7208*D - 0,6789392*D^2$	8,99	0,77
pH 30 dias	$\hat{Y} = 3,7365 + 0,0840*D$	0,34	0,87
pH 60 dias	$\hat{Y} = 3,7745 + 0,07075*D$	0,34	0,86
Carboidratos solúveis em água	$\hat{Y} = 0,25$	56,18	

ureólise parcial (Ryley, 1967) causada pela presença de ureia adicionada para produção das silagens. A diminuição de $N-NH_3$ a partir do ponto de máximo pode estar relacionada à ureólise menos intensa, ocasionada pela maior quantidade do substrato ureia, considerada um dos fatores limitantes à ureólise (Chenost & Kayouli, 1997).

A interação de doses de ureia \times períodos de armazenamento teve efeito ($P < 0,05$) sobre o pH. Neste caso, foi realizado o estudo dos níveis de um fator dentro do outro. Para doses de ureia, foi realizado o estudo de regressão e, para períodos de armazenamento, foi aplicado o teste F. As doses de ureia, em ambos os períodos de armazenamento, tiveram efeito linear positivo ($P < 0,05$) nos valores de pH das silagens. Juntamente com o valor de pH, a porcentagem de $N-NH_3$ indica se a fermentação foi satisfatória (McDonald et al., 1991). Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), na classificação quanto ao teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, consideraram a silagem como muito boa quando os valores foram inferiores a 10%; aceitável, de 10 a 15%; e insatisfatória, quando os valores se situaram acima de 20%. Nesse aspecto, menores teores de nitrogênio amoniacal indicam menor intensidade de proteólise durante o processo de fermentação, em decorrência de menor atuação de bactérias do gênero *Clostridium* e, conseqüentemente, da menor produção de ácido butírico (McDonald et al., 1991).

Nas silagens experimentais produzidas sem ureia, foi observado o valor de 11,3% de $N-NH_3$, em relação ao nitrogênio total, em média. Esse valor é semelhante ao encontrado por Molina et al. (2002). Assim, as silagens experimentais produzidas sem a adição de ureia podem ser consideradas aceitáveis conforme a classificação indicada por Woolford (1984) e McDonald et al. (1991).

Por outro lado, a elevação dos valores de $N-NH_3$ observada para as silagens produzidas com a adição de ureia, em relação às silagens produzidas sem ureia, está de acordo com o que tem sido observado por vários autores (Singh & Pandita, 1983; Hinds et al., 1985; Neiva et al., 1998), o que pode ser explicado principalmente pela adição de fonte de amônia. Nesse aspecto, não significa que valores elevados de $N-NH_3$ em relação ao nitrogênio total em silagens produzidas com a adição de fonte de amônia sejam indicativos para classificar as silagens como insatisfatórias, conforme a classificação proposta por Woolford (1984) e McDonald et al. (1991).

Vieira et al. (2004) encontraram valores de $N-NH_3$ de 15,7% para silagem de sorgo BR601 produzida com a adição de 0,5% de ureia (em porcentagem do material verde) e 4,62% de $N-NH_3$ na silagem de sorgo BR601 produzida sem

a adição de ureia. Vieira et al. (2004) também ensilaram plantas de sorgo BR601 e o valor de $N-NH_3$ foi numericamente inferior ao valor de 11,3% deste estudo. Neste estudo o teor de MS das plantas no momento de ensilar foi menor que naquele e pode ter favorecido a fermentação por *Clostridium*, que pode ser a explicação para o valor de $N-NH_3$ na silagem sem ureia. Neste estudo, a adição de ureia na ensilagem de sorgo pode não ter comprometido o perfil de fermentação, uma vez que os valores observados para $N-NH_3$ nas silagens produzidas com a adição de ureia podem ter sido oriundos de ureólise parcial da ureia (Ryley, 1967).

Não foi detectado efeito ($P > 0,05$) das doses de ureia e dos períodos de armazenamento sobre os teores de carboidratos solúveis em água. Também não houve efeito ($P > 0,05$) de interação entre doses de ureia e períodos de armazenamento para essa variável. O teor médio de carboidratos solúveis em água das silagens experimentais foi de 0,25%, enquanto o teor de carboidratos solúveis em água no material original foi de 3,2%. Embora os teores de carboidratos solúveis em água no material original e nas silagens neste estudo possam ser considerados baixos para a cultura do sorgo e a inferência dessa variável como de alta instabilidade, tendo como base o coeficiente de variação muito alto (56,18%) obtido para carboidratos solúveis em água, o menor valor para teor médio de carboidratos solúveis em água nas silagens em relação ao teor para esta variável no material original demonstra que os carboidratos solúveis foram utilizados como substrato pelos microrganismos, durante a ensilagem, para produção de ácidos, possivelmente, produção de ácido láctico, que pode ter contribuído para os valores de pH abaixo de 3,96, observados para as silagens experimentais.

Vieira et al. (2004) ensilaram sorgo BR601 no estágio de grão leitoso a pastoso (30,94% de MS) e encontraram valor de pH de 3,74. Assim, silagem de sorgo produzida sem a adição de ureia pode ser considerada de boa qualidade se considerado somente o perfil de fermentação desta silagem, baixo valor de pH (abaixo de 3,96) e $N-NH_3$ na faixa de 10 a 15%, que, na classificação de Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), é considerado aceitável. Entretanto, benefícios em relação ao valor nutritivo das silagens experimentais neste estudo foram obtidos com a adição de ureia na ensilagem.

O período de armazenamento influenciou ($P < 0,05$) os teores de $N-NH_3$, independentemente da dose de ureia, e os valores de pH, dependendo da dose de ureia. O teor de 20,4 para $N-NH_3$ foi maior no período de 60 dias de armazenamento em comparação ao teor de 18,1 para a mesma variável no período de 30 dias, o que pode ser explicado pela não-

estabilização da proteólise nas silagens armazenadas por tempo mais prolongado (Gonçalves et al., 1999), juntamente com o baixo teor de MS do material ensilado. Foram registrados os valores de 3,70 e 3,74 para pH das silagens, respectivos aos períodos de armazenamento de 30 e 60 dias, dentro da dose 0% de ureia. O maior valor de pH pode ser decorrente da continuidade de proteólise oriunda da conversão de ácido láctico em butírico via fermentação por *Clostridium* no período de armazenamento mais prolongado.

Conclusões

A adição de ureia na ensilagem de sorgo melhora o valor nutritivo da silagem e a dose de 5,0% não interfere no processo de fermentação. O período de armazenamento mais prolongado diminui o valor nutritivo da silagem de sorgo e afeta o perfil de fermentação na ensilagem com o aumento no teor de nitrogênio amoniacal, independentemente da dose de ureia, e aumenta o valor de pH na ausência de ureia.

Literatura Citada

- BUETTNER, M.R.; LECHTENBERG, V.L.; HENDRIX, K.S. et al. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea*, Schreb.) hay. **Journal of Animal Science**, v.54, n.1, p.172-178, 1982.
- CÂNDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**, v.49, n.282, p.151-167, 2002.
- CHENOST, M.; KAYOULI, C. **Roughage utilization in warm climates**. Rome: FAO, 1997. 226p. (FAO Animal and Health Paper 135).
- FADEL, R.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P. et al. Avaliação de diferentes proporções de água e de uréia sobre a composição bromatológica da palha de arroz. **Ciência Animal Brasileira**, v.4, n.2, p.101-107, 2003.
- GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. p.33-61.
- GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; NOGUEIRA, F.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.6, p.571-576, 1999.
- HINDS, M.A.; BOLSEN, K.K.; BRETHOUR, J. et al. Effects of molasses/urea and bacterial inoculant additives on silage quality, dry matter recovery, and feeding value for cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.12, n.3, p.205-214, 1985.
- LEAL, M.; SHIMADA, A.; HERNÁNDEZ, E. The effect of NH₃ and/or SO₂ on the compositional and histological characteristics of sorghum stover. **Animal Feed Science and Technology**, v.47, n.1, p.141-150, 1994.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Qualidade das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.2, p.159-168, 2002.
- NEIVA, J.N.M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Características fermentativas das silagens de milho amonizadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.461-465, 1998.
- PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre teores de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio na palhada de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.672-682, 1995.
- PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M. et al. Porcentagem, perda e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.3, p.209-215, 2000.
- PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; CECON, P.R.C. et al. Amonização da quireira de milho com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1186-1193, 1999.
- RIBEIRO JR., J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: Editora Folha de Viçosa, 2001. 301p.
- RYLEI, J.W. Silage with urea. In: BRIGGS, M.H. (Ed.) **Protein supplement**. Oxford: Pergamon Press, 1967. p.391-410.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SINGH, A.P.; PANDITA, N.N. Studies on fermentation of sorghum silage during storage, and its effect on milch animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, n.3, p.143-148, 1983.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V. et al. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.764-772, 2004.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.