

**FRANCISCO EDEN PAIVA FERNANDES**

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO COM DIFERENTES DOSES DE  
URÉIA EM DOIS PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F363p  
2006

Fernandes, Francisco Eden Paiva, 1982-  
Produção de silagem de sorgo com diferentes doses de  
uréia em dois períodos de armazenamento / Francisco  
Eden Paiva Fernandes. – Viçosa : UFV, 2006.  
x, 76f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Rasmô Garcia.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Sorgo - Silagem - Composição. 2. Sorgo - Silagem -  
Teor de uréia. 3. Sorgo - Silagem - Armazenamento.  
4. Sorgo - Silagem - Conservação. 5. Fermentação.  
6. Ruminante - Alimentação e rações. I. Universidade  
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.0862

**FRANCISCO EDEN PAIVA FERNANDES**

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO COM DIFERENTES DOSES DE  
URÉIA EM DOIS PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do título  
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de outubro de 2006.

---

Prof. Aureliano José Vieira Pires  
(Co-Orientador)

---

Prof. Odilon Gomes Pereira  
(Co-Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Karina Guimarães Ribeiro

---

Prof. José Antônio Obeid

---

Prof. Rasmô Garcia  
(Orientador)

A Deus, por tudo de bom que tem sido proporcionado à minha pessoa no decorrer de minha vida de estudos.

Aos meus pais, Francisco Fernandes Neto e Maria da Conceição Paiva Fernandes, por não terei se enganado em sempre conceder apoio aos meus estudos e pelo caráter de pais verdadeiros.

Aos meus irmãos, Andréa e Anselmo, pelo carinho.

Aos meus lindos sobrinhos, Anderson e Ana.

À minha namorada, Celly, por todo o apoio, desde os tempos de graduação, pela paciência, dignidade quanto ser humano e, principalmente, pelo amor dedicado.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsa de estudo.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo consentimento de uso de suas instalações e laboratórios para implantação do experimento.

Ao professor Rasmão Garcia, pelo aceite em me orientar durante o curso, pela consistente atenção nos momentos de adversidade e pela coerência quanto ser humano.

Ao professor Aureliano José Vieira Pires, pelo apoio inicial no planejamento e execução da pesquisa e pela participação como conselheiro.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pela participação como conselheiro, pela atenção dada tanto na questão acadêmica quanto nas atividades extra-acadêmicas.

Aos professores: Karina Guimarães Ribeiro e José Antônio Obeid, por aceitarem participar da banca de tese.

Ao professor Augusto César de Queiroz, pelo incentivo dado para a continuidade de minhas atividades acadêmicas na UFV.

Aos professores Fernando e Adair pelas dicas quanto à análise estatística dos dados.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, pela convivência harmoniosa.

Ao meu colega, amigo e irmão de república Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, pela colaboração com a sua experiência nas atividades de pesquisa.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Fernando, Vera, Monteiro, Wellington e Valdir, pela colaboração nas análises químicas.

À família Goulart, pelo acolhimento em meus primeiros dias em Viçosa.

Aos professores da graduação, Ambrósio, Révia, Fabianno, Cláudia, Sancha, Evando, Nicolau, Beni, Débora, Ângela, Deis, Marcos e Gabrimar e etc.

Aos estudantes da UESB, Itapetinga, BA, Danilo, Fabrício, Alyson, Aline e Helen pela colaboração na implantação e execução do experimento.

Aos colegas de disciplinas, Manoel, Marcela Magalhães, Mônica Paixão (Magali) e Márcia Cristina, principalmente pela amizade conferida à minha pessoa.

Às colegas Andréia (Baiana) e Juci (Loira) pela amizade inestimável e por serem pessoas que considero como irmãs.

Aos amigos, João Paulo, Edson, Juliana, Bruno, Goiano, Karine, Joab, Cacau, Dawson, Dalton, Luana.

Ao amigo Gabriel (Fulera), pela força nas análises químicas e pela convivência harmoniosa.

Aos colegas de orientação, Fernando, Rafael, Kátia e Américo, pela amizade e momentos de discussão sobre assuntos relacionados à pesquisa.

Aos irmãos e amigos de República, na minha estada em Viçosa: Manoel Mota, Aurélio, Eliete, Bruna Mara e Lorendane, com os quais tive oportunidade de conhecer melhor e presenciar momentos de alegria.

À família Pelúzio, pelos momentos fraternos.

Às amigas, Lorena, Lílian, Fátima, Melina, pela boa convivência nas atividades de laboratório.

A todos que, direta ou indiretamente, acreditaram em mim e ajudaram a construir esse momento.

## **BIOGRAFIA**

FRANCISCO EDEN PAIVA FERNANDES, filho de Francisco Fernandes Neto e Maria da Conceição Paiva Fernandes, nasceu em Sobral, Ceará, em 10 de abril de 1982.

Em 2001, ingressou na Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, onde, em 2004, obteve o título de Zootecnista, colando grau em 26 de fevereiro de 2005.

Em março de 2005, iniciou o Programa de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo tese em outubro de 2006.

Em agosto de 2006, foi aprovado em seleção para cursar o Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), com início das aulas previsto para outubro de 2006.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: Valor nutritivo e perfil de fermentação de silagem de sorgo produzida com adição de doses de uréia e dois períodos de armazenamento.....</b>	<b>2</b>
Resumo.....	2
Abstract.....	3
Introdução.....	4
Material e Métodos.....	6
Resultados e Discussão.....	9
Literatura Citada.....	40
<b>CAPÍTULO II: Fracionamento de carboidratos e de proteínas de silagem de sorgo produzida com adição de doses de uréia e dois períodos de armazenamento.....</b>	<b>45</b>
Resumo.....	45
Abstract.....	46
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	48
Resultados e Discussão.....	50
Literatura Citada.....	66
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>71</b>

<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>74</b>
------------------------	-----------

## RESUMO

FERNANDES, Francisco Eden Paiva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2006. **Produção de silagem de sorgo com diferentes doses de uréia em dois períodos de armazenamento.** Orientador: Rasmô Garcia, Co-Orientadores: Aureliano José Vieira Pires e Odilon Gomes Pereira.

Dois experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado para avaliar o valor nutritivo, o perfil de fermentação de silagem de sorgo produzida com a adição de doses crescentes de uréia e dois períodos de armazenamento e determinar as frações protéicas e dos carboidratos da silagem. Foram usados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para o armazenamento do sorgo. No experimento I, a avaliação do valor nutritivo das silagens foi realizada através da determinação da composição química e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens e, o perfil de fermentação, através da determinação dos teores de nitrogênio amoniacal, dos valores de pH e dos teores de carboidratos solúveis (CHOS) das silagens. A adição de uréia na produção da silagem de sorgo mostrou-se com potencial de minimizar perdas de matéria seca (MS) da silagem. A adição de uréia na ensilagem de sorgo aumentou os teores de proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens e diminuiu os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina. O período de armazenamento teve efeito sobre os teores de FDN, FDA, celulose e lignina. Em relação às variáveis inerentes às características fermentativas das silagens, as doses de uréia tiveram efeito quadrático sobre o teor de nitrogênio amoniacal das silagens. Os valores de pH das silagens aumentaram linearmente. Houve efeito significativo dos períodos de armazenamento sobre o teor de nitrogênio amoniacal e valor de pH. Houve efeito de interação entre doses de uréia e período de armazenamento, apenas sobre o valor de pH. Entretanto, a adição de uréia na ensilagem de sorgo não prejudicou o perfil de fermentação das silagens e pode melhorar o valor nutritivo das mesmas. No experimento II, foram determinadas e avaliadas as frações que constituem a PB e os carboidratos totais (CHO) das silagens. As frações nitrogenadas (A, B1+B2, B3 e C) das silagens foram influenciadas pela adição de uréia, constatando-se efeito linear positivo para os teores da fração A, efeito linear negativo para as frações B1+B2, B3 e C. A análise de regressão detectou redução linear do teor de CHO em função da adição de uréia. As frações de CHO (A+B1, B2 e C) foram influenciadas pela adição de uréia, constatando-se efeito linear negativo sobre os teores

da fração A+B1, efeito linear positivo sobre a fração B2 e efeito linear positivo para o teor da fração C dentro do período de 60 dias.

## ABSTRACT

FERNANDES, Francisco Eden Paiva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, october, 2006. **Sorghum silage making with different urea doses in two storage periods.** Adviser: Rasmô Garcia, Co-Advisers: Aureliano José Vieira Pires and Odilon Gomes Pereira.

Two experiments were conducted to evaluate the nutritive value, the profile of fermentation of sorghum silage produced with addition urea doses and two storage periods and to determine nitrogen and carbohydrates fractions of the silages. The PVC silos with 50 cm of height and 10 cm of diameter were used to sorghum storage. In the experiment I, the evaluation of the nutritional value of the silages was accomplished through the determination of the chemical composition and in vitro dry matter disappearance (IVDMD) of the silages and, the fermentation profile, through the determination of the contents of ammonia-N, values pH and WSC of the silages. The urea addition in the production of the sorghum silage was shown with potential of minimizing losses of DM of the silage. The urea addition in the sorghum ensilage increased the contents of CP, NDIP and the IVDMD of the silages and it reduced the contents of NDF, ADF, cellulose and lignin. The storage period had effect on the contents of NDF, ADF, cellulose and lignin. In relation to the inherent variables to the fermentative characteristics of the silages, the urea doses had quadratic effect on the contents of ammonia-N of the silages. The values of pH of the silages increased lineary. There was effect of the storage periods on the contents ammonia-N and pH value. There was interaction between urea doses and storage period, only on the pH value. However, the urea addition in the sorghum ensilage did not damage fermentation profile of silages and it can improve his nutritive value. In the experiment II, crude protein and CT fractions of the silages were determined and evaluated. The nitrogen fractions of the silages were influenced by the urea addition, being verified positive lineal effect for the contents of the A fraction, negative lineal effect for B1+B2, B3 and C fractions. The regression analysis detected lineal reduction of the contents of CT in function of the urea addition. The fractions of CT were influenced by the urea addition, being verified negative lineal effect on the contents of the A+B1 fraction, positive lineal effect about the B2 fraction and positive lineal effect for the content of the C fraction inside of the period of 60 days.

## INTRODUÇÃO GERAL

A prática de conservação de forragem na forma de silagem é uma alternativa para suprir a escassez de forragem e pode ser feita utilizando o excesso de produção de forragem nos períodos climáticos favoráveis, ou plantio de forrageiras com a finalidade específica para produção de silagem.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é considerado uma excelente cultura, dentre as espécies forrageiras indicadas para ensilar, pois, além de apresentar características de cultivo e de valor nutritivo semelhantes às do milho, pode ser utilizada em regiões com menor índice pluviométrico, como ocorre no Nordeste Brasileiro, e, em conjunto, há a possibilidade de colheita de rebrota, favorecendo-a quanto à produção de matéria seca por hectare. No entanto, as perdas que ocorrem, tanto durante o processo de ensilagem quanto por ocasião da abertura dos silos, relacionadas a fatores como respiração das plantas, fermentação, produção de efluentes e deterioração aeróbica, podem comprometer a utilização de volumosos de qualidade nos sistemas de produção de ruminantes. Além desses aspectos relacionados à qualidade da silagem, o valor nutritivo da silagem de sorgo deve ser considerado uma vez que esta cultura apresenta baixo teor de proteína bruta. Tais fatores podem comprometer a produtividade animal, acarretando decréscimo na renda dos produtores.

Aditivos nutrientes têm sido utilizados no processo de conservação de forragens para a obtenção de volumoso de qualidade, para utilização na alimentação de ruminantes. Porém, devem ser considerados os fatores que interferem na eficiência de utilização desses aditivos, como a dose aplicada e o período necessário para a ocorrência das reações químicas envolvidas com a aplicação destes aditivos, notadamente, a adição de amônia via uréia.

O uso de uréia, como fonte para geração de amônia é de fácil aplicação, é um produto mais disponível que a amônia anidra, além de não requerer a utilização de equipamentos caros e não apresentar riscos de manuseio.

Assim, são necessários estudos para avaliar os efeitos de doses de uréia e do período de armazenamento na produção de silagem de sorgo, para a obtenção de silagem de bom perfil de fermentação e de melhor valor nutritivo.

## CAPÍTULO I

### **Valor Nutritivo e Perfil de Fermentação de Silagem de Sorgo Produzida com Adição de Doses Uréia e Dois Períodos de Armazenamento**

RESUMO: O experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos da adição de doses de uréia e de dois períodos de armazenamento sobre o valor nutritivo e perfil de fermentação da silagem. Foi adotado o esquema fatorial 4 x 2, com 4 repetições no delineamento inteiramente casualizado. Os fatores avaliados foram doses de uréia (0; 2,5; 5,0 e 7,5% MS) e períodos de armazenamento (30 dias e 60 dias). Foram usados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a produção das silagens de sorgo. Doses de uréia tiveram efeito quadrático sobre o teor de MS. O teor mínimo de MS estimado (21,9%) foi observado na dose de 5,7% de uréia. Houve efeito linear positivo sobre PB, PIDN e DIVMS, sem efeito dos períodos de armazenamento. Houve efeito linear negativo sobre FDN, FDA, celulose e lignina em função das doses de uréia. Houve efeito dos períodos de armazenamento sobre FDN, FDA, celulose e lignina. Em relação as variáveis inerentes ao perfil de fermentação, houve interação entre doses de uréia e período de armazenamento, apenas sobre o pH. Doses de uréia tiveram efeito quadrático sobre N-NH<sub>3</sub> e efeito linear positivo sobre pH. Houve efeito dos períodos de armazenamento sobre o teor de N-NH<sub>3</sub> e valor de pH. A adição de uréia na ensilagem do sorgo pode diminuir perdas por fermentação e aumentar o valor nutritivo da silagem sem prejudicar o seu perfil de fermentação.

Palavras-chave: amonização, ensilagem, composição química, forrageira, digestibilidade

## **Nutritive Value and Fermentation Profile of Sorghum Silage Making with Addition of Urea Doses and Two Storage Periods**

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to evaluate the effects of the addition of growing doses of urea and two storage periods in the sorghum ensilage on nutritive value and fermentation profile of the silage. In a factorial arrangement 4x2, with four replicates in the completely randomized design, was utilized. The evaluated factors were urea doses (0; 2,5; 5,0 e 7,5% DM) and storage periods (30d and 60d). The PVC silos with 50cm of height and 10cm of diameter were used to sorghum storage. Urea doses had quadratic effect upon DM content. The smallest estimated DM content (21,87%) was observed at 5,69% urea dose. There was positive linear effect upon CP, NDIP and IVDMD, without storage periods effect. Urea doses had negative linear effect upon NDF, ADF, cellulose and lignin. There was effect of the Storage periods upon NDF, ADF, cellulose e lignin. Relative to variables inherent to silages fermentation profile, there was interaction between urea doses and storage periods upon pH, only. Urea doses had quadratic effect upon N-NH<sub>3</sub> and positive linear effect upon pH. There was effect of the storage periods upon the N-NH<sub>3</sub> content and the pH value. The urea addition in the sorghum ensilage can reduce losses for fermentation and increase the nutritive value of the silage without to damage his fermentation profile.

Key words: ammoniation, ensilage, chemical composition, roughage, digestibility

## Introdução

A conservação de forragem na forma de silagem, tem sido recomendada para se manter constante, ao longo do ano, o fornecimento de alimento volumoso para ruminantes. Porém, o processo de ensilagem apresenta riscos que podem levar às perdas de nutrientes decorrentes de fermentações indesejáveis (Vieira et al., 2004). A origem das perdas ocorridas no processo de ensilagem pode estar relacionada com fatores como respiração residual das plantas, fermentação, produção de efluente no silo e deterioração aeróbia (McDonald et al., 1991).

A produção de silagem será efetiva se o produto ensilado for bem preservado. Isto pode ser conseguido se a planta forrageira for colhida em estágio de crescimento que apresente teores de matéria seca e de carboidratos solúveis em água adequados com a finalidade de não prejudicar a fermentação desejável (TMannetje, 1999). Além de considerar os fatores inerentes à planta forrageira a ser ensilada, práticas como o rápido enchimento do silo, a compactação adequada do material ensilado e o adequado fechamento do silo para manutenção de condições anaeróbicas, são importantes para obtenção de silagem de qualidade (Bolsen et al., 1993; Pereira & Bernardino, 2004).

O sorgo forrageiro é uma das plantas mais indicadas para a produção de silagem, por apresentar elevados rendimentos e características que favorecem o perfil de fermentação desejável, como adequados teores de matéria seca e de substratos fermentescíveis para utilização por microrganismos produtores de ácido láctico, além de poder tampão baixo (TMannetje, 1999; Gonçalves et al., 2004). Entretanto, o sorgo apresenta baixo teor de proteína bruta.

Aditivos nutrientes, como a uréia (Woolford, 1984), têm sido utilizados, na ensilagem, a fim de se obter silagem de boa qualidade, uma vez que a amônia liberada pela hidrólise da uréia pode alterar o perfil de fermentação da silagem, com conseqüente redução de perdas de nutrientes, além do seu efeito benéfico sobre a composição bromatológica e sobre a digestibilidade da silagem, com conseqüente potencial para melhoria do valor nutritivo do produto final. Contudo, a eficiência da utilização da uréia na ensilagem depende de fatores como a dose aplicada e o período de armazenamento do alimento (Garcia & Pires, 1998).

Sobre a qualidade da silagem de sorgo, Gonçalves et al. (2004) relataram que, de forma geral, elas são consideradas de boa qualidade, por apresentarem pH de 4,2, nitrogênio amoniacal abaixo de 10% do N-total, ácido láctico de 5%, ácido acético de 2% e ácido butírico de 0,2%. Porém, a limitação, em termos de qualidade de nutriente, é o baixo teor de proteína do sorgo (Mhere et al., 1999).

Considerando o efeito da amonização sobre a qualidade da silagem, Bolsen et al. (2000) relataram que a adição de amônia aumenta o pH do material ensilado, para faixa de 8-9; e o efeito combinado da amônia com o alto pH reduz as populações de leveduras e mofos e, normalmente, aumenta a estabilidade aeróbia da silagem. A amônia também diminui o número de bactérias ácido lácticas, e isto retarda o início da fase de fermentação. Porém, a quantidade de produtos de fermentação (ex, ácido láctico e ácido acético) aumenta por causa do mais alto pH inicial da forragem ensilada. Neiva et al. (1998) realizaram experimento para avaliar as características fermentativas na produção da silagem de milho com a aplicação de amônia e com o material a ser ensilado contendo diferentes teores de matéria seca e encontraram que a amonização, no nível de 1,2% de amônia anidra alterou o padrão de fermentação das silagens, elevando o pH e reduzindo os teores de ácido láctico, mas sem caracterizar fermentação indesejável, e que, em materiais ensilados com alto teor de matéria seca, houve inibição de fermentação secundária.

Quanto ao valor nutritivo de alimentos volumosos amonizados, tem se observado aumento no teor de proteína bruta, com a adição de fonte de amônia (Huber et al., 1979; Kamra et al., 1983; Hinds et al., 1985; Neiva et al., 1998), alterações físico-químicas sobre os constituintes da parede celular (Garcia & Pires, 1998), sendo essas alterações um efeito importante causado nos materiais tratados, e aumento na digestibilidade desses volumosos.

Por meio de resultados obtidos em trabalhos de pesquisa com a amonização de alimentos volumosos (Rosa et al., 1998; Reis et al., 2001; Bertipaglia et al., 2005), tem-se observado que os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de hemicelulose decrescem. No entanto, são encontrados resultados de pesquisa em que se verificou que a amonização de forragens não afetou os teores de FDN (Neiva et al., 1998). Os efeitos da amonização de alimentos volumosos sobre os teores de fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina, tem sido variáveis.

Fadel et al. (2004) encontraram valores significativos para a digestibilidade aparente da matéria seca (62,12% e 55,16%) e para a fibra em detergente neutro (69,78% e 60,93%), respectivamente, para a palha de arroz amonizada e a palha não tratada. Segundo Bolsen et al. (2000), a amônia quebra algumas das ligações entre hemicelulose e outros componentes da parede celular, o que deve aumentar tanto a taxa como a extensão de digestão do material tratado.

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

### **Material e Métodos**

O experimento foi desenvolvido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA, e, a segunda, na Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG.

Na primeira etapa, foi utilizado, para a ensilagem, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) forrageiro BR601. O sorgo foi cultivado de forma que sempre se mantivesse o fornecimento de água. Foi realizada uma fertilização à base de nitrogênio e de fósforo na área para cultivo do sorgo. A ensilagem foi realizada quando os grãos de sorgo se apresentaram com consistência leitosa a pastosa. Assim, o material usado para ensilar se apresentou heterogêneo com plantas com mais avançado estágio de maturação que outras. O sorgo teve como característica um baixo teor de matéria seca (20,8%) decorrente do estágio de colheita da planta para ensilar.

Por ocasião da época de colheita do sorgo para ensilar, foram retiradas amostras do material, no campo, para determinação da matéria seca, uma vez que a aplicação da uréia foi realizada com base na matéria seca do sorgo. Na mesma ocasião, foi realizada uma amostragem de plantas para a determinação dos constituintes morfológicos (colmo, folha e panícula).

As informações sobre a composição bromatológica, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e os constituintes morfológicos do material original encontram-se na Tabela 1.

O experimento foi implantado no delineamento inteiramente casualizado com a utilização de um esquema fatorial 4 x 2, sendo 4 doses de uréia (0, 2,5, 5 e 7,5% com base na MS) e dois períodos de armazenamento (30 e 60 dias), com 4 repetições.

O material foi picado em ensiladeira regulada para cortar a forragem em pedaços de aproximadamente 1 cm. Em seguida, o material foi transportado para o laboratório de forragicultura da UESB, espalhado sobre lona plástica e separado nas quantidades necessárias para enchimento dos silos experimentais e para a adição das doses de uréia, para cada uma das parcelas nos tratamentos designados. A uréia foi adicionada na forma granulada e misturada ao material de forma homogênea.

O material para ensilar 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/m<sup>3</sup> e os silos foram vedados, imediatamente.

Após os períodos de armazenamento, os silos foram abertos para a retirada de amostras das silagens. Estas foram congeladas e posteriormente transportadas para o laboratório de forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Na segunda etapa, foram utilizadas amostras de cada uma das silagens, para a avaliação do valor nutritivo e do perfil de fermentação da silagem.

Parte das amostras das silagens foi pré-seca, conforme método adotado por Neiva (1995), consistindo na utilização de estufa de circulação forçada de ar com temperatura controlada a 45°C, por tempo suficiente para redução da umidade do material, de forma que o mesmo 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 das mesmas serem levadas para a estufa. As amostras foram moídas, em seguida, em moinho com peneiras de 1 mm e armazenadas para se proceder as análises referentes ao valor nutritivo das silagens, que foram: nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os valores

obtidos para NT, NIDN e NIDA foram expressos em proteína bruta (PB) através da multiplicação do nitrogênio total pelo fator 6,25.

Outra parte das amostras das silagens foi descongelada e usada para a avaliação do perfil de fermentação, sendo realizadas as seguintes análises: nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), seguindo o procedimento descrito por Cândido (2000), pH e carboidratos solúveis em água, segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo referente às doses de uréia aplicada na ensilagem do sorgo e, a aplicação de teste F para o fator qualitativo referente aos períodos de armazenamento. No estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais, foram considerados na escolha dos modelos: a significância, os coeficientes de determinação e o comportamento observado para a variável em questão. Foi adotado o nível de significância de 5% de probabilidade e utilizado o programa SAEG (UFV, 2000), versão 8.0 para a realização das análises estatísticas.

Tabela 1 - Composição bromatológica, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e constituintes morfológicos no material original antes da ensilagem

Componentes	Porcentagem
Matéria seca	20,8
Proteína bruta <sup>1</sup>	8,6
Proteína em detergente neutro <sup>1</sup>	1,3
Proteína em detergente ácido <sup>1</sup>	0,64
Fibra em detergente neutro <sup>1</sup>	62,8
FDNcp	62,1
Fibra em detergente ácido <sup>1</sup>	40,5
Hemicelulose <sup>1</sup>	22,2
Celulose <sup>1</sup>	36,5
Lignina <sup>1</sup>	4,0
DIVMS <sup>1</sup>	66,4
Carboidratos solúveis em água <sup>1</sup>	3,2
Panícula <sup>2</sup>	14
Folha <sup>2</sup>	22
Colmo <sup>2</sup>	64

<sup>1</sup> % na matéria seca.

<sup>2</sup> determinadas com base na porcentagem de matéria seca de cada constituinte morfológico do sorgo.

## Resultados e Discussão

Os teores MS das silagens podem ser observados na Tabela 2. Estes valores são maiores que o valor para o teor de MS do material original (Tabela 1) e podem ter sido decorrentes de perdas pelo processo de fermentação e/ou por efluentes. Valores de teores de MS maiores nas silagens em relação ao material original têm sido observados por vários autores (Chaves et al., 1997; Pesce et al., 2000).

Chaves et al. (1997) estudaram genótipos de sorgo forrageiro e graníferos para produção de silagem e também encontraram aumento do teor de MS nas silagens, em relação ao material original. O sorgo forrageiro BR601 foi um dos híbridos estudados.

Pesce et al. (2000), estudando 20 genótipos de sorgo para produção de silagem, observaram que todas as silagens apresentaram valores maiores de teor de MS em relação ao material original, o que significa que ocorreu perdas durante a ensilagem. As perdas de MS observadas por estes autores foram consideradas pequenas e não foram diferentes entre os genótipos estudados. Entretanto, no estudo destes autores, os silos experimentais não tinham dispositivos para drenagem de efluentes, o que pode ter subestimado as perdas 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 (Tabela 2) em relação ao teor de MS no material original (Tabela 1).

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Matéria seca (%)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	23,3	22,7	21,6	22,3	22,4
60	23,0	22,4	21,7	21,9	22,1
Média	23,2	22,5	21,7	22,1	22,4

Pode ser observado, pela análise de variância (Tabela 1A), que houve efeito ( $P < 0,05$ ) da uréia sobre o teor de MS das silagens. Para a mesma variável, não houve efeito

( $P > 0,05$ ) em função dos períodos de armazenamento e nem para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 1A).

Foi realizado o estudo de regressão do efeito das doses de uréia na ensilagem do sorgo sobre o teor de MS das silagens (Tabela 1B). Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para os teores de MS em função das doses de uréia, ou seja, diminuição progressiva dos teores de MS e posterior aumento com a adição de doses crescentes de uréia. A porcentagem de variação nos teores de MS, em função das doses de uréia, foi explicada em 90% pela equação de regressão. O ponto de mínimo encontrado foi de 5,7% de dose de uréia, o qual corresponde a 21,9% de MS. Na Figura 1, pode ser observada a representação gráfica da regressão para os teores de matéria seca nas silagens, em função das doses de uréia.

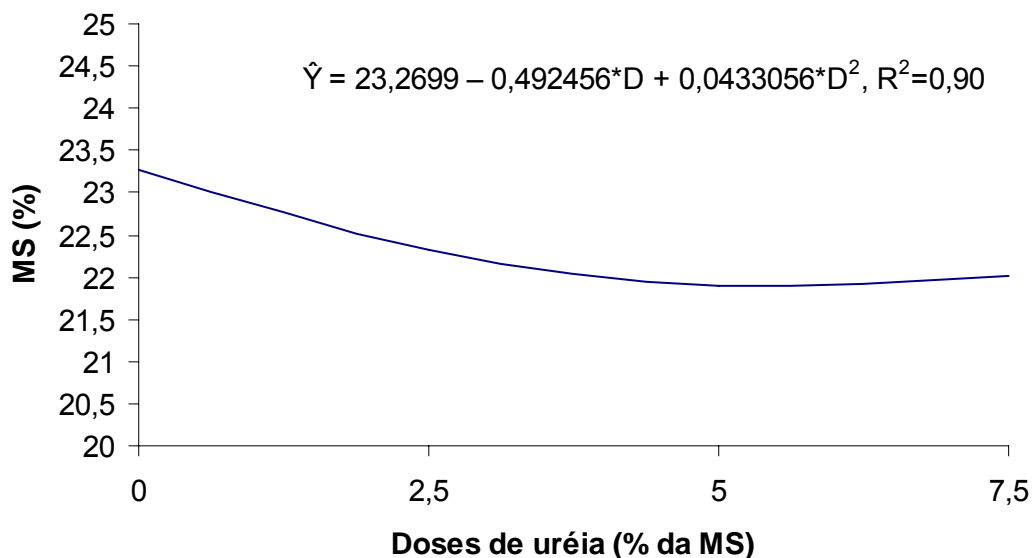


Figura 1 – Teores de matéria seca (MS) nas silagens de sorgo em função das doses de uréia  
\*  $P < 0,05$  pelo teste F

Cândido et al. (1999) verificaram diminuição dos teores de MS e posterior aumento dos mesmos em materiais amonizados, em função das doses crescentes da fonte de amônia utilizada. Entretanto, diminuição dos teores de MS em materiais amonizados, com posterior estabilização dos mesmos, em função das doses crescentes de amônia, tem sido encontrada (Pires et al., 1999).

Nas condições do presente estudo, a adição de 5,7% de dose de uréia na ensilagem de sorgo, reduziu as perdas de MS, em relação às silagens produzidas sem a adição de uréia e em relação às silagens produzidas com a adição de doses de uréia maiores ou menores ao ponto mínimo anteriormente citado.

Os teores de proteína bruta (PB), nas silagens experimentais, podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Teores de proteína bruta de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Proteína bruta (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	7,8	15,2	23,3	32,0	19,6
60	8,3	15,9	24,7	31,5	20,1
Média	8,0	15,5	24,0	31,8	19,8

Pode ser observado, pela análise de variância (Tabela 1A), que houve efeito ( $P < 0,05$ ) para PB das silagens em função das doses de uréia. Para a mesma variável, não houve efeito ( $P > 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento e nem para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 1A).

Foi realizado o estudo de regressão para a variável em questão, a fim de se obter a equação referente às alterações dos teores de PB das silagens, em função das doses de uréia adicionada na ensilagem do sorgo (Tabela 1B). Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para os teores de PB, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo aumenta os teores de PB das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, os teores de PB das silagens aumentaram em 3,19 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores de PB das silagens, em função das doses de uréia, foi explicada em 99% pela equação de regressão. Na figura 2, pode ser observada a variação dos teores de PB das silagens, em função das doses de uréia.

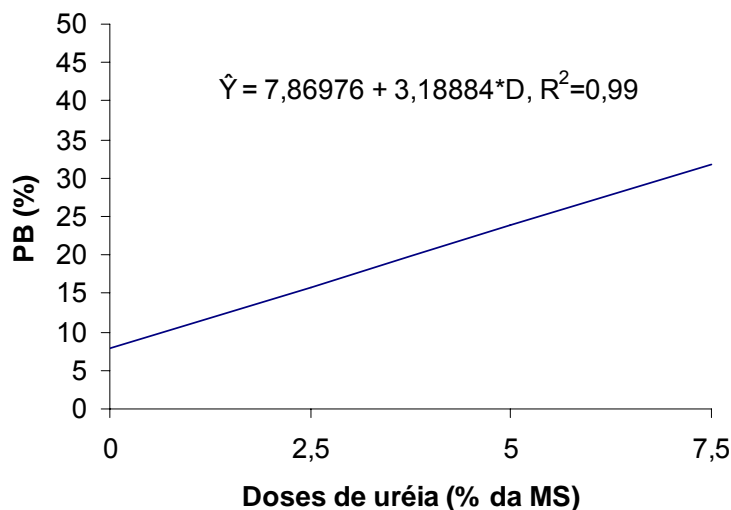


Figura 2 – Teores de proteína bruta (PB) nas silagens de sorgo em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

As porcentagens de aumento em PB nas silagens produzidas com as doses de 2,5, 5,0 e 7,5% de uréia, em relação ao teor de PB nas silagens produzidas sem a adição de uréia, foram, respectivamente, de 93,8, 198,9 e 296,3%. Os teores de PB foram bastante elevados nas silagens produzidas com a adição das doses crescentes de uréia, em relação ao teor de PB na silagem produzida sem a adição de uréia. Estes elevados teores de PB são decorrentes, principalmente, do nitrogênio não protéico, oriundo de uréia residual, uma vez que a maior parte do nitrogênio adicionado como uréia na ensilagem de plantas forrageiras pode ser recuperada tanto como amônia quanto como uréia (Ryley, 1967). Este mesmo autor, em sua abordagem sobre silagem com uréia, encontrou relatos, na literatura, de recuperação de uréia no produto final variando de 4 a 82,1%.

Estudos relacionados aos efeitos da adição de fonte de amônia na ensilagem de milho sobre os teores de PB foram conduzidos por Kamra et al. (1983) e Neiva et al. (1998). Estes autores observaram elevação dos teores de PB nas silagens produzidas com a adição de fonte de amônia, em relação aos teores de PB nas silagens produzidas sem a adição de fonte de amônia. Isto foi também encontrado por Andrade & Melotti (2004), na ensilagem de capim-elefante produzida com a adição de uréia. Assim, a adição de uréia ou

amônia na ensilagem de alimentos volumosos pode incrementar o teor de proteína bruta dos mesmos, com conseqüente melhoria do valor nutritivo do produto final.

Comportamento similar para aumento dos teores de PB, nas silagens do presente estudo, ou seja, resposta linear e positiva dos teores de PB com a adição de doses crescentes de uréia ou amônia, tem sido observada na amonização de outros alimentos volumosos como o bagaço de cana-de-açúcar (Cândido et al., 1999; Carvalho et al., 2006).

No trabalho realizado por Carvalho et al. (2006), as porcentagens de aumento em PB, com a adição das doses de 2,5, 5,0 e 7,5% de uréia no bagaço de cana-de-açúcar em relação ao teor de PB no bagaço de cana-de-açúcar, sem a adição de uréia, foram, respectivamente, de 81,2, 162,2 e 243,4%.

O efeito linear positivo para os teores de PB não significa que se recomende a adição de doses elevadas de uréia na ensilagem de sorgo, uma vez que fatores como as exigências nutricionais dos animais por PB (NRC, 2000), alterações da amonização via uréia sobre outros componentes nutricionais e custos por adição de uréia devem ser observados.

Quanto ao efeito de período de armazenamento, em estudos conduzidos por Johnson et al. (1982) e Paiva et al. (1995), foi observado aumento do teor de nitrogênio total, em função do prolongamento do tempo de tratamento. Os primeiros autores, ensilando milho com níveis crescentes de nitrogênio, na forma de amônia anidra, por períodos de 0, 1, 2, 6, 12 e 56 dias, verificaram aumento sobre os teores de nitrogênio total à medida que foi aumentado o período de amonização. Paiva et al. (1995), tratando palhada de milho com níveis crescentes de amônia, em combinação com três períodos de amonização (7, 21 e 35 dias), observaram aumento do teor de nitrogênio total em função do aumento do período de amonização. Pode ser observado que, nesses estudos, os períodos experimentais utilizados tiveram menor duração, com exceção dos períodos máximos de 56 e 35 dias, nos respectivos estudos de Johnson et al. (1982) e Paiva et al. (1995), em relação ao período mínimo de tempo adotado no presente estudo (30 dias), além do mais, foram testados um maior número de períodos experimentais.

Assim, períodos de tratamento menos extensos e em maior número podem propiciar a detecção de efeitos do fator tempo sobre o teor de nitrogênio total, em materiais tratados com a adição de fonte de amônia. Isto poderia auxiliar no entendimento da

ausência de efeito dos períodos de armazenamento sobre o teor de PB das silagens experimentais. Para as condições experimentais, entretanto, períodos de armazenamento mais prolongados foram estudados pelo fato de a fonte de amônia, na forma de uréia, requerer tempos maiores para que ocorra a ureólise e conseqüente geração dos seus efeitos na forragem tratada. Então, possivelmente, outro fator, que não o período de armazenamento, pode ter propiciado ureólise parcial, explicada pelo elevado incremento de PB nas silagens produzidas com a adição de uréia (Tabela 3). Talvez, o elevado teor de umidade do material a ser ensilado (Tabela 1) tenha propiciado esta ureólise parcial.

Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) podem ser vistos, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Teores de proteína insolúvel em detergente neutro de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Proteína insolúvel detergente neutro (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5
60	1,6	1,9	2,0	2,0	1,9
Média	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7

Tabela 5 - Teores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de Armazenamento (dias)	Proteína insolúvel em detergente ácido (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	0,87	0,86	0,80	0,99	0,88
60	1,02	1,07	0,95	0,83	0,97
Média	0,94	0,96	0,87	0,91	0,92

De acordo com a análise de variância (Tabela 2A) houve efeito ( $P < 0,05$ ) para PIDN das silagens, em função das doses de uréia. Para a mesma variável, houve efeito ( $P < 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento, e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 2A). Em relação aos teores de PIDA, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) em função das doses de uréia, períodos de armazenamento e de interação doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 2A).

Por meio do estudo de regressão para a variável PIDN das silagens (Tabela 1B), foi constatado efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para os teores desta fração, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo aumenta os teores de PIDN das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, os teores de PIDN das silagens aumentaram em 0,04 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores de PIDN das silagens em função das doses de uréia foi explicada em 97% pela equação de regressão.

Rosa et al. (1998), em estudo realizado com a amonização de feno, observaram aumento do teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) no material amonizado. No presente estudo, as porcentagens de aumento nos teores de PIDN foram 9,9, 17,2 e 21,8%, para as doses de 2,5, 5,0 e 7,5% de uréia, na produção das silagens experimentais, em relação aos teores de PIDN nas silagens experimentais produzidas sem a adição de uréia. Possivelmente, este aumento foi devido às reações de amonólise, que incorporam nitrogênio à fração da fibra em detergente neutro (Buettner et al., 1982).

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 2A), o período de armazenamento teve influência significativa sobre o teor de PIDN. A diferença do teor de PIDN nos dois períodos de armazenamento está ilustrada na Figura 3.

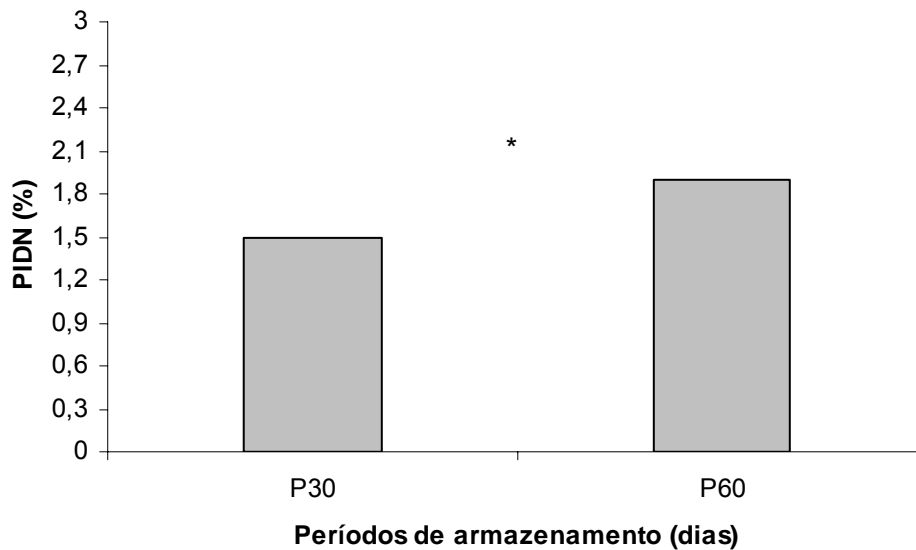


Figura 3 – Teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) nas silagens de sorgo, em função dos períodos de armazenamento

P<0,05 pelo teste F.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido (FDA) podem ser vistos, respectivamente, nas Tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6 - Teores de fibra em detergente neutro de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fibra em detergente neutro (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	64,5	61,1	60,1	59,6	61,3
60	66,4	62,8	62,4	60,8	63,1
Média	65,4	62,0	61,3	60,2	62,2

Tabela 7 - Teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	FDNcp (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	63,6	60,3	59,2	58,7	60,4
60	65,3	61,7	61,4	60,0	62,1
Média	64,4	61,0	60,3	59,3	61,3

Tabela 8 - Teores de fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fibra em detergente ácido (%MS)				Médias
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	38,8	36,0	35,2	34,9	36,2
60	41,2	38,2	37,4	36,3	38,3
Média	40,0	37,1	36,3	35,6	37,7

Pode ser observado, pela análise de variância (Tabela 3A), que houve efeito ( $P < 0,05$ ) para FDN, FDNcp e FDA das silagens, em função das doses de uréia. Para as mesmas variáveis, houve efeito ( $P < 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento, e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 3A).

Por meio do estudo de regressão para as variáveis FDN e FDNcp das silagens (Tabela 1B), foi constatado efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores destas frações, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo reduz os teores de FDN e FDNcp das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, os teores de FDN das silagens diminuíram em 0,66 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores de FDN das silagens, em função das doses de uréia, foi explicada em 87% pela equação de regressão. Referente aos teores de FDNcp, para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, os teores de FDNcp das silagens diminuíram em 0,64 unidades percentuais, em média. Como para os teores de FDN, a porcentagem de variação dos teores de FDNcp das silagens, em função

das doses de uréia, foi explicada também em 87% pela equação de regressão. Nas Figuras 4 e 5 podem ser observadas, respectivamente, as variações dos teores de FDN e de FDNcp das silagens em função das doses de uréia.

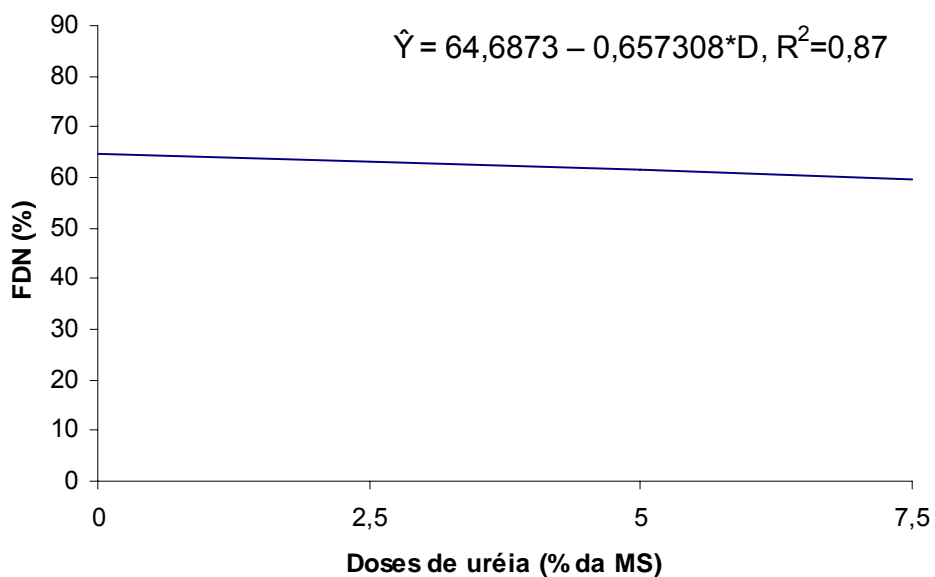


Figura 4 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN) nas silagens de sorgo, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

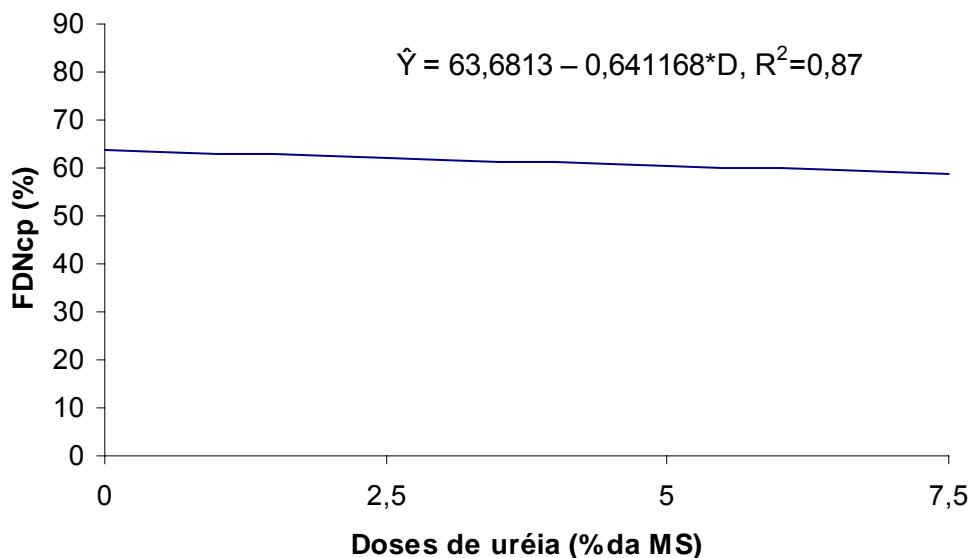


Figura 5 – Teores de fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp) nas silagens de sorgo, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Como para os teores de FDN e de FDNcp, foi constatado, pelo estudo de regressão (Tabela 1B), que houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores de FDA, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo, reduz os teores de FDA das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo no intervalo experimental considerado, os teores de FDA das silagens diminuíram em 0,56 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores de FDA das silagens em função das doses de uréia foi explicada em 88% pela equação de regressão. Na Figura 6, está representada a variação dos teores de FDA das silagens, em função das doses de uréia.

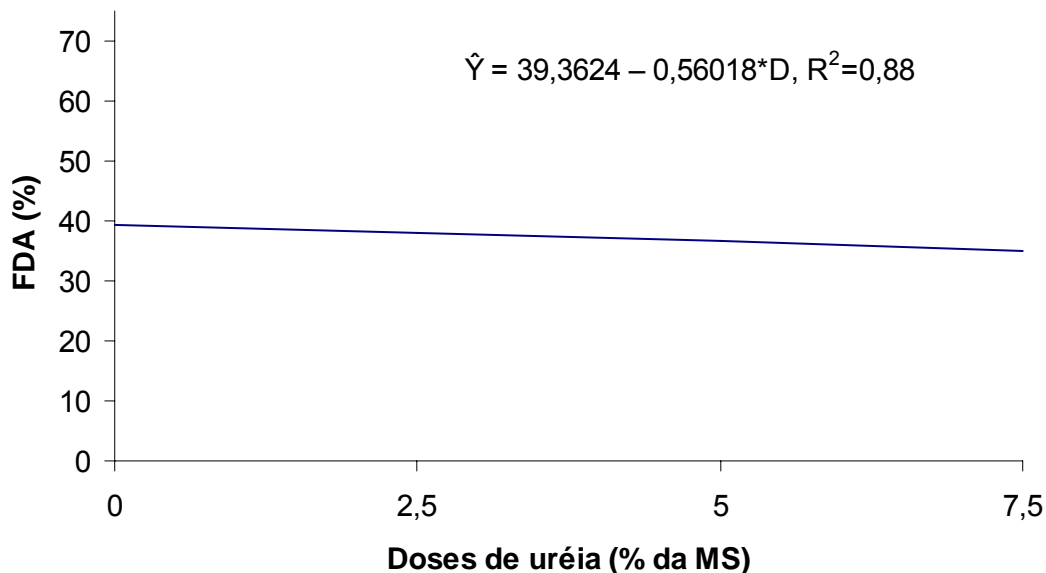


Figura 6 – Estimativas dos teores de fibra em detergente ácido (FDA) nas silagens de sorgo, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Em estudos realizados com a amonização de alimentos volumosos (Leal et al.; 1994; Gobbi et al., 2005; Carvalho et al., 2006) foi observado o efeito de redução dos teores de FDN e de FDA.

No presente estudo, as porcentagens de diminuição nos teores de FDN e FDA foram, respectivamente, de 5,3 e 7,2, 6,4 e 9,2, e 8,0 e 11,0%, para as doses de 2,5, 5,0 e 7,5% de uréia, na produção das silagens experimentais, em relação aos teores de FDN e FDA nas silagens experimentais produzidas sem a adição de uréia.

No trabalho realizado por Carvalho et al. (2006), o bagaço de cana-de-açúcar foi tratado com doses crescentes de uréia, sendo as porcentagens de diminuição nos teores de FDN e FDA, respectivamente, de 8,7 e 9,5, 17,5 e 19,2, e 26,2 e 28,8%, para as doses de 2,5, 5,0 e 7,5% de uréia na amonização do bagaço de cana-de-açúcar, em relação aos teores de FDN e FDA no bagaço de cana-de-açúcar sem a adição de uréia. Estes autores

observaram que o efeito da adição de doses crescentes de uréia, sobre os teores das frações em discussão foi linear e negativo, similarmente ao efeito encontrado no presente estudo. Entretanto, a magnitude do efeito de redução dos teores de FDN e FDA, observada entre os resultados encontrados por Carvalho et al. (2006), e os do presente estudo, foi diferente, ou seja, o efeito da adição de uréia no tratamento dos alimentos volumosos foi mais pronunciado na amonização do bagaço de cana-de-açúcar, do que na ensilagem do sorgo com a adição de uréia, uma vez que o efeito do tratamento químico de alimentos volumosos via amonização, é menos pronunciado para os alimentos volumosos de melhor qualidade (Garcia & Pires, 1998).

Gobbi et al. (2005) avaliaram os efeitos da adição de uréia na amonização do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf., e encontraram efeito quadrático para os teores de FDN, em função das doses de uréia, ou seja, diminuição dos teores de FDN com posterior aumento dos mesmos, à medida que as doses de uréia foram aumentadas. Estes autores testaram as doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de uréia, e, pode ser que, a quantidade de doses de uréia estudada por estes autores e a do presente estudo, expliquem as diferenças encontradas. Já para os teores de FDA, o efeito observado nos dois estudos em questão foi similar.

A amonização de alimentos volumosos promove alterações físico-químicas nos teores dos constituintes da parede celular (Garcia & Pires, 1998) e, geralmente, tem ocorrido decréscimo nos teores de fibra em detergente neutro e hemicelulose com a adição de doses crescentes de fonte de amônia (Pires et al., 1999). Por outro lado, os efeitos da amonização sobre os teores de fibra em detergente ácido (FDA), de celulose e de lignina têm sido variáveis, sendo encontrados aumentos, reduções ou inalterações nos teores de FDA, de celulose e de lignina (Garcia & Pires, 1998).

O efeito da amônia sobre a fração fibrosa, na amonização de alimentos volumosos, pode ocorrer em função da reação entre a amônia e um éster, produzindo uma amida (Buettner et al., 1982). Outra explicação se baseia na característica da amônia apresentar alta afinidade com a água, resultando na formação de uma base fraca, o hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH), durante o tratamento de material úmido com esse composto. No primeiro caso, as ligações ésteres entre a hemicelulose e a lignina com grupos de carboidratos, podem ser rompidas com a conseqüente formação de amida e, no outro caso,

ocorre hidrólise alcalina resultante da reação do hidróxido de amônio com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais (Buettner, 1982). Além do mais, a afinidade da amônia com a água promove expansão da parede celular e ruptura de componentes dos tecidos de forragens amonizadas (Harbes et al., 1982).

As reduções nos teores de FDN têm sido atribuídas à solubilização parcial da hemicelulose ou da hemicelulose e da lignina. Isto pode ocorrer quando não se observa alteração nos teores dos outros constituintes da parede celular.

Provavelmente, no presente estudo, a redução nos teores de FDN nas silagens produzidas com a adição de doses crescentes de uréia, pode ter ocorrido em função da hidrólise das ligações ésteres do complexo lignocelulósico (Saenger et al., 1982; Leal et al., 1994).

A redução nos teores de FDA, em materiais amonizados, pode estar também associada à solubilização da lignina e da celulose (Leal et al., 1994), possivelmente como resultado da diminuição da cristalinidade da celulose e, também, de sua expansão, e da saponificação das ligações ésteres entre a lignina e hemicelulose (Klopfenstein et al., 1972; Saenger et al., 1982; Harbes et al., 1982).

Já a hidrólise alcalina, por meio do hidróxido de amônio, parece pouco provável para as condições experimentais, uma vez que, com a determinação dos valores de pH nas silagens e em associação com o efeito quadrático para os teores de nitrogênio amoniacal, foi demonstrado que o ambiente alcalino não foi instalado. Além do mais, caso tenha ocorrido reação que propiciasse formação de hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), a molaridade da solução de  $\text{NH}_4\text{OH}$  é menor em materiais mais úmidos, o que sugere que a adição de uma fonte de amônia, no tratamento de alimentos volumosos, tem maior impacto sobre a composição química de materiais com menor teor de umidade (Lines et al., 1996). Assim, no presente estudo, a hidrólise alcalina poderia não ser tão efetiva em alterar a composição química do material ensilado com a adição de uréia, quanto seria se a forrageira apresentasse mais baixo teor de umidade por ocasião da ensilagem.

No tratamento de alimentos volumosos, a amônia deverá estar presente para produzir os efeitos desejados, dentro da massa de forragem tratada com uréia: ureólise transforma a uréia em amônia, e, subsequentemente, esta gera os efeitos sobre os constituintes da parede celular da forragem.

Nesse contexto, fatores como o teor de umidade da forragem, período de tempo para ocorrência da reação de transformação de uréia em amônia e a qualidade inicial do material a ser tratado devem ser considerados.

No presente estudo, embora tenha sido observado alterações, em benefício da melhoria do valor nutritivo das silagens produzidas com adição de uréia, o que foi constatado, pela redução dos teores dos constituintes da parede celular, a ureólise pode ter ocorrido apenas de forma parcial, uma vez que, o material a ser ensilado pode ser considerado de melhor qualidade que outros alimentos volumosos, normalmente tratados via amonização, além de ter apresentado teor de umidade acima de 70% na ensilagem.

Em relação ao teor de umidade, o tratamento de alimentos volumosos com uréia requer um meio mais úmido do que para o tratamento com amônia anidra, e ainda, um tempo maior para tratamento, pois a ação da uréia é mais lenta. Entretanto, em materiais com umidade acima de 60%, pode ocorrer lixiviação da solução de uréia.

Além dos fatores acima mencionados, um parâmetro que auxilia na compreensão da possível ureólise parcial ocorrida no presente estudo, é o elevado incremento do teor de PB encontrado nas silagens produzidas com a adição de uréia (Tabela 3).

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 3A), o período de armazenamento teve influência ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de FDN, FDNcp e FDA. A diferença dos teores destas frações nos dois períodos de armazenamento está ilustrada na Figura 7.

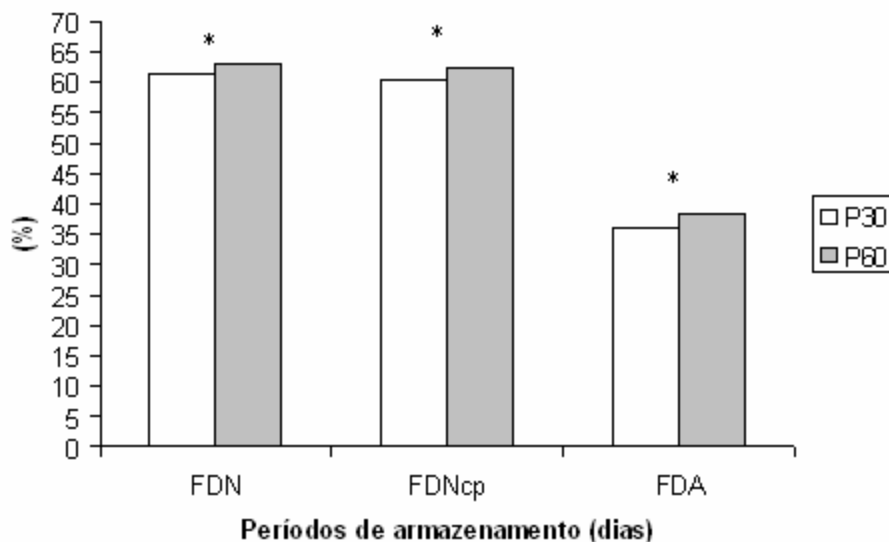


Figura 7 – Teores de FDN, FDNcp e FDA nas silagens de sorgo em função dos períodos de armazenamento

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

Os teores de hemicelulose das silagens experimentais podem ser vistos na Tabela 9. Pode ser observado, pela análise de variância (Tabela 4A), que não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para a hemicelulose das silagens, em função das doses de uréia. Para a mesma variável, não houve efeito ( $P > 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento e nem para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 4A).

Tabela 9 - Teores de hemicelulose de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Hemicelulose (%MS)				Médias
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	25,7	25,1	24,9	24,7	25,1
60	25,1	24,6	25,0	24,7	24,9
Média	25,4	24,8	24,9	24,7	25,0

Os teores de celulose das silagens experimentais se encontram na Tabela 10. Pode ser observado, pela análise de variância (Tabela 4A), que houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para celulose das silagens, em função das doses de uréia. Para a mesma variável,

houve efeito ( $P < 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento, e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 4A).

Tabela 10 - Teores de celulose de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Celulose (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	34,3	32,4	31,8	31,7	32,5
60	37,0	34,3	33,2	32,4	34,2
Média	35,6	33,3	32,5	32,0	33,4

Por meio do estudo de regressão (Tabela 1B), foi detectado efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores de celulose, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo, diminui os teores de celulose das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, os teores de celulose das silagens diminuíram em 0,47 unidades porcentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores de celulose das silagens, em função das doses de uréia, foi explicada em 88% pela equação de regressão. Na Figura 8, pode ser observada a variação dos teores de celulose das silagens, em função das doses de uréia.

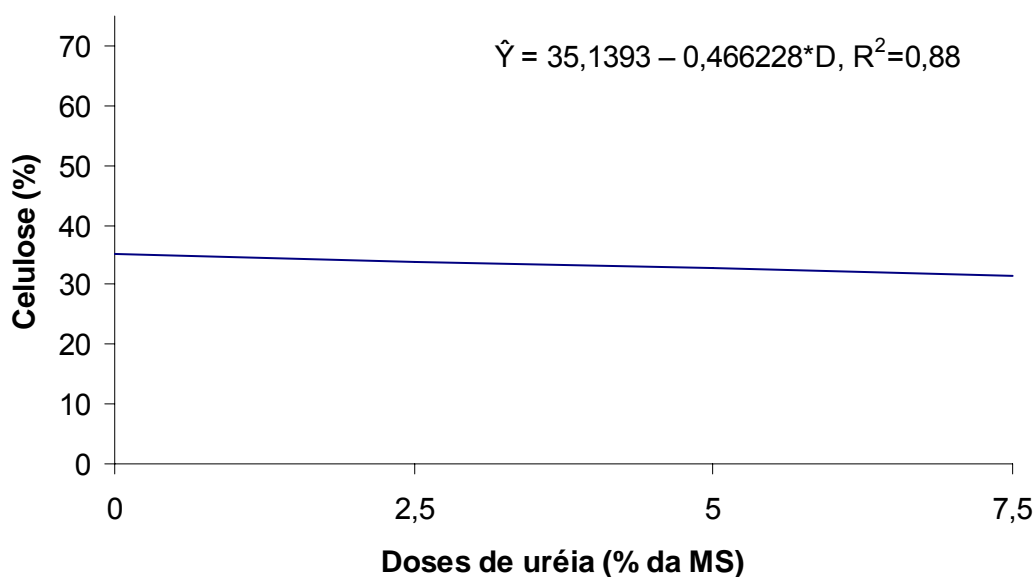


Figura 8 – Teores de celulose nas silagens de sorgo em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Os teores de lignina das silagens experimentais podem se encontram na Tabela 11. Pode ser observado, pela análise de variância (Tabela 4A), que houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para o teor de lignina das silagens, em função das doses de uréia. Para a mesma variável, houve efeito ( $P < 0,05$ ) em função dos períodos de armazenamento, e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) de interação de doses de uréia com períodos de armazenamento (Tabela 4A).

Tabela 11 - Teores de lignina de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Lignina (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	4,5	3,7	3,4	3,2	3,7
60	4,2	3,9	4,2	3,9	4,0
Média	4,3	3,8	3,8	3,6	3,9

Por meio do estudo de regressão (Tabela 1B), foi detectado efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores de lignina, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo diminui os teores de lignina das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, os teores de lignina das silagens diminuíram em 0,09 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores de lignina das silagens, em função das doses de uréia, foi explicada em 80% pela equação de regressão. Na Figura 9, pode ser observada a variação dos teores de lignina das silagens, em função das doses de uréia.

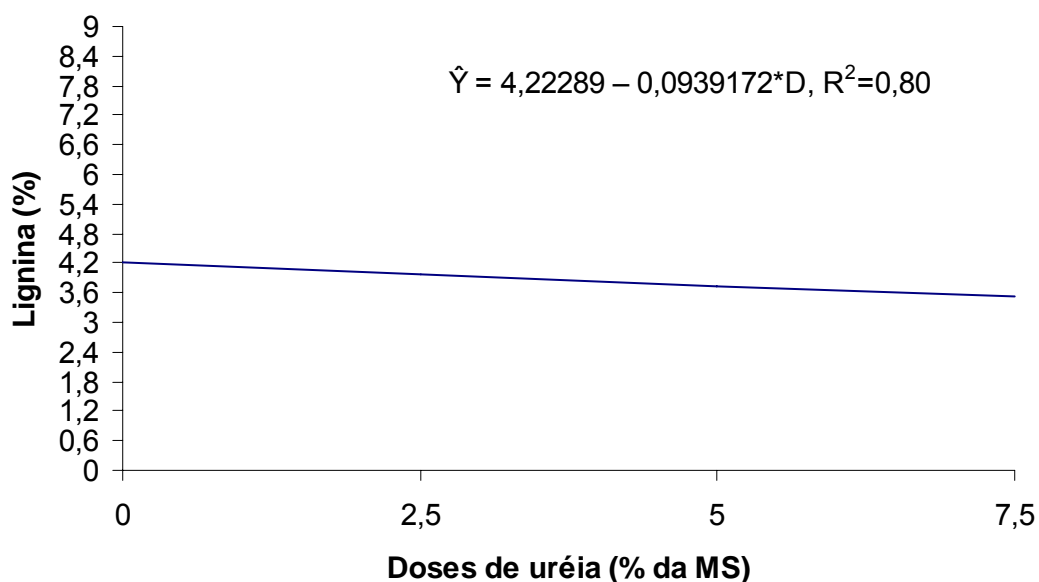


Figura 9 – Teores de lignina nas silagens de sorgo, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Os teores de hemicelulose de alimentos volumosos amonizados, geralmente são reduzidos, em função do tratamento com fonte de amônia (Pires et al., 1999; Carvalho et al., 2006). Esta redução tem sido atribuída à solubilização parcial da hemicelulose em associação com a falta de alteração nos teores dos outros constituintes da parede celular.

O comportamento observado para os teores de hemicelulose, no presente estudo, pode ser resultante do fato deste componente da parede celular ter sido calculado a partir da

diferença entre os teores de FDN e FDA, uma vez que houve redução dos teores de FDA das silagens produzidas com adição de uréia. Semelhantemente, este comportamento foi observado por Gobbi et al. (2005).

No presente estudo, os teores observados para celulose, nas silagens produzidas com a adição de uréia, foram reduzidos, em relação aos teores de celulose nas silagens produzidas sem a adição de uréia. Possivelmente, ocorreu expansão da parede celular, com conseqüente rompimento dos tecidos das silagens, e, também, rompimento das ligações entre as moléculas de celulose com a adição de uréia, com conseqüente solubilização de parte da celulose (Van Soest, 1994).

As alterações nos teores de lignina, em alimentos volumosos, amonizados têm sido observadas de forma diferente, sendo encontrados aumentos (Cardoso et al., 2004), diminuições (Buettner et al., 1982; Leal et al., 1994; Brown & Adjei, 1995; Carvalho et al., 2006) e inalterações (Reis et al., 2001; Gobbi et al., 2005).

A diminuição dos teores de lignina, observada neste trabalho, foi também observada por Leal et al. (1994) e Carvalho et al. (2006), na amonização, respectivamente, de palhada de sorgo e de bagaço de cana-de-açúcar. Essa diminuição do teor de lignina pode ser devida à solubilização parcial da mesma por meio do tratamento com fontes de amônia (Buettner et al., 1982).

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 4A), o período de armazenamento teve influencia significativa sobre os teores de celulose e lignina. A diferença dos teores de celulose e lignina, nos dois períodos de armazenamento, está ilustrada, respectivamente, nas Figuras 10 e 11.

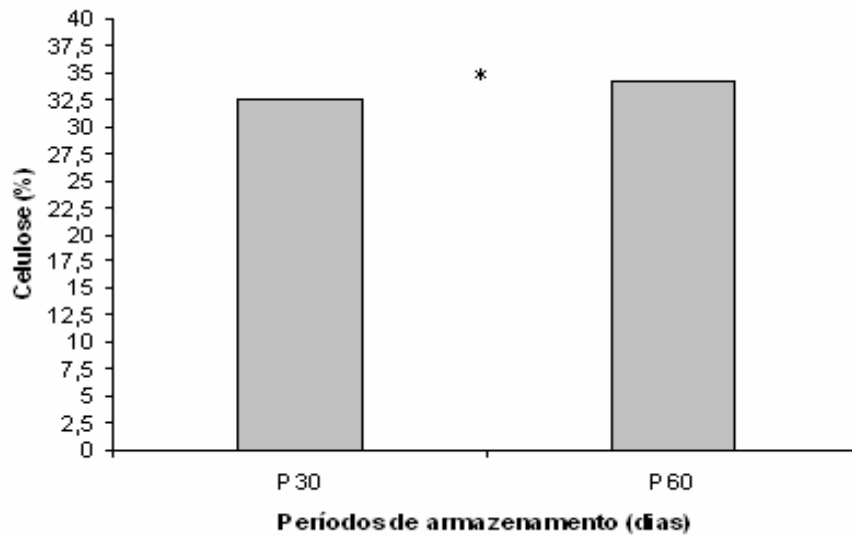


Figura 10 – Teores de celulose nas silagens de sorgo, em função dos períodos de armazenamento

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

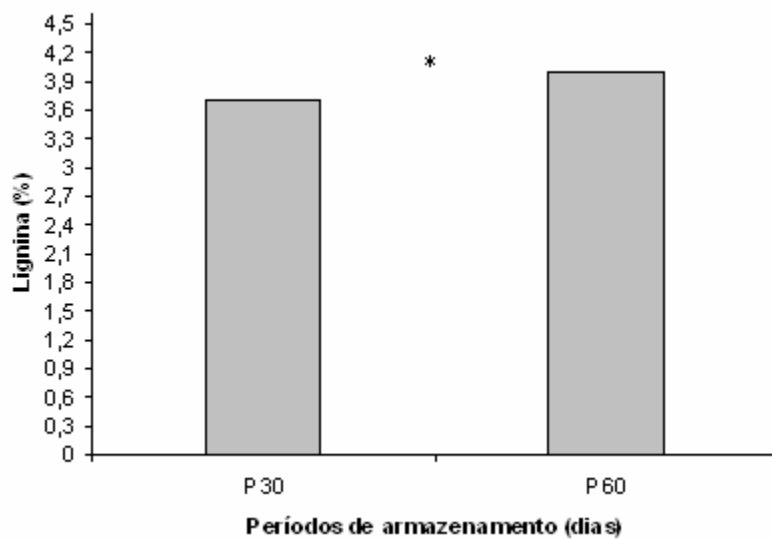


Figura 11 – Teores de lignina nas silagens de sorgo, em função dos períodos de armazenamento

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

Os valores das estimativas de DIVMS das silagens podem ser vistos na Tabela 12.

Tabela 12 - Teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	DIVMS (%)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	63,9	69,6	72,9	72,5	69,7
60	64,0	67,4	71,5	73,7	69,2
Média	64,0	68,5	72,2	73,1	69,4

Por meio da análise de variância (Tabela 1B), foi constatado efeito ( $P < 0,05$ ) para DIVMS das silagens, em função das doses de uréia. Para a mesma variável, não houve efeito ( $P > 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento, e nem para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento.

Foi realizado o estudo de regressão para a variável em questão, a fim de se obter a equação referente às alterações sobre as estimativas de DIVMS das silagens, em função das doses de uréia adicionada na ensilagem do sorgo (Tabela 1B). Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para a variável DIVMS das silagens, em função das doses de uréia. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo no intervalo experimental considerado, a DIVMS das silagens aumentou em 1,24 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação na DIVMS das silagens em função das doses de uréia, foi explicada em 93% pela equação de regressão. Na Figura 12, pode ser observada a variação na DIVMS das silagens, em função das doses de uréia.

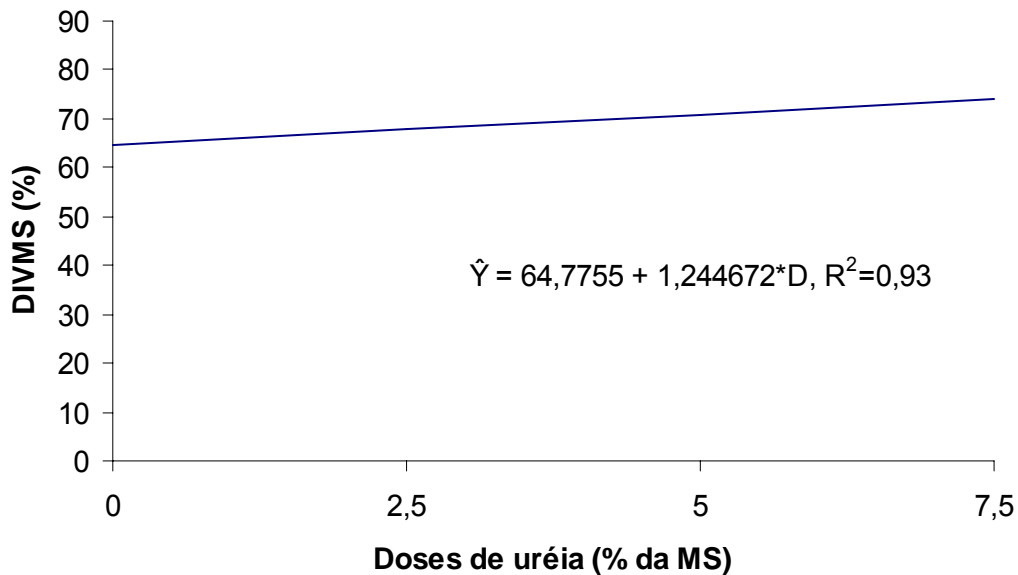


Figura 12 – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) nas silagens de sorgo, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

As porcentagens de aumento na DIVMS nas silagens produzidas, com as doses de 2,5, 5,0 e 7,5% de uréia, em relação ao valor de DIVMS nas silagens produzidas sem a adição de uréia foram, respectivamente, de 7,1, 12,9 e 14,7%.

Aumentos na DIVMS de materiais amonizados foram observados por vários autores (Saenger et al., 1983; Leal et al., 1994; Gobbi et al., 2005).

A parede celular das células vegetais apresenta estrutura complexa, que é 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. Desta forma, o aumento na DIVMS nas silagens produzidas com a adição de uréia foi, provavelmente, resultante do incremento 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).

O perfil de fermentação das silagens, em função das doses de uréia e de períodos de armazenamentos, foi por meio dos parâmetros nitrogênio amoniacal, como porcentagem do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>), pH e carboidratos solúveis em água (CHOS), sendo que os valores respectivos para essas variáveis se encontram nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 – Teores de nitrogênio total como porcentagem do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	N-NH <sub>3</sub>				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	9,9	24,0	21,3	17,3	18,1
60	12,8	28,1	20,6	20,1	20,4
Média	11,3	26,1	20,9	18,7	19,2

Tabela 14 - Valores para pH de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	pH				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	3,70	3,87	3,93	3,96	3,86
60	3,74	3,89	3,93	3,96	3,88
Média	3,72	3,88	3,93	3,96	3,87

Tabela 15 - Teores de carboidratos solúveis (CHOS) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	CHOS (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	0,22	0,30	0,21	0,34	0,28
60	0,16	0,16	0,26	0,29	0,22
Média	0,19	0,23	0,23	0,31	0,25

Conforme a análise de variância (Tabela 5A), houve efeito (P<0,05) para os teores de nitrogênio amoniacal das silagens, em função das doses de uréia. Para a mesma variável, houve efeito significativo (P<0,05), em função dos períodos de armazenamento, e não houve efeito (P>0,05) para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento.

Foi realizado o estudo de regressão do efeito das doses de uréia na ensilagem do sorgo sobre o teor de N-NH<sub>3</sub> das silagens (Tabela 2B). Houve efeito quadrático (P<0,05) para os teores de N-NH<sub>3</sub> em função das doses de uréia, ou seja, aumento progressivo dos teores de N-NH<sub>3</sub>, e posterior diminuição com a adição de doses crescentes de uréia. A porcentagem de variação nos teores de N-NH<sub>3</sub>, em função das doses de uréia, foi explicada em 77% pela equação de regressão. O ponto de máximo encontrado foi de 4,21% de dose de uréia, o qual corresponde a 24,52% de N-NH<sub>3</sub>. Na Figura 13 pode ser observada a representação gráfica da regressão para os teores de N-NH<sub>3</sub> nas silagens, em função das doses de uréia.

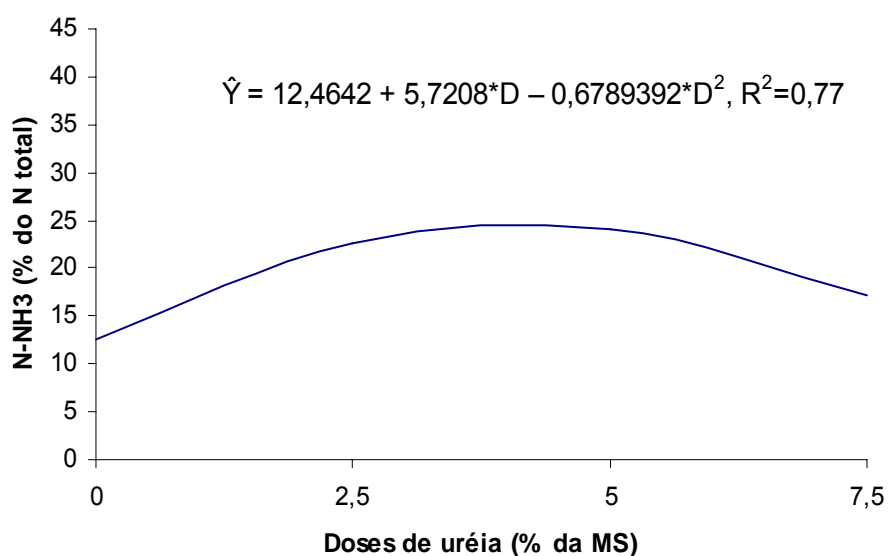


Figura 13 – Teores de N-NH<sub>3</sub> nas silagens de sorgo, em função das doses de uréia

\* P<0,05 pelo teste F.

Por meio da análise de variância (Tabela 5A), foi constatado efeito (P<0,05) para os valores de pH das silagens, em função das doses de uréia. Os períodos de armazenamento também tiveram efeito (P<0,05) sobre os valores de pH das silagens. Houve efeito (P<0,05) para a interação de doses de uréia com períodos de armazenamento. Neste caso, foi

realizado o estudo dos níveis de um fator dentro do outro. Para doses de uréia, foi realizado o estudo de regressão, e, para períodos de armazenamento, foi aplicado o teste F.

Houve efeito linear ( $P < 0,05$ ) para os valores de pH das silagens (Tabela 2B) em função das doses de uréia, no período de armazenamento de 30 dias, ou seja, aumento progressivo dos valores de pH com a adição de doses crescentes de uréia. O mesmo efeito (Tabela 2B) foi observado para os valores de pH, em função das doses de uréia no período de armazenamento de 60 dias. A porcentagem de variação nos valores de pH, em função das doses de uréia, foi explicada em 87 e 86% pelas equações de regressão, respectivamente, para estudo de doses dentro do período de armazenamento de 30 dias e para estudo de doses dentro do período de 60 dias (Figura 14).

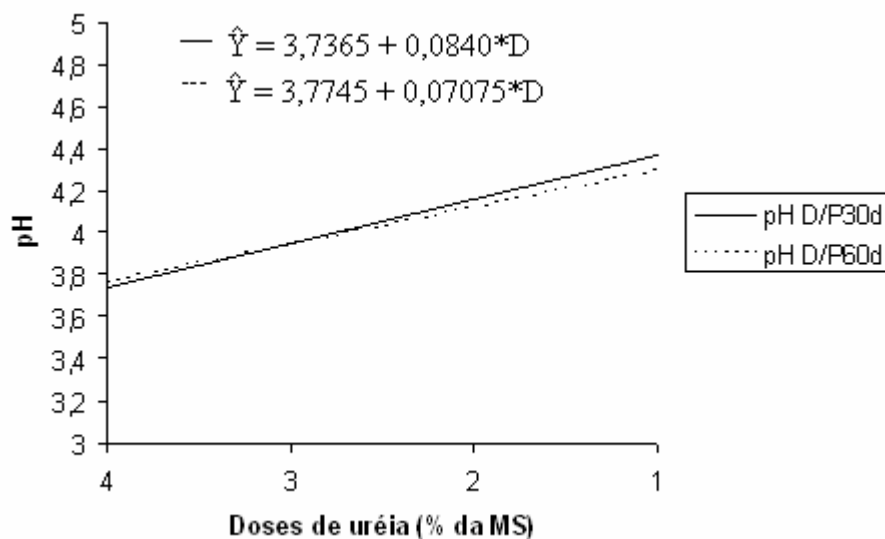


Figura 14 – Valores de pH nas silagens de sorgo em função das doses de uréia dentro dos períodos de armazenamento de 30 e 60 dias

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

O teor de amônia das silagens, expresso como porcentagem do nitrogênio amoniacal, em relação ao nitrogênio total ( $N-NH_3$ ), é utilizado na avaliação da qualidade da silagem. O aumento da produção de amônia provocado pela proteólise neutraliza os ácidos desejáveis, interferindo diretamente na qualidade final do material ensilado (Van Soest, 1994). 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, em menor produção de ácido butírico (McDonald et al., 1991).

Nas silagens experimentais produzidas sem a adição de uréia, foi observado o valor de 11,3% de N-NH<sub>3</sub>, em relação ao nitrogênio total, em média. Este valor é semelhante ao encontrado por Molina et al. (2002). Assim, estas podem ser consideradas como aceitáveis conforme a classificação indicada por Woolford (1984) e McDonald et al. (1991). Por outro lado, a elevação dos valores de N-NH<sub>3</sub>, como porcentagem do nitrogênio total, observada para as silagens produzidas com a adição de uréia (Tabela 13), em relação às silagens produzidas sem a adição de uréia, está de acordo com o que tem sido observado por vários autores (Singh et al., 1983; Hinds et al., 1985; Neiva et al., 1998). Isto pode ser explicado, principalmente pela adição de fonte de amônia. Nesse aspecto, não significa que valores elevados de N-NH<sub>3</sub>, em relação ao nitrogênio total em silagens produzidas com a adição de fonte de amônia sejam indicativos para classificar estas como insatisfatórias, de acordo com a classificação proposta por Woolford (1984) e McDonald et al. (1991).

Vieira et al. (2004) encontraram valores de N-NH<sub>3</sub> de 15,7%, para silagem de sorgo BR601, produzida com a adição de uréia, e, 4,62% de N-NH<sub>3</sub>, na silagem de sorgo BR601 produzida sem a adição de uréia. Entretanto, com base em outros parâmetros avaliados, estes autores concluíram que a uréia pode ser utilizada na ensilagem do sorgo BR601.

No presente estudo, a adição de uréia na ensilagem de sorgo pode não ter comprometido o perfil de fermentação, uma vez que, os valores observados para N-NH<sub>3</sub>, em relação ao nitrogênio total, nas silagens produzidas com a adição de uréia (Tabela 13), podem ter sido oriundos de ureólise parcial da uréia. Além do mais, os valores observados para pH nestas silagens (Tabela 14) parecem indicar que houve fermentação láctica. Vale ressaltar que o sorgo é uma cultura que apresenta teor de carboidratos solúveis adequado para uso como substrato (Vieira et al., 2004) pelos microrganismos que produzem ácido láctico.

Conforme observado pela análise de variância (Tabela 5A), não foi detectado efeito ( $P>0,05$ ) das doses de uréia e dos períodos de armazenamento sobre os teores de carboidratos solúveis em água (CHOS). Também, não houve efeito ( $P>0,05$ ) de interação entre doses de uréia e períodos de armazenamento, para a variável em questão (Tabela 5A).

O teor médio de CHOS das silagens experimentais foi de 0,25%. Já o teor de CHOS no material original foi de 3,16%. Isto demonstra que os carboidratos solúveis foram utilizados como substrato pelos microrganismos, durante a ensilagem, para produção de ácidos, possivelmente, produção de ácido lático, que pode ter contribuído para os valores de pH abaixo de 3,96 (Tabela 14), observados para as silagens experimentais. Ressalta-se que os teores de CHOS no material original e nas silagens, podem ser considerados baixos para a cultura do sorgo. Em relação aos teores de CHOS das silagens, infere-se que esta variável pode ser considerada como de alta instabilidade decorrente de alguma falha ao realizar a análise de CHO. Esta inferência tem como base o coeficiente de variação muito alto (56,18%) obtido para a variável CHO.

Os valores de pH, encontrados para as silagens experimentais produzidas sem a adição de uréia (Tabela 14), foram similares aos valores encontrados por Molina et al. (2002) e Vieira et al. (2004). Molina et al. (2002) encontraram valores de pH de 3,70 e 3,80, respectivamente, para silagens de sorgo BR601, produzidas quando as plantas de sorgo se encontravam em estágio de grão leitoso e pastoso. Vieira et al. (2004) ensilaram sorgo BR601 no estágio de grão leitoso a pastoso e encontravam valor de pH de 3,74. Já Chaves et al. (1997) encontraram valor menor de pH (3,55), para silagem de sorgo forrageiro BR601, comparado ao valor de pH (3,72), encontrado no presente trabalho, para silagem produzida sem adição de uréia. Dessa forma, ficou evidenciado que silagem de sorgo produzida sem a adição de uréia pode ser considerada de boa qualidade. Entretanto, benefícios em relação ao valor nutritivo das silagens experimentais, no presente estudo, foram obtidos com a adição de uréia na ensilagem.

As alterações nos processos fermentativos das silagens quando se adiciona a uréia, têm sido motivo de inúmeros trabalhos. Hubber & Thomas (1971) observaram maiores valores de pH nas silagens de milho produzidas com a adição de uréia. Porém, Hubber et al. (1973) não encontraram diferenças de pH entre silagens produzidas com e sem a adição de uréia.

A acidez é considerada um fator importante na conservação da silagem. Ela atua inibindo ou controlando o desenvolvimento de microorganismos prejudiciais, como as bactérias do gênero *Clostridium*, sensíveis à pH abaixo de 4 (Whittenbury et al., 1967).

Possivelmente, fatores como os teores de MS e de carboidratos solúveis em água no material usado para ensilar, e a associação com as reações que ocorreram com a uréia, em função das doses de uréia aplicada na produção das silagens experimentais, podem ter contribuído para os valores de pH (Tabela 14) encontrados no presente estudo.

Em relação ao teor de matéria seca, tem sido recomendada a ensilagem de sorgo BR601 no estágio pastoso (Molina et al., 2002). No presente estudo, o sorgo foi ensilado no estágio leitoso a pastoso. Por outro lado, o sorgo é uma cultura que apresenta adequado teor de carboidratos solúveis (Vieira et al., 2004), que são fonte de substratos para os microorganismos produtores de ácido lático. No presente estudo, os teores de carboidratos solúveis nas silagens experimentais foram inferiores ao teor de carboidratos solúveis no material original, indicando que os mesmos foram utilizados como substrato para produção de ácido lático.

Ryley (1967) informou que a maior parte de nitrogênio adicionado como uréia para plantas forrageiras a serem ensiladas é recuperado tanto como uréia ou como nitrogênio na forma de amônia. Assim, outra possível explicação para os baixos valores de pH nas silagens produzidas com a adição de uréia é o fato de que a uréia utilizada neste experimento estava na forma granulada e, em associação com as condições de umidade do material original na ensilagem, pode não ter favorecido hidrólise completa da uréia ou a formação de hidróxido de amônio, para conseqüente formação de um meio alcalino, que resultaria em elevação mais acentuada dos valores de pH a patamares superiores aos valores encontrados para as silagens produzidas com a adição de uréia, no presente experimento.

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 5A), o período de armazenamento teve influência ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de  $N-NH_3$ . A diferença dos teores de  $N-NH_3$  nos dois períodos de armazenamento está ilustrada na Figura 15.

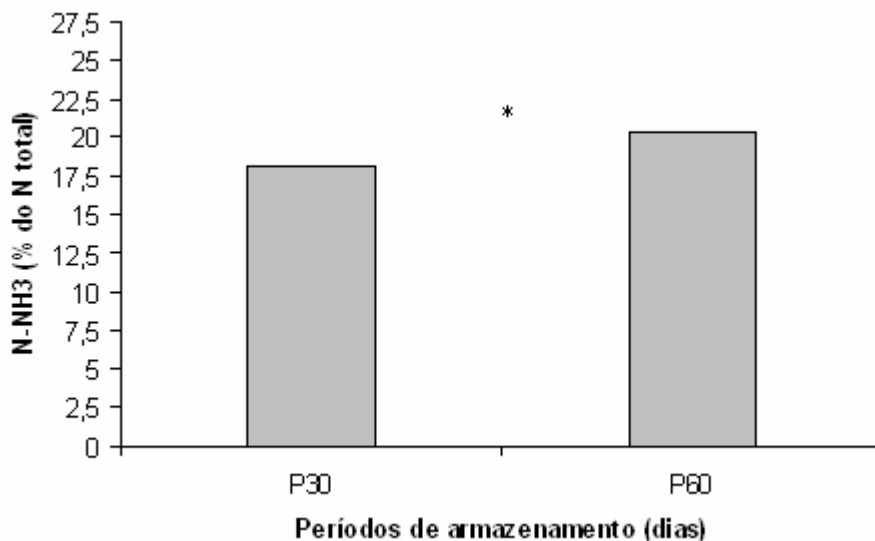


Figura 15 – Teores N-NH<sub>3</sub> (% nitrogênio total) nas silagens, em função dos períodos de armazenamento

\* P<0,05 pelo teste F.

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 5A), o período de armazenamento teve influência (P<0,05) sobre os valores de pH. A diferença dos valores de pH nos dois períodos de armazenamento está ilustrada na Figura 16. O valor de pH maior, para silagens produzidas sem a adição de uréia, e armazenadas por 60 dias, pode ser decorrente de proteólise mais intensa do que a observada para as silagens produzidas sem a adição de uréia e armazenadas por 30 dias, o que está em consonância com o aumento de nitrogênio amoniacal para as silagens produzidas com período de armazenamento de 60 dias.

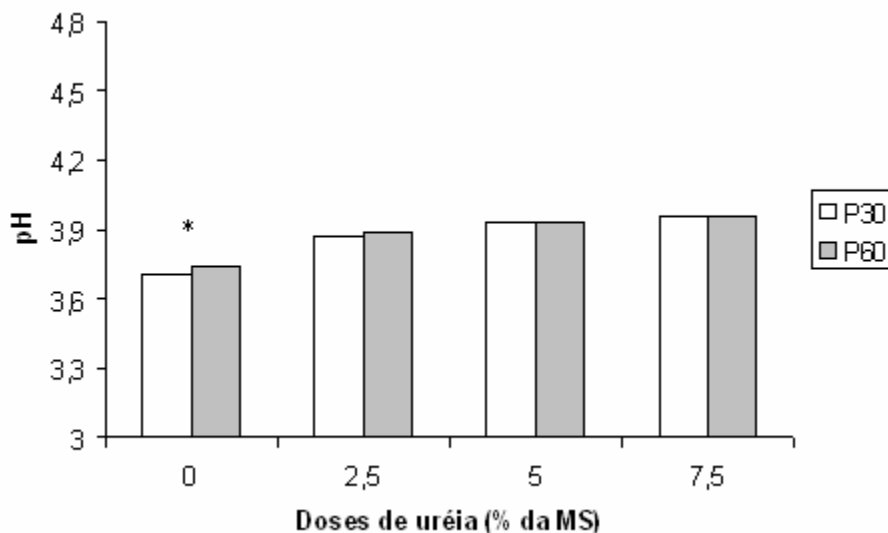


Figura 16 – Valores de pH nas silagens de sorgo em função dos períodos de armazenamento, dentro de cada dose de uréia

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

Em silagens, a proporção molar ideal dos ácidos orgânicos produzidos ao final do processo fermentativo deve ser maior que 5% de ácido lático, menor que 2,5% de ácido acético, menor que 0,5% de ácido propiônico e menor que 0,1% de ácido butírico (Roth & Undersander, 1995; Rodrigues et al., 1999). Para silagem de sorgo BR601, produzida com a adição de uréia, têm sido observados (Vieira et al., 2004) teores de ácidos lático (6,90%) e acético (1,52%) conforme o indicado (Roth & Undersander, 1995; Rodrigues et al., 1999) como silagem de qualidade muito boa.

Os valores de pH, nas silagens experimentais (Tabela 14) produzidas com a adição de uréia, não foram elevados em relação ao valor de 4,2, que é indicado na literatura (McDonald et al., 1991) como limite máximo a não ser ultrapassado, por indicar perfil de fermentação indesejável. Valor de pH de 3,87 foi encontrado por Vieira et al. (2004), ao ensilarem sorgo com a adição de uréia. Dessa forma, a adição de uréia, na ensilagem de sorgo, não afeta de forma negativa o perfil de fermentação das silagens.

## Literatura Citada

- ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L. Efeito de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar napier (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Brasilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, p.409-415, 2004.
- BERTIPAGLIA, L. M. A.; DE LUCA, S.; MELO, G.M.P. et al. Avaliação de fontes de urease na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.378-386, 2005.
- BOLSEN, K.K.; DICKERSON, J.T.; BRENT, B.E. et al. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.2940-2962, 1993.
- BOLSEN, K.K.; WILKINSON, M.; LIN, C.J. Evolution of silage and silage inoculants. In: Biotechnology in the Feed Industry. In: Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium. Edited by T.P. Lyons and K.A. Jacques. 2000, p.453-471.
- BROWN, W.F.; ADJEI, M.B. Urea ammoniation effects on the feeding value of guineagrass (*Panicum maximum*) hay. **Journal Animal Science**, v.73, p.3085-3093, 1995.
- 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. **Qualidade e valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de recomendação de adubação**. Viçosa: UFV, 2000. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.928-935, 1999.

- CARDOSO, G.C.; GARCIA, R.; SOUZA, A.L. et al. Desempenho de novilhos simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2132-2139, 2004.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.125-132, Brasília, 2006.
- CHAVES, A.V.; OLIVEIRA, J.S.; ROCHA, V.S. et al. Comparação de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.193-195.
- FADEL, R.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P. et al. Valor nutritivo da palha de arroz amonizada com ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.1, p.19-25, 2004.
- 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. Viçosa, MG. 1998, p.33-61.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F. et al. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.720-725, 2005.
- HARBES, L.H.; KREITNER, G.L.; DAVIS Jr. et al. Ruminal digestion of ammonium hydroxide-treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. **Journal of Animal Science**, v.54, n.6, p.1309-1319, 1982.
- 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, p.205-214, 1985.
- HUBBER, J.T.; THOMAZ, J.W. Urea treated corn silage in cow protein rations for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.54, n.2, p.224-230, 1971.
- HUBBER, J. T.; LICHTENWALNER, R.E.; THOMAZ, J. W. Factors affecting response of lactating cows to ammonia-treated corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.56, n.10, p.1283-1290, 1973.

- HUBER, J.T.; FOLDAGER, J.; SMITH, N.E. Nitrogen distribution in corn silage treated with varying levels of ammonia. **Journal of Animal Science**, v.48, n.6, p.1509-1524, 1979.
- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; BERGER, W.G. Influence of ammonia treatment and time of ensilage on proteolysis in corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.1740-1747, 1982.
- KAMRA, D.N.; SINGH, R.; JAKHMOLA, R.C. et al. Effect of wilted and the additives, straw, molasses and urea on the fermentation of maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p.185-196, 1983.
- KLOPFENSTEIN, T.J.; KRAUSE, V.E.; JONES, M.J. et al. Chemical treatment of low quality roughages. **Journal Animal Science**, v.35, p.418, 1972.
- LEAL, M.; SHIMADA, A.; HERNÁNDEZ, E. The effect of NH<sub>3</sub> and/or SO<sub>2</sub> on the compositional and histological characteristics of sorghum stover. **Animal Feed Science and Technology**, v.47, p.141-150, 1994.
- LINES, L.W.; KOCH, M.E.; WEISS, W.P. Effect of ammoniation on the chemical composition of alfalfa hay baled with varying concentrations of moisture. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.11, p.2000-2004, 1996.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The Biochemistry of Silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MHERE, O.; MAASDORP, B.V.; TITTERTON, M. In (Ed. T. Smith) Proc. Workshop on Livestock Production Research in the Semi-Arid Tropics, held by Dept. for Int. Devel. (DFID). Matopos, Zimbabwe. 1999.
- 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. **Valor nutritivo da silagem e do rolão de milho (*Zea mays*, L.) amonizados**. Viçosa: UFV, 1995. 122p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- 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.474-480, 1998.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.
- 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.
- PEREIRA, O.G.; BERNARDINO, F.S. Controle de efluentes na produção de silagem. In: II SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. Viçosa, MG. 2004, p. 509-545.
- 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.; CECOM, P.R.C. et al. Amonização da quirera de milho com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1186-1193, 1999.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.666-673, 2001.
- RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I-pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, p.485-490, 1999.
- ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. et al. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.815-822, 1998.

- ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: CORN SILAGE PRODUCTION MANAGEMENT AND FEEDING. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p.27-29.
- RYLEI, J.W. Silage with urea. In: BRIGGS, M.H. (Ed.) **Protein supplement**. Oxford: Pergamon Press, 1967. p.391-410.
- SAENGER, P.F.; LEMENAGER, R.P.; HENDRIX, K.S. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. **Journal of Animal Science**. v.54, n.2, p.419-425, 1982.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV: 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, p.143-148, 1983.
- ‘tMANNETJE, L. Introduction to the conference on silage making in the tropics. In: BATELLO, C. et al. (Ed.) FAO Electronic Conference on Tropical Silage. 1999.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análise estatística e genética**. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- 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.
- WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN-JONES, D. J. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.18, p.441-444, 1967.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.

## CAPÍTULO II

### **Fracionamento de Carboidratos e de Proteínas de Silagem de Sorgo Produzida com Adição de Doses de Uréia e Dois Períodos de Armazenamento**

RESUMO: O experimento foi desenvolvido para determinar as frações nitrogenadas e de carboidratos e avaliar as respectivas alterações nas silagens de sorgo em função da adição de doses crescentes de uréia e de dois períodos de armazenamento na ensilagem de sorgo. Foi adotado o esquema fatorial 4 x 2, com 4 repetições no delineamento inteiramente casualizado, para avaliar doses de uréia (0; 2,5; 5,0 e 7,5% MS) e períodos de armazenamento (30 dias e 60 dias). Foram utilizados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a ensilagem do sorgo. Foram determinados os teores de proteína bruta (PB), fração solúvel da proteína (A), frações de proteína verdadeira solúvel e insolúvel em borato fosfato (B1 e B2), fração de proteína potencialmente degradável (B3) e fração da proteína insolúvel em detergente ácido (C), carboidratos totais (CHO), carboidratos não-fibrosos (A+B1), a fração disponível da fibra (B2) e a fração C dos CHO. Houve interação entre doses de uréia e períodos de armazenamento, apenas sobre a fração C dos CHO. Em relação às frações nitrogenadas, as doses de uréia tiveram efeito linear positivo sobre os teores de PB e da fração A, com efeito, de períodos de armazenamento para a fração A. Houve efeito linear negativo das doses de uréia sobre as frações B1+B2, B3 e C, sem efeito dos períodos de armazenamento. Em relação às frações de carboidratos, as doses de uréia tiveram efeito linear negativo sobre os teores de CHO e os da fração A+B1 e, efeito linear positivo, sobre a fração B2, com efeito, dos períodos de armazenamento sobre a fração A+B1. A adição de uréia na ensilagem do sorgo pode diminuir frações de nutrientes indigestíveis das silagens e aumentar a disponibilidade da fração A da PB.

Palavras-chave: nutrientes, carboidratos fibrosos, nitrogênio, Cornell, *Sorghum bicolor*

## **Protein and Carbohydrate Fractioning of Sorghum Silage Making with Addition of Urea Doses and Two Storage Periods**

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to determine the nitrogen and carbohydrates fractions and to evaluate the respective alterations for sorghum silages in function of the addition of growing urea doses and two storage periods in the sorghum ensilage. . In a factorial arrangement 4x2, with four replicates in the completely randomized design, was utilized. The evaluated factors were urea doses (0; 2,5; 5,0 e 7,5% DM) and storage periods (30d and 60d). The PVC silos with 50 cm of height and 10 cm of diameter were used to sorghum storage. The crude protein (CP), soluble nitrogen fraction (A), borate phosphate true protein fractions (B1 and B2), potentially degradable protein fraction (B3), acid detergent insoluble protein (C), total carbohydrates (CT), nonfiber carbohydrates (A+B1), fiber available fraction (B2) and C fraction of CT were determined. There was interaction between urea doses and storage period, just upon the C fraction of CT. In relation to nitrogen fractions, the urea doses had positive lineal effect upon content of CP and A fraction, with effect of the storage periods upon A fraction and negative lineal effect upon B1+B2, B3 and C fractions, without effect of the storage periods. In relation to the carbohydrates fractions, the urea doses had negative lineal effect upon the contents of CT and A+B1 fraction and positive lineal effect upon B2 fraction, with effect, of the storage periods upon A+B1 fraction. The urea addition in the sorghum ensilage can reduce nutritious indigestiveis fractions of the silages and to increase available A fraction of CP.

Key words: nutritious, fiber carbohydrate, nitrogen, Cornell, *Sorghum bicolor*

## Introdução

A suplementação por meio de forragem conservada na forma de silagem é uma necessidade, em razão da estacionalidade da produção de forragem que é influenciada por fatores abióticos.

Dentre as plantas forrageiras utilizadas para produção de silagem, o sorgo se destaca pela elevada produção de matéria seca, teores de carboidratos solúveis em quantidades adequadas para serem utilizados pelos microrganismos produtores de ácido lático, e baixo poder tampão.

A prática do uso de aditivos, dentre outras, no processo de ensilagem, pode contribuir para a obtenção de uma silagem de boa qualidade (Woolford, 1984; Titterton & Bareeba, 1999). A escolha de aditivos parece ser ilimitada, por haver grande número de substâncias químicas e biológicas como aditivos de silagem, que estão comercialmente disponíveis (Stefanie et al., 1999). Dentre estes, existem os classificados como aditivos nutrientes, como os grãos de milho, o melaço, a uréia e a amônia.

Stefanie et al. (1999) afirmaram que os aditivos nutrientes são utilizados porque algumas plantas forrageiras são deficientes em componentes dietéticos para ruminantes e, o valor nutritivo destas, pode ser melhorado com suplementação de aditivo nutriente no momento da ensilagem (Woolford, 1984), como a amônia anidra e a uréia, para aumentar a proteína bruta da silagem, além de melhorar a estabilidade aeróbica da silagem.

A amonização de forragens, utilizando a amônia anidra, amônia líquida ou uréia tem sido uma das alternativas para melhorar o valor nutritivo destas, em razão de fornecer nitrogênio não protéico, provocar decréscimo nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), favorecer a solubilização parcial da hemicelulose, aumentar a digestibilidade e o consumo, além de conservar as forragens com alto teor de umidade (Rosa & Fadel, 2001). Entretanto, no tratamento de alimentos volumosos, via uréia, devem ser observadas as interações “quantidade de uréia x tipo de forragem x duração do período de tratamento” (Garcia & Pires, 1998), sendo a quantidade de uréia, o primeiro fator responsável pela eficiência do tratamento.

Os efeitos da amonização de volumosos amonizados não são apenas observados quanto ao aumento do teor de proteína bruta, mas, também, as alterações nas frações nitrogenadas, o que pode ser demonstrado pelo estudo realizado por Bertipaglia et al.

(2005), onde foi estudado o efeito da amonização via uréia (5% na matéria seca) do feno de *Brachiaria brizantha*, com dois teores de umidade, associados a três fontes de urease. Neste estudo, foi observado aumento da fração solúvel (A), não houve alteração sobre as frações B1 (proteína verdadeira solúvel em borato fosfato) e B2 (proteína verdadeira insolúvel em borato fosfato) e houve diminuição das frações B3 (fração de proteína potencialmente degradável) e C (fração da proteína insolúvel em detergente ácido).

Em outro estudo, realizado por Reis et al. (2001), os tratamentos químicos à base de amônia anidra (3% na MS) ou uréia (5% na MS) alteraram os teores de compostos nitrogenados, o que foi observado pelo aumento de nitrogênio total (NT) e do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Os mesmos autores verificaram que a relação NIDA/NT diminuiu com a amonização, aumentando a quantidade de N disponível para a digestão.

Desta forma, o fracionamento de nutrientes de alimentos volumosos é importante para uma melhor caracterização dos mesmos. Esta caracterização pode ser feita com base no sistema de Cornell (Sniffen et al., 1992).

Assim, objetivou-se, com este experimento, determinar as frações nitrogenadas e de carboidratos, além de avaliar as respectivas alterações para silagens de sorgo, em função da adição de doses de uréia e de dois períodos de armazenamento.

### **Material e Métodos**

O experimento foi desenvolvido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA, e, a segunda, na Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG.

Na primeira etapa, foi utilizado, para a ensilagem, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) forrageiro BR601. O sorgo foi cultivado de forma que sempre se mantivesse o fornecimento de água. Foi realizada uma fertilização à base de nitrogênio e de fósforo na área para cultivo do sorgo. A ensilagem foi realizada quando os grãos de sorgo se apresentaram com consistência leitosa a pastosa. Assim, o material usado para ensilar se apresentou heterogêneo com plantas com mais avançado estágio de maturação que outras.

O sorgo teve como característica um baixo teor de matéria seca (20,8%) decorrente do estágio de colheita da planta para ensilar.

O experimento foi implantado no delineamento inteiramente casualizado com a utilização de um esquema fatorial 4 x 2, sendo 4 doses de uréia (0, 2,5, 5 e 7,5% com base na MS) e dois períodos de armazenamento (30 e 60 dias), com 4 repetições.

O material foi picado em ensiladeira regulada para cortar a forragem em pedaços de aproximadamente 1 cm. Em seguida, o material foi transportado para o laboratório de forragicultura da UESB, espalhado sobre lona plástica e separado nas quantidades necessárias para enchimento dos silos experimentais e para a adição das doses de uréia, para cada uma das parcelas nos tratamentos designados. A uréia foi adicionada na forma granulada e misturada ao material de forma homogênea.

O material para ensilar foi armazenado em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bünsen, para saída de gases oriundos da fermentação. A compactação foi realizada do modo a se obter uma densidade de 600 kg de material/m<sup>3</sup> e os silos foram vedados, imediatamente.

Após os períodos de armazenamento, os silos foram abertos para a retirada de amostras das silagens, que foram congeladas para, posteriormente, serem transportadas para o laboratório de forragicultura do departamento de zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras das silagens foram pré-secas conforme método adotado por Neiva (1995), consistindo na utilização de estufa de circulação forçada de ar com temperatura controlada a 45°C por tempo suficiente para redução da umidade do material de forma que o mesmo 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 das mesmas serem levadas para a estufa. As amostras foram moídas em seguida em moinho com peneiras de 1 mm e armazenadas para se proceder as análises químicas.

Os teores de proteína bruta e de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram determinados conforme Silva & Queiroz (2002). A fração B3 da proteína foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA, ao passo que a proteína verdadeira solúvel em detergente neutro (frações B1+B2), pela diferença entre o N insolúvel em TCA, determinado conforme Pereira & Rossi (1994) e o NIDN.

A porcentagem de carboidratos totais (CHO) foi obtida pela equação (Sniffen et al., 1992):  $CHO = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$ . Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN isenta de cinzas e proteínas (FDNcp); os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CHO e a FDNcp (Hall, 2003); e a fração C, a partir da multiplicação do teor de lignina pelo fator 2,4 (Fox et al., 2003). A fração B2, ou seja, a fração disponível da fibra foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo referente às doses de uréia aplicada na ensilagem do sorgo e aplicação de teste F para o fator qualitativo referente aos períodos de armazenamento. No estudo de regressão através de polinômios ortogonais, foram considerados na escolha dos modelos: os coeficientes de determinação, a significância e o comportamento esperado para a variável em questão. Foi adotado o nível de significância de 5% de probabilidade e foi utilizado o programa SAEG (UFV, 2000), versão 8.0 para a realização das análises estatísticas.

### Resultados e Discussão

Os teores de proteína bruta (PB) e das frações nitrogenadas das silagens experimentais podem ser vistos, respectivamente nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5.

Tabela 1 - Teores de proteína bruta de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Proteína bruta (%MS)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	7,8	15,2	23,3	32,0	19,6
60	8,3	15,9	24,6	31,5	20,1
Média	8,0	15,5	24,0	31,8	19,8

Tabela 2 - Teores da fração A (%PB) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração A (%PB)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	58,7	77,4	86,0	87,9	77,5
60	56,9	76,7	83,4	86,7	75,9
Média	57,8	77,0	84,7	87,3	76,7

Tabela 3 - Teores da fração B1+B2 (%PB) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração B1+B2 (%PB)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	23,0	12,8	7,5	6,8	12,5
60	23,1	11,7	8,5	7,1	12,6
Média	23,1	12,2	8,0	6,9	12,6

Tabela 4 - Teores da fração B3 (%PB) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração B3 (%PB)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	7,4	6,1	4,2	3,6	5,3
60	9,2	7,4	4,4	4,0	6,2
Média	8,3	6,8	4,3	3,8	5,8

Tabela 5 - Teores da fração C (%PB) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração C (%PB)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	11,2	5,8	3,5	3,0	5,9
60	12,0	7,0	3,8	2,7	6,4
Média	11,6	6,4	3,6	2,8	6,1

Observando-se a análise de variância (Tabela 6A), pode ser verificado que houve efeito ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de PB e das frações nitrogenadas A, B1+B2, B3 e C, em função das doses de uréia. Para as mesmas variáveis, não houve efeito ( $P > 0,05$ ), em função dos períodos de armazenamento, exceto para o efeito ( $P < 0,05$ ) sobre a fração A. Não houve

efeito ( $P>0,05$ ) de interação de doses de uréia com períodos de armazenamento sobre os teores de PB e das frações nitrogenadas (Tabela 6A).

Os valores para os teores de PB e para as frações nitrogenadas (A, B1+B2, B3 e C) e as equações de regressão das silagens, em função das doses de uréia, são apresentados na Tabela 3B.

Houve efeito linear positivo ( $P<0,05$ ) para os teores de PB, em função das doses de uréia, explicado pela adição de nitrogênio não protéico (NNP), em doses crescentes, via amonização. O mesmo efeito foi observado para a fração A, sendo as variações nesta fração ilustradas na Figura 1.

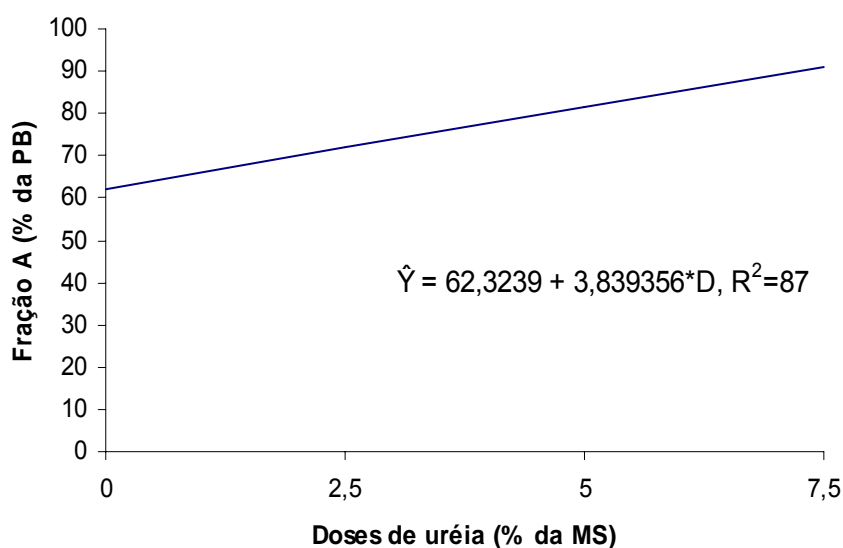


Figura 1 – Teores da fração A (%PB) das silagens em função das doses de uréia

\*  $P<0,05$  pelo teste F.

O aumento dos teores de PB e da fração A, em alimentos volumosos amonizados em relação aos não amonizados, foi observado por Rosa et al. (1998) e por Bertipaglia et al. (2005). A maior parte do nitrogênio adicionado como uréia, em culturas a serem ensiladas, é recuperada, tanto como uréia ou como nitrogênio na forma de amônia (Ryley, 1967).

O teor médio da fração A (%PB) de 57,8%, encontrado no presente estudo, nas silagens produzidas sem a adição de uréia, é numericamente superior, respectivamente, em 1,6 e 13,3% ao valor encontrado por Cabral et al. (2004), nas silagens de capim elefante e de silagem de milho. Mello & Nornberg (2004) encontraram 47,7% de teor da fração A (%PB), para silagem de sorgo. Este valor é numericamente inferior ao encontrado para silagem de sorgo produzida sem a adição de uréia (84,7%), no presente estudo. Possivelmente, devido à proteólise que pode ocorrer durante a ensilagem, grande porção da proteína da planta pode ser convertida a NNP (Van Soest, 1994). Entretanto, os valores elevados da fração A, nas silagens produzidas com a adição de uréia (Tabela 2), em relação aos valores da mesma fração nas silagens produzidas sem a adição de uréia, pode ser devido, principalmente, à adição de NNP oriundo da adição de uréia.

As silagens produzidas com a adição de uréia podem ser consideradas como fontes de NNP, fundamental para o bom funcionamento ruminal, uma vez que os microrganismos do rúmen, fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de nitrogênio (Russell et al., 1992). Além do mais, a fração A da proteína bruta, também é utilizada pelos microrganismos que degradam carboidratos não estruturais (Fox et al., 2003). Entretanto, altas proporções de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas, se houver a falta de esqueleto de carbono prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana.

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 6A), o período de armazenamento teve influência ( $P < 0,05$ ) sobre o teor da fração A (%PB). A diferença da fração A, nos dois períodos de armazenamento, está ilustrada na Figura 2.

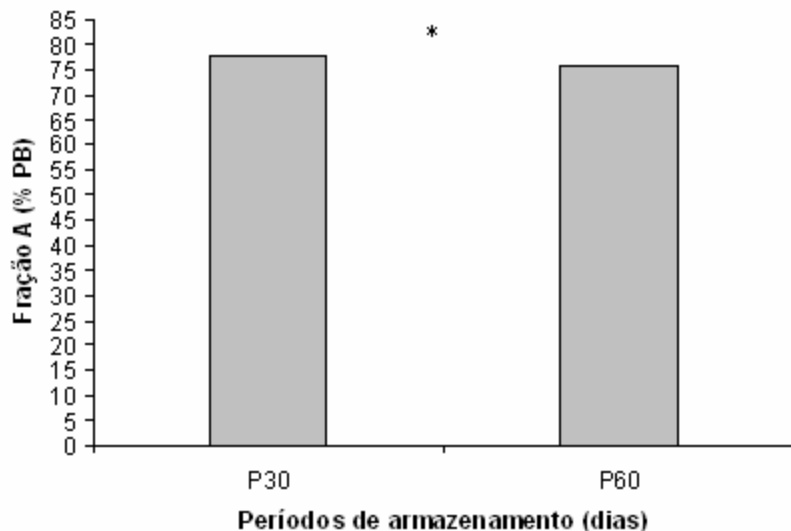


Figura 2 – Teores da fração A (%PB) das silagens, em função dos períodos de armazenamento

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

A diminuição do teor da fração A (%PB) no período mais prolongado de armazenamento, pode ser explicada pelos mais altos teores dos constituintes da parede celular, notadamente FDN e FDA, nas silagens experimentais oriundas do período de 60 dias de armazenamento (Figura 7 do capítulo 1 desta tese), decorrente, possivelmente, da diminuição de compostos do conteúdo celular, por ocasião de proteólise durante a ensilagem (Van Soest, 1994). Esta proteólise pôde ser constatada, no presente estudo, pelos teores mais elevados de N-NH<sub>3</sub>, nas silagens produzidas por período de armazenamento de 60 dias, em relação aos valores de N-NH<sub>3</sub> nas silagens produzidas por período de 30 dias (Figura 15 do capítulo 1 desta tese).

Houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores da fração B1+B2, em função das doses de uréia (Figura 3).

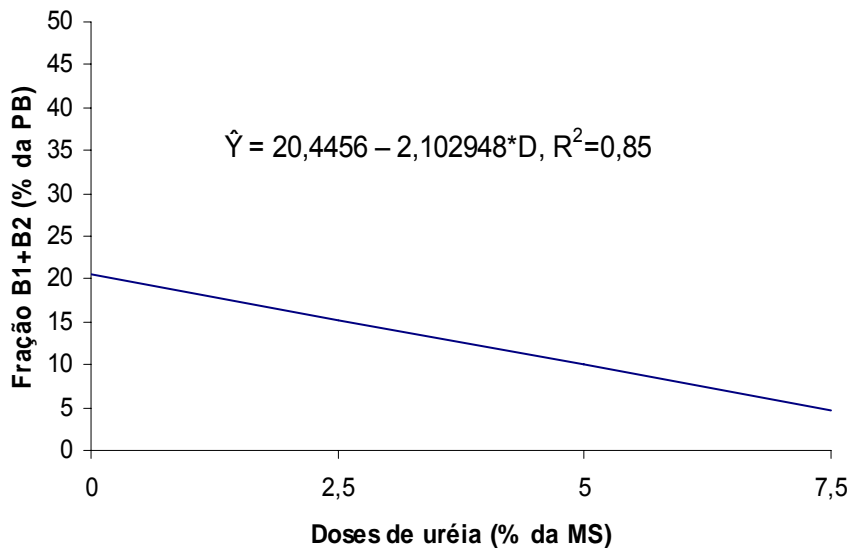


Figura 3 – Teores da fração B1+B2 (%PB) das silagens em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Bertipaglia et al. (2005) não encontraram alteração para os teores da fração B1+B2 em feno de *Brachiaria brizantha* amonizado, em relação ao feno não amonizado.

Teores de 22,4 e 34,6% da fração B1+B2, respectivamente, para silagens de capim elefante e de milho, produzidas sem a adição de uréia, foram observados por Cabral et al. (2004). No presente estudo, foi encontrado teor de 23,1% da fração B1+B2, nas silagens produzidas sem a adição de uréia. A fração B1+B2 apresenta rápida taxa de degradação ruminal, em relação à fração B3, podendo ser extensivamente degradada no rúmen e contribuir para o atendimento dos requisitos em nitrogênio dos microrganismos ruminais (Sniffen et al., 1992). Entretanto, os teores desta fração são reduzidos com a adição de uréia na ensilagem de sorgo.

Houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores da fração B3, em função das doses de uréia (Figura 4). O teor de 8,3% da fração B3, encontrado para silagens produzidas sem a adição de uréia, é intermediário aos teores de 5, e 14,8%, encontrados por Cabral et al. (2004), respectivamente, para silagem de capim elefante e de milho.

A diminuição do teor da fração B3 (%PB), nas silagens produzidas com a adição de uréia, em relação ao teor da mesma, nas silagens produzidas sem a adição de uréia, pode ser explicada, possivelmente, pela diminuição ocorrida nos teores de FDN e FDA, nas silagens produzidas com a adição de uréia, como também pelo aumento da fração A nestas. A diminuição da fração B3 em materiais amonizados foi observada por Bertipaglia et al. (2005). Esta fração representa as proteínas de ligação da parede celular, que possuem lenta taxa de degradação e são digeridas principalmente nos intestinos.

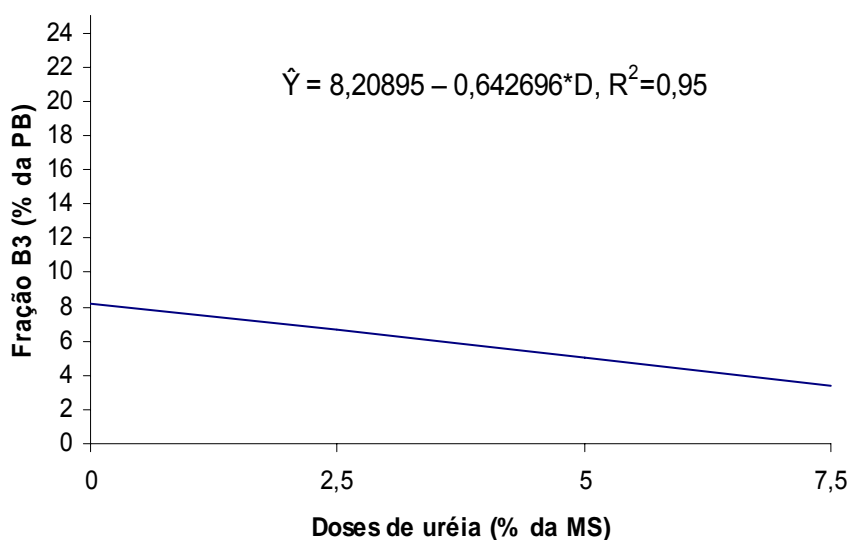


Figura 4 – Teores da fração B3 (%PB) das silagens, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Quanto à fração C da proteína bruta, houve efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ), em função das doses de uréia (Figura 5). Esta fração representa a proteína associada à lignina e é indigestível para os microrganismos ruminais. Nesse aspecto, Bertipaglia et al. (2005) observaram diminuição dos teores da fração C, na amonização de feno de *Brachiaria brizantha*, em relação ao feno não amonizado. Fato similar foi observado por Souza et al (2001), na amonização da casca de café. Assim, a diminuição da fração C, com a adição de fonte de amônia, no tratamento de alimentos volumosos, é benéfica do ponto de vista de

melhoria do valor nutritivo dos mesmos, uma vez que, a quantidade de nitrogênio para digestão é aumentada. Logo, as silagens de sorgo produzidas com a adição de uréia, podem ser consideradas como fonte de maior quantidade de nitrogênio disponível para digestão pelos microrganismos ruminais, em relação às silagens produzidas sem a adição de uréia.

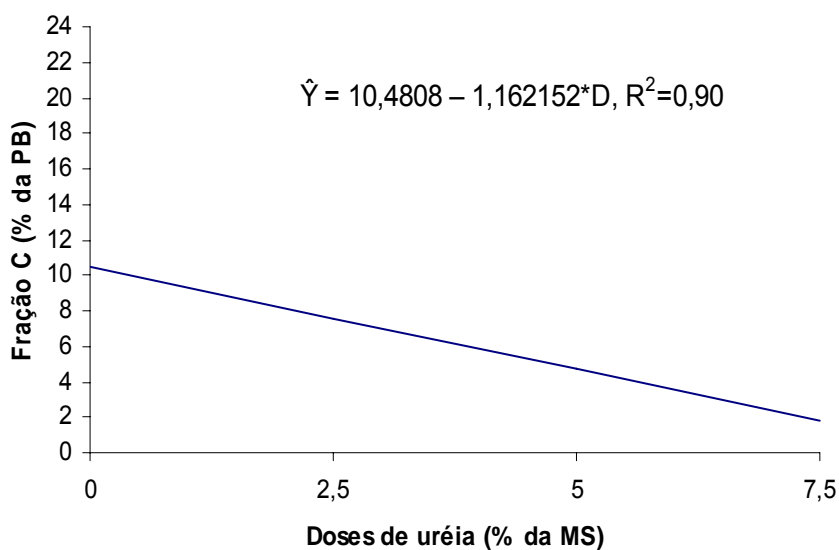


Figura 5 – Teores da fração C (%PB) das silagens, em função das doses de uréia

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

Os teores de carboidratos totais das silagens experimentais se encontram na Tabela 7. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) das doses de uréia sobre o teor de carboidratos totais (Tabela 7A). Entretanto, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos períodos de armazenamento e nem da interação doses de uréia e de períodos de armazenamento sobre o teor de carboidratos totais (Tabela 7A).

Tabela 7 - Teores médios dos carboidratos totais (%) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Teores de carboidratos totais (%)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	84,7	77,0	69,8	60,9	73,1
60	84,8	76,4	69,1	62,5	73,2
Média	84,7	76,7	69,5	61,7	73,2

Por meio do estudo de regressão para o teor de carboidratos totais (CHO) das silagens (Tabela 4B), foi constatado efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para o teor de CHO em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo reduz o teor de CHO das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, o teor de CHO das silagens diminuiu em 3,05 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação no teor de CHO das silagens, em função das doses de uréia, foi explicada em 99% pela equação de regressão. Na Figura 6 podem ser observadas as variações dos teores de CHO das silagens, em função das doses de uréia.

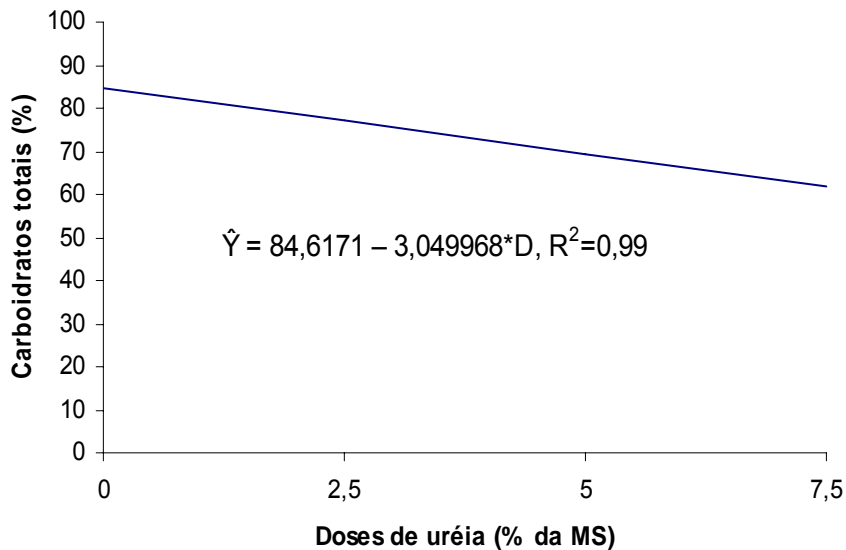


Figura 6 – Estimativas dos teores de carboidratos totais (CHO) das silagens, em função das doses de uréia

\*P<0,05 pelo teste F.

Esta diminuição do teor de CHO pode ser explicada pelo aumento acentuado do teor de PB das silagens produzidas com a adição de uréia (Tabela 1), uma vez que, na estimativa do teor de CHO, quanto maior o teor de PB menor será o teor de CHO (Sniffen et al., 1992).

Os teores de CHO (84,7%) nas silagens produzidas sem a adição de uréia são próximos aos encontrados por Cabral et al. (2004), para silagem de milho (84,4%), e maiores em relação aos encontrados pelo mesmo autor, para silagem de capim elefante (80,8%). Mello & Nornberg (2004), encontraram 87,2% de CHO (%MS), para silagem de sorgo. Este valor é numericamente superior ao encontrado para silagem de sorgo produzida sem a adição de uréia (84,7%), no presente estudo.

Os teores da fração A+B1 das silagens podem ser vistos na Tabela 8. Houve efeito (P<0,05) das doses de uréia sobre o teor da fração A+B1 (Tabela 7A). Houve efeito (P<0,05) dos períodos de armazenamento sobre o teor da fração A+B1. Não houve efeito

( $P > 0,05$ ) de interação entre doses de uréia e períodos de armazenamento sobre o teor desta fração (Tabela 7A).

Tabela 8 - Teores médios da fração A+B1 (%CHO) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração A+B1 (%CHO)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	24,9	21,7	15,2	3,7	16,4
60	23,0	19,2	11,2	4,0	14,3
Média	23,9	20,5	13,2	3,8	15,4

Por meio do estudo de regressão para os teores da fração A+B1 das silagens (Tabela 4B), foi constatado efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para os teores da fração A+B1, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo reduz o teor da fração A+B1 das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, o teor da fração A+B1 das silagens diminuiu em 2,70 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores da fração A+B1 das silagens em função das doses de uréia, foi explicada em 96% pela equação de regressão. Na Figura 7, podem ser observadas as variações dos teores da fração A+B1 das silagens em função das doses de uréia.

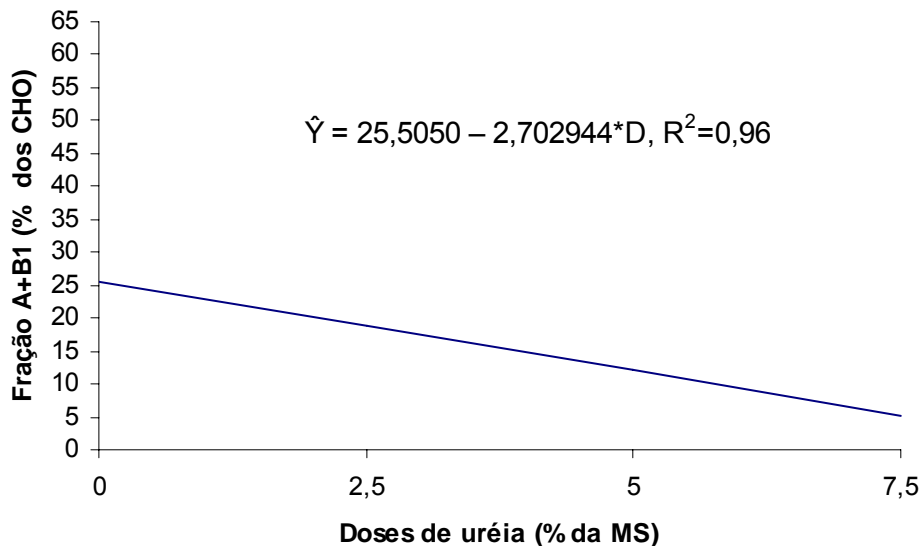


Figura 7 – Estimativas dos teores da fração A+B1 (%CHO) das silagens em função das doses de uréia

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

A diminuição dos teores da fração A+B1 pode ser explicada pelo aumento proporcional do teor da fração disponível da fibra em detergente neutro (B2), em função da adição de doses crescentes de uréia na ensilagem do sorgo (Tabela 9 e Figura 9).

Os teores da fração A+B1 (23,94%), nas silagens produzidas sem a adição de uréia são intermediários aos encontrados por Cabral et al. (2004), para silagem de milho (37,05%) e para silagem de capim elefante (14,74%).

A fração A+B1 representa os carboidratos não fibrosos que são utilizados pelos microrganismos fermentadores de carboidratos não fibrosos, que aumentam a demanda em proteína degradada no rúmen, para atender aos requisitos em nitrogênio destes microrganismos.

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 7A), o período de armazenamento teve influência sobre o teor da fração A+B1. A diferença da fração A+B1, nos dois períodos de armazenamento, está ilustrada na Figura 8.

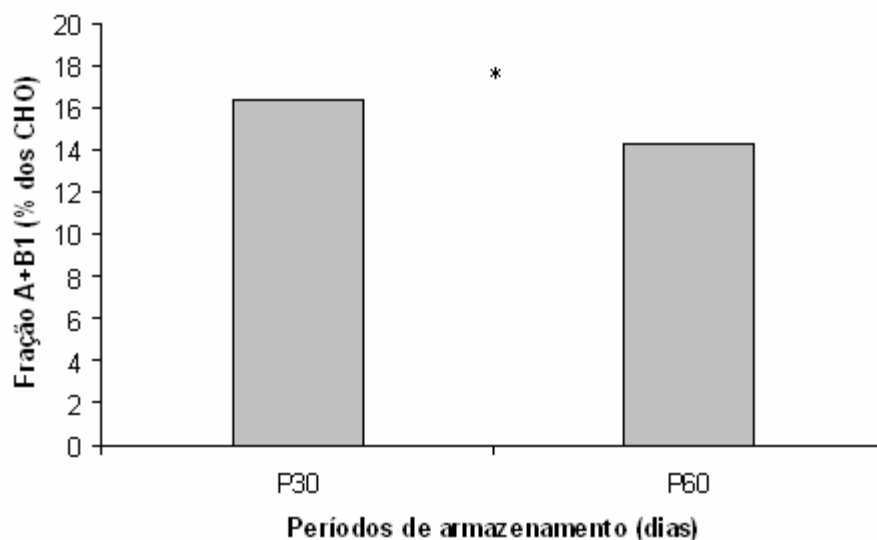


Figura 8 – Teores da fração A+B1 (%CHO) das silagens, em função dos períodos de armazenamento

\*  $P < 0,05$  pelo teste F.

A diminuição do teor da fração A+B1, no período mais prolongado de armazenamento, está em consonância com o aumento dos teores de fibra em detergente neutro, nas silagens experimentais produzidas com o período de 60 dias de armazenamento (Figura 7 do capítulo 1 desta tese).

Os teores da fração B2 das silagens podem ser vistos na Tabela 9. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) das doses de uréia sobre o teor da fração B2 (Tabela 7A). Entretanto, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos períodos de armazenamento sobre o teor da fração B2, e, também, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre doses de uréia e períodos de armazenamento sobre o teor desta fração (Tabela 7A).

Tabela 9 - Teores médios da fração B2 (%CHO) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração B2 (%CHO)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	61,4	66,8	73,2	83,5	71,2
60	65,0	68,7	74,2	81,1	72,2
Média	63,2	67,7	73,7	82,3	71,7

Por meio do estudo de regressão para os teores da fração B2 das silagens (Tabela 4B), foi constatado efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para os teores da fração B2, em função das doses de uréia, ou seja, o aumento da dose de uréia aplicada na ensilagem de sorgo aumenta o teor da fração B2 das silagens. Para cada unidade de uréia adicionada na ensilagem de sorgo, no intervalo experimental considerado, o teor da fração B2 das silagens aumentou em 2,47 unidades percentuais, em média. A porcentagem de variação nos teores da fração B2 das silagens, em função das doses de uréia, foi explicada em 97% pela equação de regressão. Na Figura 9, podem ser observadas as variações dos teores da fração B2 das silagens, em função das doses de uréia.

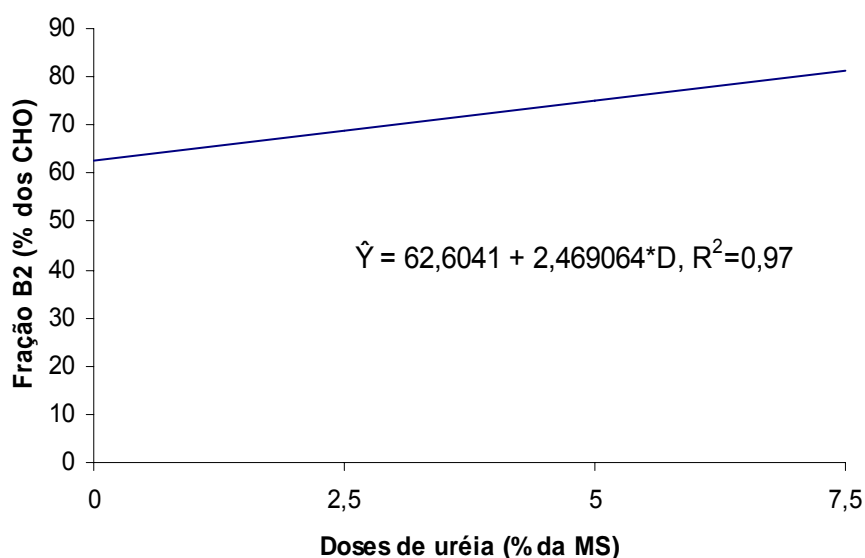


Figura 9 – Teores da fração B2 (%CHO) das silagens em função das doses de uréia

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

O aumento dos teores da fração B2, nas silagens produzidas com a adição de uréia, em relação aos teores da mesma nas silagens produzidas sem a adição de uréia, representa maior disponibilidade de carboidratos fibrosos potencialmente digestíveis. Isto pode ser explicado como reflexo das alterações benéficas sobre os constituintes da parede celular, em função da adição de uréia na ensilagem de sorgo, ou seja, redução dos teores de FDN e

FDA (Figuras 4 e 6 do capítulo 1). Porém, alimentos com elevado teor da fração B2 provoca maior demanda de nitrogênio não protéico, para atender aos requisitos de microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais (Russel et al., 1992).

Os teores da fração B2 (63,0%), nas silagens produzidas sem a adição de uréia, são maiores do que os encontrados por Cabral et al. (2004), para silagem de milho (39,9%) e para silagem de capim elefante (51,7%).

Os teores da fração C das silagens se encontram na Tabela 10. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) da interação doses de uréia com períodos de armazenamento sobre o teor da fração C (Tabela 7A). Para a mesma variável, houve efeito ( $P < 0,05$ ) tanto para doses de uréia quanto para períodos de armazenamento.

Tabela 10 - Teores médios da fração C (%CHO) de silagens de sorgo produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Período de armazenamento (dias)	Fração C (%CHO)				Média
	Doses de uréia (% MS)				
	0	2,5	5,0	7,5	
30	12,7	11,5	11,6	12,8	12,1
60	12,0	12,1	14,6	14,9	13,4
Média	12,3	11,8	13,1	13,8	12,8

O estudo de regressão foi realizado considerando as doses de uréia sobre os teores da fração C, dentro de cada um dos períodos de armazenamento (Tabela 4B).

O efeito quadrático foi testado para o estudo de regressão para a variável dependente fração C, dentro do período de armazenamento de 30 dias, não sendo detectada significância para o mesmo.

Houve efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para os teores de fração C, em função das doses de uréia no período de armazenamento de 60 dias. A porcentagem de variação nos teores da fração C, em função das doses de uréia, dentro do período de armazenamento de 60 dias, foi explicada em 86% pela equação de regressão. Na Figura 10, pode ser observada a representação gráfica da regressão, para os teores da fração C nas silagens, em função das doses de uréia, dentro do período de armazenamento de 60 dias.

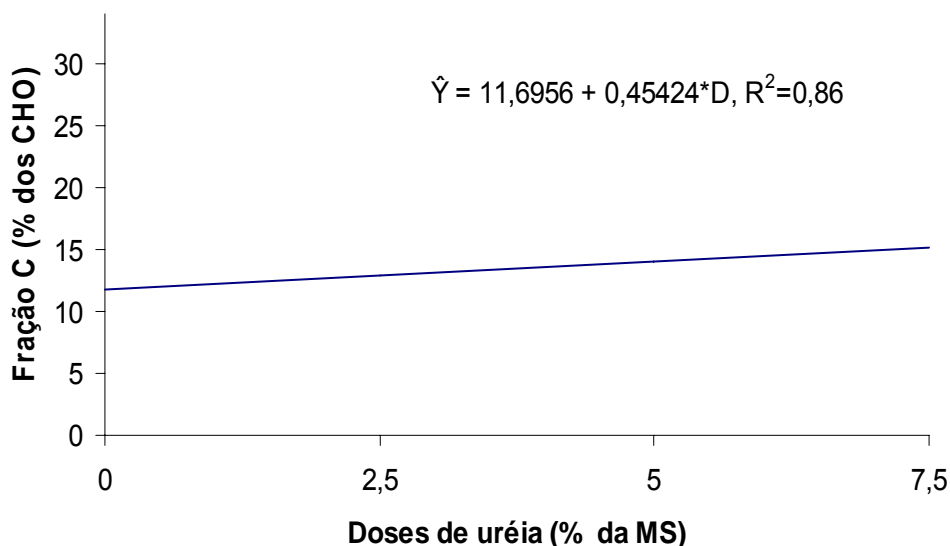


Figura 10 – Teores da fração C (%CHO) das silagens em função das doses de uréia, dentro do período de armazenamento de 60 dias

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

Em relação aos teores da fração C, observados para as silagens experimentais, em função das doses de uréia, dentro do período de armazenamento de 30 dias, pode ser observado que, numericamente, o teor de 12,7% desta fração, para silagem produzida sem a adição de uréia, foi maior que o teor de 12,0%, para silagem produzida sem a adição de uréia, no período de 60 dias. Possivelmente, isto decorre do maior teor de lignina ( $P < 0,05$ ) na silagem produzida sem a adição de uréia, no período de 30 dias (Figura 11 do capítulo 1), em relação ao teor de lignina na silagem produzida, sem a adição de uréia, no período de 60 dias.

O aumento dos teores da fração C, nas silagens produzidas com a adição de uréia, no período de armazenamento de 60 dias, em relação aos teores da mesma, nas silagens produzidas sem a adição de uréia, pode ser explicado pelo efeito de diluição, constatado pela diminuição acentuada do teor de CHO, em função das doses de uréia (Figura 6).

Os teores da fração C (Tabela 10), nas silagens do presente estudo, são menores do que os encontrados por Cabral et al. (2004), para silagem de milho (23,0%) e para silagem de capim elefante (33,6%).

Como demonstrado pela análise de variância (Tabela 7A), o período de armazenamento teve influência significativa sobre o teor da fração C, dentro de cada dose de uréia. A diferença da fração C, nos dois períodos de armazenamento, dentro de cada dose de uréia, está ilustrada na Figura 11.

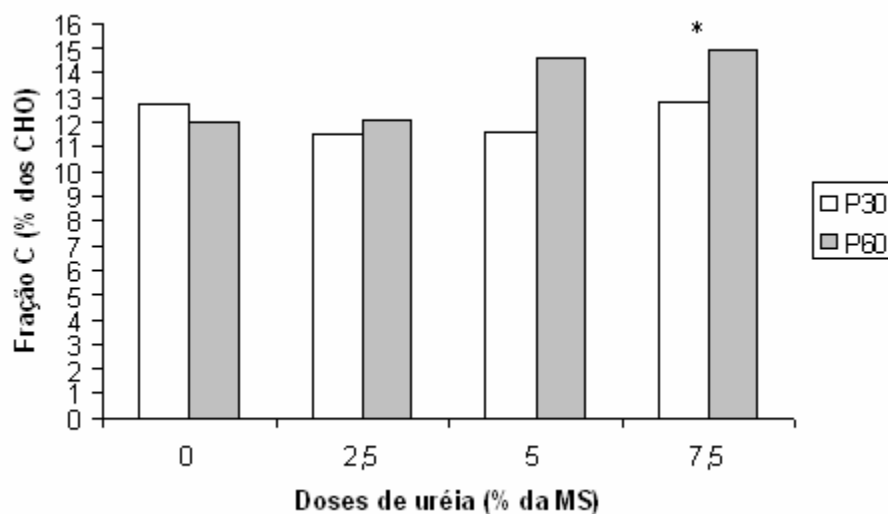


Figura 11 – Teores da fração C (%CHO) nas silagens de sorgo, em função dos períodos de armazenamento, dentro de cada dose de uréia

\* $P < 0,05$  pelo teste F.

### Literatura Citada

- BERTIPAGLIA, L. M. A.; DE LUCA, S.; MELO, G.M.P. et al. Avaliação de fontes de urease na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.378-386, 2005.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, e o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.573-1580, 2004.

- FOX, DG.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. et al. Sistema de carboidratos e proteínas 'líquidos' para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0): documentação do Modelo CNCPS. / Danny Gene Fox ... [et al.]; tradução de Fernando César Ferraz Lopes ... [et al.] – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p.
- 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. Viçosa, MG. 1998, p.33-61.
- HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226–3232, 2003.
- MELLO, R.; NORNBORG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.
- NEIVA, J.N.M. **Valor nutritivo da silagem e do rolão de milho (*Zea mays* L.) amonizados**. Viçosa: UFV, 1995. 122p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JR., P.P. **Manual de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. 34p.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. et al. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p. 666-673, 2001.
- RYLEI, J.W. Silage with urea. In: BRIGGS, M.H. (Ed.) **Protein supplement**. Oxford: Pergamon Press, 1967. p.391-410.
- ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. Maringá, PR. 2001. p. 40-63.
- ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. et al. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.815-822, 1998.

- RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551-3581, 1992.
- SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A.L.; GARCIA, R; PEREIRA, O.G. et al. Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.3, p.983-991, 2001.
- TITTERTON, M.; BAREEBA, F.B. Grass and legume silages in the tropics. In: BATELLO, C. et al. (Ed.) FAO Electronic Conference on Tropical Silage. 1999.
- UNIVERSIDADE FERDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG** – Sistema de análise estatística e genética. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.

## CONCLUSÕES GERAIS

Ocorre melhoria no valor nutritivo de silagem de sorgo produzida com a adição de uréia, por meio do incremento de proteína bruta, redução dos teores dos constituintes da parede celular e aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

A adição de uréia reduz perdas de matéria seca no processo de ensilagem de sorgo.

Silagem de sorgo com bom perfil de fermentação pode ser obtida com a adição de uréia na ensilagem.

A adição de uréia na ensilagem do sorgo diminui a fração do nitrogênio indigestível (com base na matéria seca) das silagens.

O teor de carboidratos totais é reduzido com a adição de uréia na ensilagem de sorgo.

A fração da fibra em detergente neutro disponível (fração B2) como fonte de energia para microrganismos do rúmen é aumentada com a adição de uréia na ensilagem de sorgo.

O teor da fração C dos carboidratos é maior no período de armazenamento de 60 dias na dose de 7,5% de uréia.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A

Tabela 1A - Resumo das análises de variâncias dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de silagens de sorgo produzidas com a adição de doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio		
		MS	PB	DIVMS
Dose	3	3,416*	847,777*	138,4307*
Período	1	0,318	2,211	2,214144
Dose vs período	3	0,108	1,139	4,691944
Resíduo	24	0,740	1,670787	1,790661
Total	31			
CV (%)		3,85	6,52	1,93

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 2A - Resumo da análise de variância dos teores proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de silagens de sorgo produzidas com a adição de doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio	
		PIDN	PIDA
Dose	3	0,1576137*	0,01405313
Período	1	1,225825*	0,06261165
Dose vs período	3	0,02417865	0,05371919
Resíduo	24	0,04948658	0,03811399
Total	31		
CV (%)		13,09	21,12

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 3A - Resumo da análise de variância dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de sorgo produzidas com a adição de doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio		
		FDN	FDNcp	FDA
Dose	3	41,15441*	39,58841*	29,80980*
Período	1	25,17320*	22,36023*	33,51402*
Dose vs período	3	0,5037648	0,2655705	0,4510400
Resíduo	24	0,8378173	0,9564887	1,100585
Total	31			
CV (%)		1,47	1,60	2,81

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 4A - Resumo da análise de variância dos teores de hemicelulose, celulose e lignina de silagens de sorgo produzidas com a adição de doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio		
		hemicelulose	celulose	lignina
Dose	3	0,9990060	20,47730*	0,9180819*
Período	1	0,5957359	23,08851*	0,9691818*
Dose vs período	3	0,2476245	1,477460	0,4766499
Resíduo	24	0,6304638	1,012773	0,1635398
Total	31			
CV (%)		3,18	3,01	10,45

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 5A - Resumo da análise de variância dos teores de nitrogênio amoniacal (% N total), dos valores de pH e dos teores de carboidratos solúveis (CHOS) de silagens de sorgo produzidas com a adição de doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio		
		N-NH <sub>3</sub>	pH	CHOS
Dose	3	300,1804*	919,8646*	0,2045583
Período	1	41,97136*	26,28125*	0,1863101
Dose vs período	3	8,539437	6,864583*	0,1164419
Resíduo	24	2,998323	1,739583	0,1841728
Total	31			
CV (%)		8,99	0,34	56,18

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 6A - Resumo das análises de variâncias da proteína bruta (PB) e das frações nitrogenadas (A, B1+B2, B3 e C) de silagens produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio				
		PB	A	B1+B2	B3	C
Dose	3	847,777*	1418,751*	433,9448*	36.07268*	125,2540*
Período	1	2,211	20,43054*	0,04074789	6,465242	2,009209
Dose vs período	3	1,139	1,338197	1,459794	1,056620	0,8750828
Resíduo	24	1,670787	4,047237	2,662078	1,524748	0,7345835
Total	31					
CV (%)		6,52	2,62	12,99	21,29	14,00

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 7A - Resumo das análises de variâncias das frações dos carboidratos (A+B1, B2 e C) de silagens produzidas com doses crescentes de uréia em dois períodos de armazenamento

Fonte de Variação	gl	Quadrado médio			
		CHO	A+B1	B2	C
Dose	3	775,4576*	632,4418*	522,4143*	6,447155*
Período	1	8,970192	32,81479*	4,658375	12,74556*
Dose vs período	3	2,259585	6,497655	10,12433	5,488197*
Resíduo	24	0,8154240	4,123857	5,824966	1,784448
Total	31				
CV (%)		1,23	13,21	3,36	10,46

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 1B – Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) obtidos para as silagens de sorgo em função das doses de uréia

Variável	Doses (%)				Médi a	CV	Efeito	P	Equação	R <sup>2</sup>
	0	2,5	5,0	7,5						
MS	23,2	22,5	21,7	22,1	22,4	3,21	Q	0,05	$\hat{Y} = 23,2699 - 0,492456*D + 0,0433056*D^2$	0,90
PB <sup>1</sup>	8,0	15,5	24,0	31,8	19,8	6,52	L	0,05	$\hat{Y} = 7,86976 + 3,18884*D$	0,99
PIDN <sup>1</sup>	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7	13,09	L	0,05	$\hat{Y} = 1,53857 + 0,0428068*D$	0,97
PIDA <sup>1</sup>	0,94	0,96	0,87	0,91	0,92	21,12			$\hat{Y} = 0,92$	
FDN <sup>1</sup>	65,4	62,0	61,3	60,2	62,2	1,47	L	0,05	$\hat{Y} = 64,6873 - 0,657308*D$	0,87
FDNcp <sup>1</sup>	64,4	61,0	60,3	59,3	61,3	1,60	L	0,05	$\hat{Y} = 63,6813 - 0,641168*D$	0,87
FDA <sup>1</sup>	40,0	37,1	36,3	35,6	37,3	2,81	L	0,05	$\hat{Y} = 39,3624 - 0,56018*D$	0,88
HEM <sup>1</sup>	25,4	24,8	24,9	24,7	25,0	3,18			$\hat{Y} = 24,99$	
CEL <sup>1</sup>	35,6	33,3	32,5	32,0	33,3	3,01	L	0,05	$\hat{Y} = 35,1393 - 0,466228*D$	0,88
LIG <sup>1</sup>	4,3	3,8	3,8	3,6	3,9	10,45	L	0,05	$\hat{Y} = 4,22289 - 0,0939172*D$	0,80
DIVMS <sup>1</sup>	64,0	68,59	72,2	73,1	69,4	1,93	L	0,05	$\hat{Y} = 64,7755 + 1,244672*D$	0,93

<sup>1</sup>% na matéria seca; MS: matéria seca (%); CV: coeficiente de variação; Q = quadrático; L = linear.

Tabela 2B – Teores médios de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e carboidratos solúveis em água (CHOS) obtidos para as silagens em função das doses de uréia e dos valores de pH obtidos para as silagens em função das doses de uréia dentro dos períodos de 30 (pHD/P30) e 60 dias (pHD/P60)

Variável	Doses				Média	CV	Efeito	P	Equação	R <sup>2</sup>
	0	2,5	5,0	7,5						
N-NH <sub>3</sub>	11,3	26,1	20,9	18,7	19,2	8,99	Q	0,05	$\hat{Y} = 12,4642 + 5,7208*D - 0,6789392*D^2$	0,77
pH	3,70	3,87	3,93	3,96	3,86	0,34	L	0,05	$\hat{Y} = 3,7365 + 0,0840*D$	0,87
D/P30d										
pH	3,74	3,89	3,93	3,96	3,88	0,34	L	0,05	$\hat{Y} = 3,7745 + 0,07075*D$	0,86
D/P60d										
CHOS	0,19	0,23	0,23	0,31	0,25	56,18			$\hat{Y} = 0,25$	

Tabela 3B – Teores médios de proteína bruta (%MS), das frações de nitrogênio não protéico (A), da proteína verdadeira solúvel e insolúvel em borato fosfato (B1+B2), da proteína potencialmente degradável (B3) e da proteína insolúvel em detergente ácido (C) obtidas para as silagens em função das doses de uréia

Frações protéicas	Doses				Média	CV (%)	Efeito	P	Equação	R <sup>2</sup>
	0	2,5	5,0	7,5						
A <sup>1</sup>	57,8	77,1	84,7	87,3	76,7	2,62	L	0,05	$\hat{Y} = 62,3239 + 3,839356*D$	0,87
B1+B2 <sup>1</sup>	23,1	12,2	8,0	6,9	12,6	12,99	L	0,05	$\hat{Y} = 20,4456 - 2,102948*D$	0,85
B3 <sup>1</sup>	8,3	6,8	4,3	3,8	5,8	21,29	L	0,05	$\hat{Y} = 8,20895 - 0,642696*D$	0,95
C <sup>1</sup>	11,6	6,4	3,6	2,8	6,1	14,00	L	0,05	$\hat{Y} = 10,4808 - 1,162152*D$	0,90
PB	8,0	15,5	24,0	31,8	19,8	6,52	L	0,05	$\hat{Y} = 7,86976 + 3,18884*D$	0,99

<sup>1</sup>% da proteína bruta; CV: coeficiente de variação; L: Linear; Q: Quadrático.

Tabela 4B – Teores médios de carboidratos totais (%MS), das frações de carboidratos não fibrosos (A+B1), da fração digestível (B2) em fibra em detergente neutro obtidas para as silagens em função das doses de uréia e da fração indigestível (C) da fibra em detergente neutro obtida para as silagens em função das doses de uréia dentro dos períodos de 30 (C/P30) e 60 dias (C/P60)

Frações de carboidratos	Doses				Média	CV (%)	Efeito	P	Equação	R <sup>2</sup>
	0	2,5	5,0	7,5						
A+B1 <sup>1</sup>	23,94	20,47	13,21	3,84	15,36	13,21	L	0,05	$\hat{Y} = 25,5050 - 2,702944*D$	0,96
B2 <sup>1</sup>	63,22	67,74	73,67	82,32	71,68	3,36	L	0,05	$\hat{Y} = 62,6041 + 2,469064*D$	0,97
C/P30 <sup>1</sup>	12,71	11,46	11,61	12,77	12,46	9,41	Q	NS	-	-
C/P60 <sup>1</sup>	11,96	12,11	14,62	14,91	13,40	11,23	L	0,05	$\hat{Y} = 11,6956 + 0,45424*D$	0,86
CHO	84,74	76,74	69,49	61,74	73,17	1,23	L	0,05	$\hat{Y} = 84,6171 - 3,049968*D$	0,99

<sup>1</sup>% dos carboidratos totais; CV: coeficiente de variação; L: Linear; Q: Quadrático; NS: não significativo.