

**FERNANDA CIPRIANO ROCHA**

**NÍVEIS DE URÉIA, PERÍODOS DE AMONIZAÇÃO E AERAÇÃO SOBRE A  
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE “IN VITRO” DA  
MATÉRIA SECA DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE cv. NAPIER**

Tese 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  
2001

FERNANDA CIPRIANO ROCHA

**NÍVEIS DE URÉIA, PERÍODOS DE AMONIZAÇÃO E AERAÇÃO SOBRE A  
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE “IN VITRO” DA  
MATÉRIA SECA DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE cv. NAPIER**

Tese 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: 22 de março de 2001.

---

Prof. Odilon Gomes Pereira  
(Conselheiro)

---

Prof. Marcelo Teixeira Rodrigues  
(Conselheiro)

---

Prof. Sebastião C. Valadares Filho

---

Prof. Mário Fonseca Paulino

---

Prof. Rasmô Garcia  
(Orientador)

*“Tudo posso Naquele que me fortalece.”*  
Fp 4:13

*A meu pai Levi, e minha mãe Mari Luci pelo eterno incentivo.*

*Aos meus amores, Renato, Paula e Gabriel.*

*À minha avó Madalena, minha grande paixão.*

*Ao meu grande amor, Acyr.*

*A Pedro, Ângela, Wandeco e Ondina, minha segunda família.*

*Ao Fidel e ao Mingau.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização desse curso.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Rasmão Garcia pela oportunidade e confiança na realização dessa pesquisa, pela orientação e pela amizade.

Ao Professor Odilon Gomes Pereira pelos valiosos conselhos, pelas críticas e pelo apoio durante a realização desse trabalho.

Ao Professor Robledo de Almeida Torres, pela ajuda, pela paciência e pelas sugestões.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pelo auxílio na confecção das análises estatísticas.

Ao professor Marcelo Teixeira Rodrigues pelas sugestões.

Aos professores Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

Às eternas amigas Priscila e Carlinha, por compartilharem comigo cada etapa. Ao Adriano, grande amigo e “salvador” nos meus desesperos com o computador. À minha querida amiga Larissa, e a Leccicia

Ao Juquinha, meu mestre e amigo.

Aos novos amigos Damaris, André e Blitzen

Aos colegas Alessandra, Ana Clara, Andresinho, Bodão, Cristina, Dorismar, Emerson, Fabianno, Luciano Cabral, Renata, Roberta, Tabaco e Uislei.

Ao bolsista de iniciação científica Fernando pelo auxílio e amizade.

Aos professores Walter Yoshizo Okano e Ana Lúcia Salaro, do Departamento de Biologia Animal pelo empréstimo do potenciômetro. Ao professor César Reis, do Departamento de Química.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Monteiro, Vera, Valdir, Wellington, pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Setor de Agrostologia, especialmente ao Nicolau, e ao Zinho, funcionário do Setor de Bovinocultura. Ao Raimundo funcionário da Biblioteca Setorial.

## BIOGRAFIA

FERNANDA CIPRIANO ROCHA, filha de Levi Rocha e Mari Luci Cipriano Rocha, nasceu em 23 de abril de 1975, em Vitória, Espírito Santo.

Em março de 1999, graduou-se em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na UFV, na área de Forragicultura e Pastagem, submetendo-se à defesa de tese em março de 2001.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Efeito da adição da amonização sobre os constituintes da parede celular.....	6
2.2. Efeito da adição da amonização sobre a digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	9
2.2. Efeito da adição da amonização sobre os compostos nitrogenados.....	12
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Local e época de realização do experimento.....	15
3.2. Delineamento experimental.....	16
3.3. Adição da uréia .....	16
3.4. Coleta e preparo das amostras.....	17
3.5. Análises químicas.....	18
3.6. Análises estatísticas.....	18
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Características da silagem.....	19
4.2. Compostos nitrogenados.....	20



4.3. Constituintes da parede celular.....	24
4.2.1. Fibra em detergente neutro e hemicelulose.....	24
4.2.2. Fibra em detergente ácido, celulose e lignina.....	25
4.4. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	26
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

## RESUMO

ROCHA, Fernanda Cipriano, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Níveis de uréia, períodos de amonização e aeração sobre a composição química e digestibilidade “in vitro” da matéria seca da silagem de capim-elefante cv. Napier.** Professor orientador: Rasmô Garcia. Professores conselheiros: Odilon Gomes Pereira e Marcelo Teixeira Rodrigues.

A pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, objetivando determinar os efeitos da aplicação de diferentes níveis de uréia (0, 2, 4 e 6%), em combinação com diferentes períodos de amonização (30 e 60 dias) e aeração (0, 15, 30, 45 e 60 dias) sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* da silagem de capim-elefante (*Penisetum purpureum*, Schum) – cv. Napier colhido em avançado estado de maturidade. A amonização com uréia elevou ( $P < 0,01$ ) o pH da silagem de capim-elefante em função dos níveis aplicados. Observou-se efeito da interação períodos de amonização x períodos de aeração para fibra em detergente neutro ( $P < 0,01$ ), fibra em detergente ácido ( $P < 0,05$ ) e celulose ( $P < 0,05$ ). Para lignina e hemicelulose, verificou-se efeito ( $P < 0,01$ ) da interação níveis de uréia x períodos de amonização x períodos de aeração. A proteína bruta e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca foram influenciados ( $P < 0,01$ ) apenas pelos níveis crescentes de

uréia. Os conteúdos de NIDA foram influenciados pela interação níveis de uréia e períodos de amonização ( $P < 0,05$ ). O desenvolvimento de fungos foi verificado nos níveis 0 e 2% de uréia; portanto, não foram eficientes na conservação da silagem de capim-elefante. Os níveis de 4 e 6 % de uréia mostraram-se promissores para a amonização de silagens de capim-elefante, colhido em avançado estágio de maturidade, uma vez que promoveram efeitos benéficos no conteúdo de proteína bruta, NIDA e DIVMS, além de inibirem o crescimento de fungos nessas silagens.

## ABSTRACT

ROCHA, Fernanda Cipriano, M.S., Universidade Federal de Viçosa, march, 2001.  
**Urea levels, amonization periods, and aeration on the elephant-grass silage cv. Napier bromatological composition and dry matter “in vitro” digestibility.**  
Adviser: Rasmô Garcia. Committee Members: Odilon Gomes Pereira e Marcelo Teixeira Rodrigues.

The research was developed in the Department of Zootecnia, of the Federal University of Viçosa, with the objective of determining the effects of the application of different urea levels (0, 2, 4 and 6%), in combination with different amonization periods (30 and 60 days) and aeration (0, 15, 30, 45 and 60 days) on elephant-grass (*Penisetum purpureum*, Schum) - cv. Napier silage, picked in advanced state of maturity, chemical composition and “in vitro” digestibility. The amonization with urea elevated ( $P < 0,01$ ) the pH of the elephant-grass silage in function of the applied levels. Effect of the interaction amonization periods x aeration periods was observed for neutral detergent fiber ( $P < 0,01$ ), acid detergent fiber ( $P < 0,05$ ) and cellulose ( $P < 0,05$ ). With lignin and hemicelulose, effect ( $P < 0,01$ ) of the interaction urea levels x amonização periods x aeration periods was verified. Dry matter crude protein, and “in vitro” digestibility were influenced ( $P < 0,01$ ) only by the growing levels of urea. The contents of ADF-N were influenced

by the interaction urea levels and amination periods ( $P < 0,05$ ). The development of fungus was verified in the levels 0 and 2% of urea; therefore, they were not efficient in the conservation of the elephant-grass silage. The levels of 4 and 6% of urea were shown to be promising for the amination of elephant-grass silages, picked at advanced stadium of maturity, once they promoted beneficial effects in the content of crude protein, ADF-N and IVDMD, besides they inhibit the growth of fungus in those silages.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos atuais sistemas de produção animal, atribui-se grande importância à utilização do capim-elefante, quer seja na forma de pastejo, quer seja como reserva forrageira para corte, devido à sua alta produção de matéria seca e ao seu valor nutritivo. Tendo em vista o hábito de crescimento do capim-elefante, resultado em rápido alongamento do caule e amadurecimento, bem como a sua produção concentrada no período das chuvas poderá haver acúmulo de massa verde, dando origem a material de baixa qualidade.

É certo que, com o avançar do estágio de crescimento, as plantas forrageiras sofrem mudanças em sua composição química e conseqüentemente no valor nutritivo. Os teores de parede celular, fibra detergente ácido, celulose, hemicelulose, lignina e sílica aumentam com o avanço da idade da planta, reduzindo assim o valor nutritivo do capim-elefante. A principal razão desta redução e do avanço da idade da planta, parece estar na redução da relação folha-caule, bem como na redução da digestibilidade dos componentes fibrosos da planta.

Um dos fatores nutricionais limitantes para ruminantes é a energia. Para estes animais, a maior parte da energia disponível provém dos carboidratos estruturais que constituem a parede celular das plantas forrageiras, devido à

capacidade que possuem de metabolizar e utilizar esses polissacarídeos como fonte energética.

Os principais fatores que limitam o consumo e a digestibilidade estão associados com a taxa e a extensão da degradação da forragem pelos microrganismos e fatores físicos no rúmen, principalmente a quantidade de constituintes da parede celular e a extensão da lignificação.

A melhoria do valor nutritivo de forragens de baixa qualidade é possível através da suplementação ou tratamentos dos biológicos, físicos ou químicos. Estes visam tornar o material mais aproveitável, através de alterações na parede celular, permitindo assim ação mais intensa das enzimas microbianas existentes no rúmen.

Entre os tratamentos químicos, destaca-se a amonização, que consiste na aplicação de uma fonte de amônia (amônia anidra, amônia líquida ou uréia) a volumosos, com a finalidade de aumentar ou conservar o seu valor nutritivo. A utilização de uréia como fonte de amônia, tem como princípio, o fato de que esta, sob ação da urease, é hidrolisada produzindo  $\text{NH}_3$ .

O objetivo deste experimento foi determinar os efeitos da aplicação de diferentes níveis de uréia, em combinação com diferentes períodos de amonização e aeração sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) – cultivar Napier em avançado estágio de maturidade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Para melhorar o valor nutritivo de volumosos de baixa qualidade torna-se necessário algum tipo de tratamento. O objetivo do tratamento, seja ele químico, físico ou biológico, é aumentar a aceitação de alimentos ricos em fibras, por meio do aumento da ingestão, e da taxa e extensão da digestão, aumentando conseqüentemente a disponibilidade dos nutrientes.

Entre os métodos químicos utilizados merecem destaque os que utilizam agentes hidrolíticos como o hidróxido de sódio e amônia. O tratamento com agentes alcalinos promove a solubilização parcial da hemicelulose e lignina. Segundo FAHEY et al. (1993), acredita-se que também haja o rompimento de pontes de hidrogênio intermoleculares da celulose como resultado do tratamento com álcali.

O tratamento com hidróxido de sódio tem sido estudado desde o século XIX na Europa. Tal processo, apesar de proporcionar aumentos na digestibilidade superiores ao tratamento com amônia, tem seu emprego limitado devido à contaminação do solo decorrente da excreção, na urina e nas fezes, do excesso de sódio ingerido (SAENGER, et al., 1982a).

A amonização tem sido utilizada para melhorar o valor nutritivo de forragens de baixa qualidade, como restos culturais, silagens e fenos, além de outros subprodutos da agroindústria; é uma técnica de fácil aplicação, não polui o



ambiente, fornece nitrogênio não protéico e conserva forragens com alto teor de umidade. Pode ser feita utilizando-se amônia anidra (PAIVA et al., 1995a; NEIVA, et al., 1998), água amônia (KIANGI et al., 1981; WAISS et al., 1972), uréia (CÂNDIDO, et al, 1999; ROSA, et al, 1998) ou hidróxido de amônio (FAHEY et al., 1993; LI et al., 1992).

A amônia é uma base mais fraca do que o NaOH, e por isso proporciona menor deslignificação; no entanto, o nitrogênio fornecido pode aumentar a digestibilidade suprindo a deficiência de nitrogênio no rúmen (VAN SOEST, 1994).

Fatores como quantidade de amônia a ser aplicada, temperatura ambiente, período de tratamento, teor de umidade do volumoso e tipo e qualidade do material interferem na eficiência do tratamento.

Apesar das vantagens da amonização, em muitas regiões as amônias líquida ou anidra não estão disponíveis, sendo de difícil aquisição e manuseio. Uma alternativa é a utilização da uréia. A uréia, um sólido cristalino produzido tecnicamente a partir da amônia e do dióxido de carbono, contém 45% de nitrogênio e 280% de equivalente protéico, apresentando a propriedade de se hidrolisar facilmente em água formando a amônia, na presença da enzima urease. É um produto de alta disponibilidade no mercado, fácil transporte, apresenta baixos riscos de intoxicação, fácil manuseio e menor custo.

A aplicação de 3 a 4% de amônia anidra é eficiente no tratamento de volumosos. O emprego de mais de 4% de amônia pode resultar em diminuição na eficiência do tratamento, principalmente devido à menor retenção do nitrogênio aplicado (REIS et al., 1991). Quando se usa uréia como fonte de amônia, as quantidades que proporcionam maiores alterações no valor nutritivo encontram-se entre 4 e 8% (DOLBERG, 1992; ROSA et al, 1995)

Ao usar uréia, a amônia só é formada após a uréia ter sido misturada com o material (BERGER et al., 1994), sendo assim um método mais seguro do que aqueles que requerem o manuseio da amônia anidra ou água amônia. A hidrólise da uréia dá origem ao carbonato de amônio, uma base fraca que produzirá o hidróxido de amônio como agente saponificante (VAN SOEST, 1994).

A hidrólise da uréia pode ocorrer pela atuação da urease da planta ou das bactérias ureolíticas, e a intensidade de transformação da uréia em amônia está estreitamente associada com o conteúdo de umidade, temperatura ambiente,

período de tratamento e anaerobiose das pilhas de fardos (JOY et al., 1992; BERGER et al., 1994).

SALEM et al. (1994) compararam os efeitos do tratamento da palhada de sorgo com amônia anidra (3 % da MS) e uréia (5,3% da MS) e verificaram que a uréia é tão efetiva quanto à amônia anidra para aumentar o valor nutritivo da palhada de sorgo.

REIS et al. (1998a), avaliando diferentes fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais, verificaram que a utilização de amônia anidra (3% na MS) e uréia (5,4% na MS) tiveram a mesma eficiência em alterar a composição química dos fenos resultando em aumento na digestibilidade.

WILLIAMS et al. (1984), trabalhando com palhadas de cevada, mostraram que o grau de hidrólise da uréia foi afetado pelo conteúdo de umidade do material. A hidrólise de uréia foi de 100 e 36,5% quando as palhadas de cevada possuíam respectivamente, 45 e 75% de MS. Observaram também que aumentando a dose de uréia de 3,5 para 10,6% da MS, quando a MS era de 60%, houve aumento significativo da hidrólise da uréia.

DIAS-DA-SILVA et al. (1988), em estudo com palhada de milho, contendo 40 e 60% de umidade, tratada com uréia (6% da MS) e grão de soja (0,6% da MS), e diferentes períodos de tratamento (2, 15, 28, 41, 58 dias), observaram que a hidrólise da uréia aumentou com o tempo de tratamento, conteúdo de umidade e adição da fonte de urease.

JAYASURIYA e PEARCE (1983) trataram palhada de arroz com uréia (1, 2, 4, 6, 8% da MS), com ou sem adição de urease por diferentes tempos de tratamento (1, 2, 6, 4, 21 dias) e concluíram que a urease reduziu significativamente o tempo de tratamento para se atingir o nível de digestibilidade necessária. A palhada de arroz tratada por dois dias com 8% de uréia e urease apresentaram digestibilidade similar à palhada tratada com 4% de uréia por 21 dias, sem urease. Os autores observaram que ocorreu aumento na digestibilidade da palhada, quando as doses de uréia foram aumentadas, independente da adição da urease. Esse aumento, no entanto, foi menor a partir do nível de 6% de uréia.

Um aspecto de extrema importância no processo de amonização é a persistência das alterações observadas na composição química e na

digestibilidade do material tratado, após este ser submetido a períodos de armazenamento e aeração (REIS, 1989).

Alterações na composição química e na digestibilidade de forragens amonizadas podem ocorrer durante o período de aeração. Fatores ambientais como o vento, a temperatura e a chuva, podem promover reduções nos benefícios propiciados pelo tratamento em questão (PAIVA, 1992).

A amônia possui propriedade fungistática e, ao ser aplicada pode evitar o aparecimento de fungos e bactérias (DESCHARD et al., 1987; WOOLFORD e TETLOW, 1984).

REIS et al. (1993), ao aplicar amônia anidra (1,5 e 3% da MS) em fenos de *Brachiaria decumbens* com diferentes teores de umidade (18-20% e 13-15%) observaram decréscimo na incidência de fungos, principalmente com a aplicação de 1,5% de NH<sub>3</sub>.

Por outro lado, TEIXEIRA (1990) relatou que a amônia anidra não impediu o desenvolvimento de fungos em silagens de capim-elefante tratadas com 1,5 e 3% de amônia anidra. Segundo o autor, esse fato, provavelmente, ocorreu devido à compactação excessiva sofrida pelo capim no silo, o que deve ter causado problemas de distribuição da amônia e assim o surgimento de fungos em algumas áreas do silo.

## **2.1. Efeito da amonização sobre os constituintes da parede celular**

Estudos utilizando forragens de baixa qualidade, como restos culturais, silagens, fenos, e outros subprodutos da agroindústria mostram que após o tratamento com amônia ocorrem mudanças físicas e na composição química da parede celular.

ZORILLA- RIOS et al. (1985) e RAMANZIN et al. (1986) demonstraram em seus experimentos que existe menor resistência à mastigação, maior taxa de passagem e menor tempo de retenção no trato digestivo quando os animais foram alimentados com palhada amonizada.

Existem duas teorias que explicam o efeito da amônia sobre os constituintes da parede celular das forragens. A primeira, é denominada amonólise, e baseia-se no rompimento de ligações ésteres entre a hemicelulose e

a lignina com grupos ou moléculas de carboidratos, produzindo uma amida. A segunda teoria baseia-se na alta afinidade existente entre a água e a amônia. No processo ocorre uma hidrólise alcalina resultante da reação do hidróxido de amônio com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais (CAMPOS, 1995, citando vários autores).

Observa-se em palhadas de cereais tratadas o aumento do conteúdo de nitrogênio associado à parede celular e a perda parcial das ligações ésteres dos ácidos fenólicos e grupos acetil (GOTO e YOKOE, 1996).

Mudanças estruturais associadas ao tratamento com amônia podem ser vistas em tecidos examinados com microscopia eletrônica. GOTO et al. (1993) observaram que o tratamento com amônia promoveu acesso dos microrganismos às células do parênquima e esclerênquima da cevada, aparentemente devido a uma alteração na fragilidade de uma camada mais fina e rígida que cobre a superfície interna da parede celular.

O aumento da flexibilidade de tecidos de palhada amonizada demonstra que ocorrem mudanças na parede celular das células individualmente. Isso requer, por sua vez, uma modificação na maneira pela qual os polímeros na parede celular são organizados. A habilidade da amônia em quebrar as ligações éster, demonstrada pela liberação de ácido acético e ácidos fenólicos, leva a uma redução no número de ligações cruzadas envolvendo grupamentos éster, formados entre os polímeros da parede (GOTO e YOKOE, 1996).

Os trabalhos de pesquisas mostram que geralmente ocorre um decréscimo nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose, devido à solubilização desses constituintes pela amônia (BUETTNER et al., 1982; ABIDIN e KEMPTON, 1981; CASTRILLO, et al., 1995; CÂNDIDO, et al., 1999).

PAIVA et al. (1995b), observaram em estudo com palhada de milho, tratada com amônia anidra (0, 2, 4% da MS) durante 3 períodos de tratamento (7, 21, 35 dias), que os teores de FDN e hemicelulose foram reduzidos com os aumentos dos níveis de amônia anidra e dos períodos de amonização.

Da mesma forma, SARMENTO et al. (1999), em estudo com bagaço de cana, tratado com uréia (0; 2,5; 5; 7,5; 10% na MS), 5% de soja crua moída como fonte de urease e três períodos de aeração (2, 9, 16 dias), observaram decréscimo

nos teores de FDN e hemicelulose com aumento das doses de uréia, mas elevação com o aumento dos períodos de aeração.

TEIXEIRA (1990) tratou palhada de milho mais sabugo e capim-elefante em avançado estágio de maturidade com 1,5 e 3% (base MS) de amônia. Constatou decréscimos no teor de FDN de 1,5 e 6,6 para palhada de milho e 3,5 e 5,5% para o capim-elefante com o aumento das doses de amônia. Quanto à fração hemicelulótica, a amônia causou alterações somente na palhada de milho, não afetando o capim-elefante. As concentrações de hemicelulose caíram de 52,9% da MS no controle para 46,2% e 41,2% para as doses de 1,5 e 3% de amônia, respectivamente.

HUSSAIN et al. (1996), avaliaram a palhada de capim-festuca (*Festuca arundinaceae*), contendo umidade variando de 13 a 15%, tratada com 3% de uréia e 1% de extrato de soja moída como fonte de urease e observaram que o desdobramento em amônia acarretou diminuição nos teores de FDN e hemicelulose.

Já NEIVA et al. (1998), trabalhando com silagem e rolão de milho tratados com amônia anidra (1,2 e 2,4% da MS respectivamente) relataram que os teores de FDN não foram alterados.

Com relação à fibra detergente ácido (FDA), celulose e lignina os efeitos da amonização tem sido variáveis. Resultados de pesquisas mostraram aumentos nos teores de FDA (GARRETT et al, 1979, HERRERA-SALDANA et al., 1982), celulose (GARRETT et al, 1979, GIVENS et al., 1988) e lignina (GIVENS et al., 1988). São observadas, em alguns trabalhos, reduções nos conteúdos de FDA (FAHMY e ORKOV, 1984, ROSA et al., 1998), celulose (ROSA et al., 1998) e lignina (HORTON, 1981). Por outro lado, alguns trabalhos não mostraram qualquer tipo de alteração nos teores de FDA (PIRES et al, 1999, SARMENTO et al, 1999, PAIVA et al., 1995b), celulose (PIRES et al, 1999, REIS et al, 1998a, PAIVA et al., 1995b) e lignina (GARRETT et al. 1979, REIS et al, 1998a, SARMENTO et al, 1999, PAIVA et al., 1995b).

Reduções na cristalização da celulose que formam as microfibrilas da parede celular são esperadas como contribuição para o aumento da fragilidade da parede e, possivelmente, para aumento na susceptibilidade ao ataque dos microrganismos celulolíticos (GOTO e YOKOE, 1996).

PEREIRA et al. (1993), avaliaram os efeitos da aplicação de amônia em feno de capim *Brachiária decumbens* (3% da MS) e verificaram aumentos nos conteúdos de FDA (de 44% para 45%) e de celulose de (24 para 31%) do feno tratado em relação ao controle.

Aumentos nos conteúdos de celulose e lignina também foram observados quando GIVENS et al. (1988) trataram 22 amostras de palhada de trigo, aveia e cevada com 3,5% de amônia anidra.

Em pesquisa desenvolvida por BUETTNER et al. (1982) utilizando feno de capim festuca (*Festuca arundinaceae* Schreb.) amonizado (3% da MS), não foi observado diferença estatística nos teores de celulose e FDA.

A literatura também apresenta trabalhos onde ocorreram decréscimos no teor de FDA. LEAL et al (1994), ao tratar a palhada de sorgo com 5% de hidróxido de amônia, observou que a amonização provocou decréscimos no conteúdo de FDA, associando-os à solubilização da lignina e da celulose. Esta, por sua vez, causada, provavelmente, pelo decréscimo da cristalização da celulose e pela expansão e saponificação das ligações éster entre lignina e hemicelulose.

## **2.2. Efeito da amonização sobre os compostos nitrogenados**

Forragens de baixa qualidade e resíduos agrícolas possuem na maioria protéico e digestibilidade tão baixos que os animais não conseguem consumir quantidade suficiente para atender aos requerimentos de manutenção. Qualquer tratamento químico que aumente a digestibilidade, o consumo e o teor de proteína bruta desses alimentos causa um aumento na performance animal (SAENGER et al, 1983). Sendo assim, a amonização apresenta vantagens em relação ao tratamento com hidróxido de sódio, já que o tratamento com amônia aumenta a digestibilidade (em menor proporção que o NaOH) e o conteúdo de proteína bruta; outra vantagem é a possibilidade do tratamento ser feito na própria fazenda (HERRERA-SALDANA et al., .1982).

As pesquisas mostram aumentos nos teores de PB devido ao tratamento com amônia (SAENGER et al, 1982a, HERRERA-SALDANA et al., 1983). Todavia, os tem apresentado grande variação que pode ser devida a fatores tais

como: níveis de amônia, período de amonização, temperatura ambiente, teor de umidade e qualidade do material tratado.

SAENGER et al. (1983) observaram que o conteúdo de proteína da palhada de trigo aumentou de 3,6 para 11,2% devido ao tratamento com 3% de amônia anidra.

TEIXEIRA (1990) relatou aumentos no teor de proteína bruta a taxas de 159,8 e 273,3%, para palhada de milho mais sabugo, e de 61,6 e 105,7% para a silagem de capim-elefante tratados com 1,5 e 3,% de amônia anidra, respectivamente, comparados aos seus controles.

HORTON e STEACY (1979) trataram três variedades de palhadas de trigo, cevada e aveia com 3,5% de amônia anidra por 42 dias, a 10°C. Segundo os autores, o conteúdo de proteína bruta das palhadas de trigo e aveia aumentou em média 160%. Os aumentos no conteúdo de proteína bruta das palhadas de cevada variaram de 50 a 276% entre os cultivares. Levando-se em conta que as condições de tratamento foram idênticas para todas as variedades e que o conteúdo de umidade variou de 10,5 a 14,8% na palhada de cevada, esse resultado mostra que outros fatores além de temperatura ambiente, duração do tratamento, concentração de amônia e umidade da palhada podem influenciar na retenção de nitrogênio após o tratamento com amônia anidra.!

Em estudo realizado por PAIVA et al. (1995a), avaliou-se o efeito da aplicação de três doses de amônia anidra (0, 2, 4% da MS) em combinação com três períodos de amonização (7, 21, 35 dias) sobre o teor de nitrogênio total (NT) e retenção de nitrogênio (RT) na palhada de milho, bem como as possíveis alterações dessas variáveis no decorrer do período de aeração (0, 14, 28, 42 dias). Observaram que o aumento no teor de NT variou de 120% com doses de 2% e sete dias de amonização a 220% com a dose de 4% de amônia anidra e 35 dias de amonização. Os tratamentos com 2% de amônia apresentaram maior RN em relação aos de 4%, sendo a RN maior em ambos os níveis com o aumento do período de amonização. Entretanto, o teor de NT não variou com os períodos de aeração.

HERRERA-SALDANA et al. (1982), encontraram como resultado da amonização (5% da MS) da palhada de trigo que apenas 18% do N aplicado ficou retido à palhada. A amonização aumentou o conteúdo de PB (de 3,6 para 8,1%).

No entanto, a ligação da amônia com a palhada não foi forte como esperado, devido à época em que iniciou o estudo (4 meses após a abertura da meda). O conteúdo de PB decresceu 6,4%, resultando numa perda de 38% do N inicialmente ligado à palhada. Isso comprova que as ligações entre a palhada e a amônia podem ser afetadas com o passar do tempo devido a fatores ambientais como o vento, a temperatura e a umidade.

NEIVA et al. (1998) realizaram experimento com silagem e rolão de milho, submetidos ou não a amonização. As silagens apresentavam teores de matéria seca entre 30 e 35% e 42 e 47%, sendo aplicados 1,2% de amônia anidra na base seca. Ao rolão (de 75 a 85% MS), adicionaram-se 2,4% de amônia anidra em relação à sua MS. O teor de NT dos materiais amonizados foi 101,1% superior aos materiais não-tratados. A silagem de milho amonizada apresentou teor de NT de 1,99% (12,4% de PB), que foi superior ao teor observado na silagem de milho não amonizada que foi de 1% NT (6,3% PB). Para silagens com alto teor de MS, a mesma tendência foi observada, o material amonizado apresentou teor de 1,92% de NT (12% de PB) e a silagem não amonizada 0,94% (5,9% de PB).

CAÑEQUE et al. (1998), ao utilizarem palhada de cevada tratada com 3% de uréia, 3 níveis de umidade (20, 30, 40%) e temperaturas diferentes (20 e 25<sup>0</sup>C) observaram que a retenção de nitrogênio pela palhada foi maior nas condições de alta temperatura e umidade.

Alguns pesquisadores têm utilizado os valores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e detergente insolúvel em detergente neutro (NIDN) como indicadores da quantidade de N presos covalentemente aos componentes da fração fibrosa das forragens tratadas com amônia anidra. Estudos desenvolvidos por BUETTNER et al. (1982) e BARTON et al. (1986), utilizando a técnica de espectrofotometria mostraram que a amonização promoveu rompimento de ligações ésteres com conseqüente formação de amida que se manteve ligada a componentes da parede celular.

SARMENTO et al. (1999) observaram aumentos significativos nos teores de NIDA, de acordo com os níveis de uréia (0; 2,5; 7,5; 10%), mas não foi verificado efeito quanto aos períodos de aeração (2, 9 e 16 dias). Aumentos no teor de NIDA também foram observados por outros autores (REIS et al. (1991); REIS et al. (1990a,b); CHIQUETTE et al. (1992)).



ROSA et al. (1998) encontraram aumentos para os conteúdos de NIDA ao tratar feno de *Brachiaria decumbens* com amônia (2 e 3% da MS) e uréia (3,6 e 5,4% da MS), não observando diferenças entre os níveis testados.

### **2.3. Efeito da amonização sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca**

A baixa digestibilidade aparente da lignina e o aumento de seu teor associado com forragens em avançado estágio de maturidade é a principal suposição para que o processo de lignificação seja um dos maiores fatores responsáveis pelo baixo valor nutritivo de forragens maduras. A lignina parece também afetar a utilização de carboidratos da parede celular pelo animal (JUNG e FAHEY Jr, 1983).

A maior digestibilidade em função da amonização pode ser atribuída a mudanças na composição e expansão da parede celular, bem como à saponificação e amonólise das ligações ésteres entre a lignina e os carboidratos estruturais (BUETTNER et al., 1982, SAENGER et al, 1982a).

A estimativa da degradabilidade de forragens amonizadas é considerada de suma importância, quando se pretende avaliar a eficiência da amonização. Tendo em vista que, geralmente, a degradação e o consumo de forragens estão diretamente correlacionados, o conhecimento da extensão da degradabilidade de forragens submetidas à amonização permitirá que seja estimada a ingestão voluntária desses alimentos pelos ruminantes, e conseqüentemente, o desempenho desses animais (PAIVA et al., 1995c).

GOTO e YOKOE (1996) sugeriram que a amônia possui dois efeitos distintos, que combinados aumentam a degradabilidade da palhada tratada. O primeiro, relacionado a amônia com um álcali, é a capacidade em quebrar estruturas que contem as ligações ésteres. Isso resulta numa perda da estrutura da parede celular, com aumento na sua hidratação. O segundo efeito relaciona-se com a habilidade da amônia em formar complexos com a celulose e assim reduzir sua cristalização. Enquanto essa cristalização pode ocorrer para promover o aumento da taxa de digestão enzimática, um efeito mais importante pode ser observado na fragilidade da parede celular. A fragmentação mais rápida do material ingerido pode aumentar a superfície da área disponível ao ataque dos

microrganismos e, em consequência aumentar a taxa de passagem pelo trato digestivo.

DIAS-DA-SILVA et al. (1988) observaram aumentos na DIVMS quando trataram palhada de milho com 6% de uréia, e sugeriram que as mudanças ocorridas na estrutura da parede celular da palhada tratada, disponibilizaram os carboidratos estruturais e a fermentação microbiana.

GROTHER et al. (1986), ao amonizar (0, 2, 4% da MS) feno de *Cynodon dactylon* L. com alta e baixa umidade (40 e 60%), observaram aumentos na DIVMS. Segundo os autores esses aumentos são possíveis devido à reação de amonólise entre os polímeros da parede celular.

Ao tratar palhada de cevada com amônia anidra (4% da MS), ABIDIN e KEMPTON (1981) constataram que a DIVMS aumentou de 40 para 57% em relação ao tratamento controle.

REIS et al. (1997) realizaram experimento com fenos de grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) enfardados com baixa umidade (12-15%), sem tratamento e com alta umidade (20-25%), tratados com amônia anidra (0.5 e 1% da MS) ou com uréia (0,9 e 1,8 da MS) e constataram que a DIVMS aumentou com a amonização, mas não observaram efeito das doses de amônia e uréia aplicadas.

Em experimento realizado com bagaço de cana, SARMENTO et al. (1999) encontraram aumentos na DIVMS com os níveis crescentes de uréia (0; 2,5; 7,5; 10% da MS). Segundo os autores, as alterações na digestibilidade do bagaço com a amonização ocorreram devido a diminuições nos teores de FDN e hemicelulose e incrementos nos níveis de PB pelo tratamento químico.

A baixa variação encontrada foi devido à alta digestibilidade do material de origem, pois quanto melhor a qualidade do material, menor será a resposta ao tratamento. Para KIANG et al. (1981) a magnitude da variação na digestibilidade ao tratamento com álcali é inversamente relacionada com a digestibilidade inicial do material.

Ao amonizar palhada de sorgo com 5% de hidróxido de amônia, LEAL et al. (1994) encontraram aumentos significativos na DIVMS, provavelmente como resultado dos incrementos nas frações de nitrogênio e devido à remoção da lignina e das microfibrilas cristalizadas da celulose que limitam a digestão dos carboidratos estruturais pelos microrganismos do rúmen.

SOUZA (1999), avaliou o efeito dos níveis de amônia anidra (0; 2,2; 3,2; 4;2) e dos teores de umidade (16 e 30%) sobre a DIVMS da casca de café e não encontrou efeitos na característica analisada; segundo os autores o aumento no teor de proteína bruta e a diminuição na relação de NIDN/NT e NIDA/NT não foram suficientes para melhorar a DIVMS.

Efeito do período de amonização sobre a melhoria da DIVMS da palhada de cevada amonizada também foi observado por HADJIPANAYIOTOU (1982), ao tratar este material com uma solução de 10% de uréia por 1, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias. Os dados mostraram que a digestibilidade *in vitro* da palhada amonizada aumentou significativamente até o período de tratamento de até 30 dias (55,3%), apesar do valor máximo para esta variável ter sido atingido aos 45 dias.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local e época de realização do experimento**

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, no período de 13 de outubro de 1999 a 18 de fevereiro de 2000, nas dependências de Departamento de Zootecnia, no qual se realizaram a coleta e armazenamento das amostras.

Utilizou-se o capim-elefante, cv. Napier proveniente de uma capineira do campo agrostológico do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. O capim colhido em estágio de maturidade avançada, possuía aproximadamente 4 m de altura, 12 meses de idade, alta relação caule:folha e com presença significativa de material morto. Sua composição químico-bromatológica encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Composição químico-bromatológica do capim-elefante, antes da ensilagem

Componentes	Composição (%)
Matéria Seca <sup>1</sup>	45,32
Proteína Bruta <sup>1</sup>	5,13
NIDA <sup>2</sup>	12,96
Fibra Detergente Neutro <sup>1</sup>	78,02
Fibra Detergente Ácido <sup>1</sup>	44,11
Hemicelulose <sup>1</sup>	33,91
Celulose <sup>1</sup>	34,34
Lignina <sup>1</sup>	8,37
Carboidratos Solúveis <sup>1</sup>	4,15
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca	40,02

<sup>1</sup> Dados na matéria seca

<sup>2</sup> Nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao teor de nitrogênio total

### 3.2. Delineamento experimental

O experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdividas tendo nas parcelas um fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de uréia (0, 2, 4 e 6%) e dois períodos de amonização (30 e 60 dias), e nas subparcelas os períodos de aeração (0, 15, 30, 45 e 60 dias) no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições.

### 3.3. Adição da uréia

O capim foi colhido por corte manual no período da manhã e picado em máquina forrageira estacionaria. Deste material foram colhidas amostras para determinação do conteúdo de matéria seca, utilizando-se de um forno microondas (NFTA), permitindo assim se calcular a quantidade de uréia a ser aplicada no material tratado.

Foram utilizados silos experimentais do tipo PVC, tendo 75 cm de altura e 25 cm de diâmetro, dispostos em bancadas de madeira. A uréia foi adicionada e homogeneizada de acordo com o enchimento do silo, sendo a compactação feita manualmente, colocando-se 9,7 kg de capim em cada silo. Os silos foram lacrados com silicone, tampas de madeira e saco plástico.

No final de cada período de amonização os silos foram abertos e a partir daí, iniciou-se o período de aeração, com amostragens quinzenais até completar 60 dias (0; 15; 30; 45; 60), tendo como objetivo verificar a ocorrência de possíveis reações entre a amônia e a silagem.

### **3.4. Coleta e preparo das amostras**

Após o período de amonização, inciou-se o período de aeração com coleta das amostra. As amostras coletadas em cada tratamento foram separadas em duas porções: na primeira utilizou-se forragem fresca para determinação do pH (SILVA, 1990).

Na segunda porção, as amostras foram colocadas em sacos plásticos etiquetados e fechados com previa expulsão do ar, sendo em seguida, armazenada sob refrigeração.

Com a finalidade de não perder nitrogênio proveniente da amonização, realizou-se a pré-secagem de todas as amostras por liofilização. O processo de liofilização consistiu na passagem direta de água do estado sólido para o gasoso. As amostras previamente pesadas e congeladas foram colocadas no liofilizador. Após o período de liofilização, as amostras foram novamente pesadas, e pela diferença de pesos registrados antes e depois da liofilização obtiveram-se os valores das amostras secadas ao ar.

Realizada a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo “Willey” com malha de 1,00 mm de abertura. Após a moagem, as amostras foram colocadas em vidros, identificadas e armazenadas em local fresco.

### **3.5. Análises químicas**

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina, pH e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por SILVA (1990). Para determinação da DIVMS utilizou-se o método de duas etapas (96 horas de incubação). Já os teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por LICITRA et al. (1996), sendo expressos como percentagem do nitrogênio total (NIDA/NT).

### **3.6. Análises estatísticas**

Os dados interpretados estatisticamente por meio de análise de variância que sofreram interação com uréia foram analisados por meio de equação de regressão, adotando-se 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética), desenvolvido na UFV.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Características da silagem**

As silagens de capim-elefante tratadas com uréia apresentaram coloração amarronzada, sendo esta mais intensa com o aumento dos níveis de uréia utilizados. Isso é característico em forragens tratadas conforme observado por SAENGER et al. (1982a,b), TEIXEIRA (1990) e NEIVA (1995). Essa mudança de cor é resultado da oxidação de grupos fenólicos ou da condensação da fração aldeído dos açúcares com bases nitrogenadas, via reação de “Maillard” (KLEE e VIDAL, 1986).

Por meio de observações visuais verificou-se ainda que a preservação da silagem de capim-elefante, ocorreu apenas para as doses de 4 e 6% de uréia, enquanto nas demais doses, encontrou-se presença de bolores na parte superior dos silos em todos os períodos de aeração. DESCHARD et al. (1987), ao tratarem silagem de milho com 3,5% de  $\text{NH}_3$ , observaram aumento no pH da silagem, queda na produção de ácido láctico e etanol e inibição completa da fermentação clostrídica, resultados que confirmam os efeitos da amônia limitando a atividade microbiana.



A amônia tem sido utilizada na conservação de forragens com alto teor de umidade, e o sucesso na preservação está em função da dose de amônia utilizada, do teor de umidade e da natureza do material.

CAMPOS (1995), ao amonizar (0; 1; 1,5 e 2% de NH<sub>3</sub>) feno de alfafa e capim-coastcross com alta umidade, verificou que somente as doses de 1,5 e 2% foram eficientes na conservação do material. REIS et al. (1998a), não observaram deterioração e desenvolvimento de fungos ao tratar fenos de gramíneas tropicais com 3% de amônia anidra ou 5,4% de uréia.

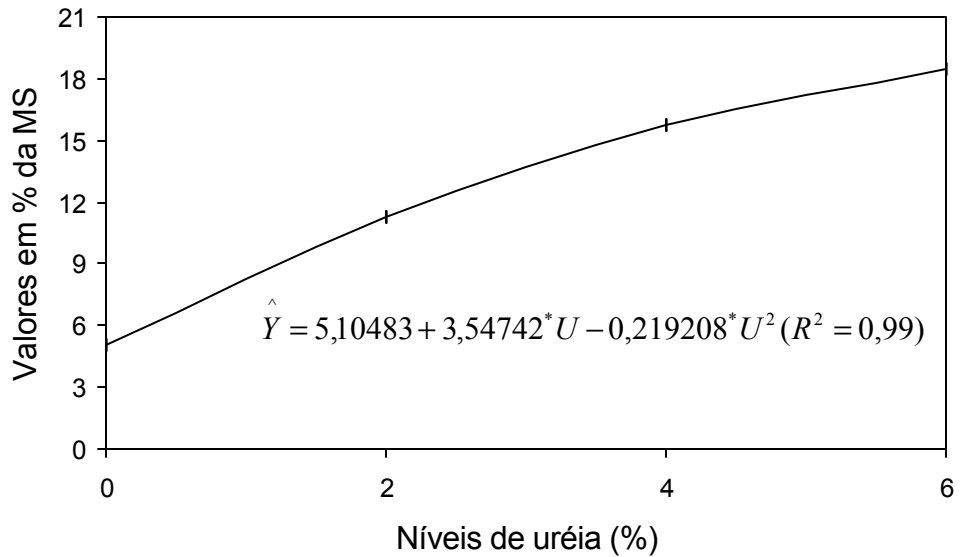
Ao se submeter os valores de pH à análise de variância, detectou-se efeito ( $P < 0,05$ ) da interação nível de uréia x período de tratamento, sendo os valores médios de 3,89, 6,92, 8,55 e 8,81, para os níveis 0, 2, 4 e 6% de uréia respectivamente.

O pH da silagem não amonizada, está dentro da faixa considerada desejável por McDONALD e HENDERSON (1962) de 3,8 – 4,2.

Esse comportamento já era esperado, pois a amônia, uma base com alta capacidade tamponante, inibe a produção de ácido, que provoca queda acentuada do pH (PHILLIP et al., 1985). Aumentos nos valores de pH em decorrência da amonização foram verificados em silagens de gramíneas MOORE et al. (1986) e na silagem de capim-elefante VILELA (1989).

#### **4.2. Compostos nitrogenados**

Verificou-se efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de uréia utilizados para proteína bruta (PB), ao se realizar a análise de variância dos dados em estudo. Na Figura 1 encontra-se a estimativa do teor de PB, em função dos níveis de uréia utilizados. Observa-se, que os dados ajustaram-se a um modelo quadrático, estimando ponto de máximo de 19,46%, para o nível de 8,09% de uréia.



\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 1 – Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) na silagem de capim-elefante em função dos diferentes níveis de uréia.

A maior parte dos trabalhos sobre amonização de volumosos, mostra aumentos dos conteúdos de nitrogênio em função de níveis crescentes de amônia anidra. Assim, aumentos no teor de PB em função da dose de uréia ou amônia aplicada foram encontrados em feno de gramíneas (GROTHER et al., 1986; WYLIE e STEEN, 1988; REIS et al., 1990a,b; REIS et al., 1993), palhada de arroz (JAYASURIYA e PEARCE, 1983; FERREIRA, 1989, MGHENI et al., 1993), e silagem de capim-elefante (VILELA, 1989).

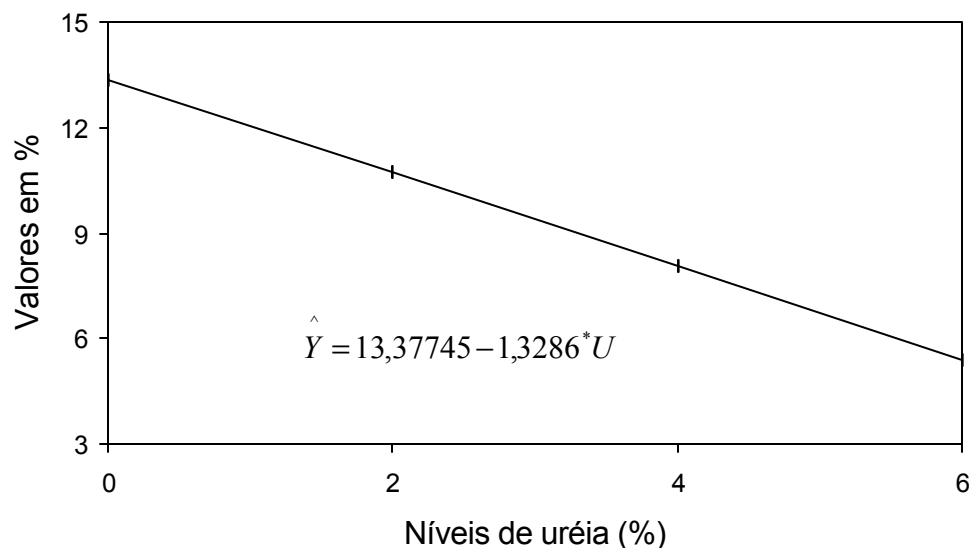
Aumentos lineares em função do período de amonização foram observados por PAIVA et al. (1995a) ao amonizar palhada de milho com 0, 2 e 4% de amônia anidra por 7, 21 e 35 dias. Outros autores também observaram acréscimo no teor de nitrogênio total em função de maior período de tratamento de forragens amonizadas (ORSKOV et al., 1983; FERREIRA, 1989; GROTHER et al., 1986; MOORE, et al., 1985).

A literatura, todavia, tem mostrado que o aumento do período de amonização de forragens, pode não trazer benefício em termos de elevação do conteúdo de N Total. KIANGI et al. (1981) não constataram incrementos no teor de N Total em palhadas de milho, arroz e trigo tratadas por 15 ou 30 dias. Resultados semelhantes foram obtidos por LAWLOR e O'SHEA (1979) e REIS et al. (1991).

A análise dos dados permite concluir que os aumentos observados nos teores de PB em função da adição de uréia, persistiram até o final do período de aeração, não sendo verificado efeito ( $P>0,05$ ) do período de aeração sob o teor de PB.

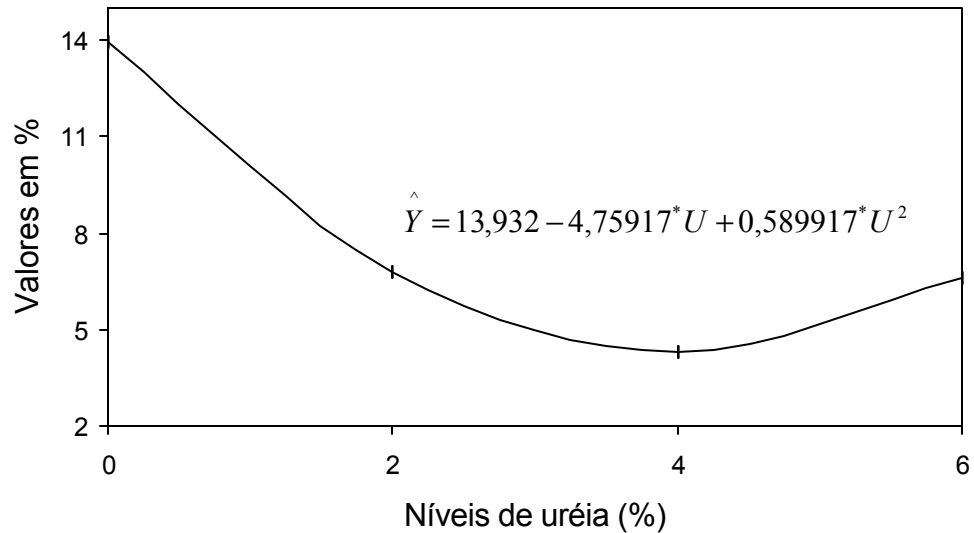
Quanto aos valores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao conteúdo de nitrogênio total (NIDA/NT), observou-se efeito ( $P<0,05$ ) apenas da interação período de amonização x níveis de uréia. Estudou-se então, o efeito de níveis de uréia dentro de cada período de amonização.

Houve decréscimo no conteúdo de NIDA/NT com a adição de uréia (Figuras 2 e 3). Diminuição no conteúdo de NIDA como consequência do tratamento com amônia também foram registrados por REIS et al. (1990a, 1998b), CAMPOS (1995), SOUZA (1999) e SOUZA et al. (1998). Segundo esses autores, a aplicação de amônia anidra provocou efeitos positivos sobre a fração nitrogenada dos volumosos testados, havendo maior disponibilidade de nitrogênio solúvel.



\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 2 – Estimativa dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA/NT) na silagem de capim-elefante em função dos diferentes níveis de uréia, no período de amonização de 30 dias.



\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 3 – Estimativa dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA/NT) na silagem de capim-elefante em função dos diferentes níveis de uréia, no período de amonização de 60 dias.

Estimando a quantidade de nitrogênio disponível (ND = NT – NIDA), verificou-se valor médio de ND de 0,69, 1,75, 2,79 e 2,24 para o período de amonização de 30 dias e 0,63, 1,83, 3,20 e 2,58 para o período de amonização de 60, nas doses de 0, 2, 4 e 6% de uréia, respectivamente. Isso demonstra que a adição de nitrogênio não protéico, através do tratamento com uréia, promoveu diluição do conteúdo de NIDA, aumentando provavelmente em consequência da amonização, a quantidade de N disponível para a síntese de proteína microbiana. O aumento no teor de NIDA em volumosos tratados com amônia não é desejável, uma vez que o nitrogênio retido na fibra em detergente ácido é considerado não ser aproveitável pelas bactérias ruminais (VAN SOEST e MASON, 1991).

Diferentemente dos resultados obtidos nesta pesquisa, alguns autores relatam aumentos no conteúdo de NIDA/NT como consequência do processo de amonização. REIS et al. (1990b), ao submeterem feno dos capins andropogon, braquiária e jaraguá a diferentes doses de amônia anidra (0, 1,5 e 3% da MS), observaram aumentos no NIDA/NT em consequência do tratamento. Respostas semelhantes foram obtidas por ROSA et al (1998), CHERMITI et al. (1994), REIS (1998a) e CHIQUETE et al. (1992).

### 4.3. Constituintes da parede celular

#### 4.3.1. Fibra em detergente neutro e Hemicelulose

Ao se submeterem os dados de FDN à análise de variância, verificou-se efeito ( $P < 0,05$ ) da interação entre períodos de amonização x períodos de aeração, sendo o valor médio estimado em 30,03%.

A maioria das pesquisas a respeito de amonização de forragens tem mostrado, que a amonização, geralmente, promove redução da FDN, a qual é atribuída à solubilização da hemicelulose (DRYDEN e LENG, 1988; GIVENS et al., 1988) ou da hemicelulose e lignina (BUETTNER et al., 1982). Estes autores consideram que o material submetido a este tipo de tratamento não apresenta diminuição dos outros componentes da parede celular, e se ocorrem, a magnitude é proporcionalmente bem menor. Assim, a não influência do tratamento com uréia no conteúdo de FDN, pode ser decorrente da baixa solubilização da hemicelulose ou ao alto teor de lignina encontrado no capim-elefante utilizado nesse experimento.

Talvez fosse necessária a utilização de maiores níveis de uréia ou maior período de tratamento, para que a maior solubilização da hemicelulose influenciasse no conteúdo da FDN dessa silagem.

Apesar de 30 dias serem suficientes para que ocorra a hidrólise da uréia e modificações na parede celular de forragens amonizadas, deve-se levar em consideração que o tipo e a qualidade do material exercem grande influência no tratamento (HORTON e STEACY, 1979).

BROWN e ADJEI (1995) também não observaram efeito da amonização nos teores de FDN, ao tratar feno de capim-guiné (*Panicum maximum*), com diferentes umidades (25 e 40%), com uréia (0, 4, 6 e 8% da MS), por 60 dias.

Para a hemicelulose detectou-se efeito ( $P < 0,05$ ) da interação níveis de uréia x período de amonização x período de aeração. Avaliou-se então o efeito de níveis de uréia dentro de cada período de aeração, para o período de tratamento de 60 dias.

O conteúdo de hemicelulose não foi influenciado pelos níveis de uréia no período de aeração 0, sendo que a análise de regressão revelou efeito quadrático

para o conteúdo de hemicelulose nos períodos de aeração 30 e 45 dias, os quais podem ser estimados respectivamente pelas equações a  $Y = 29,2805 + 2,30275U - 0,432708U^2$  ( $R^2 = 0,69$ ) e  $Y = 34,7918 - 3,03742U + 0,375208U^2$  ( $R^2 = 0,98$ ).

TEXEIRA (1990), em estudos com capim-elefante em avançado estágio de maturação ensilado e tratado com 1,5 e 3,0 % de amônia anidra por 30 dias, também não observou efeito da amonização sobre o conteúdo de hemicelulose.

Esses resultados contrastam com os obtidos por PAIVA (1995b), que, ao aplicarem três níveis de amônia anidra (0, 2 e 4% da MS) em combinação com três períodos de amonização (7, 21 e 35 dias), observaram reduções do conteúdo de hemicelulose com os aumentos dos níveis de amônia anidra e dos períodos de amonização.

Decréscimo nos conteúdos de hemicelulose como conseqüência da amonização também foram encontrados por CAÑEQUE et al. (1998), REIS et al. (1998a) e SARMENTO et al. (1999).

#### **4.3.1. Fibra em detergente ácido, celulose e lignina**

Não detectou-se efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de uréia sobre os teores de FDA e celulose, estimando-se valores de médios de 47,30 e 37,51, para as respectivas variáveis.

Para a lignina, detectou-se efeito ( $P < 0,05$ ) da interação níveis de uréia x períodos de amonização x períodos de aeração. Avaliou-se então, o efeito dos níveis de uréia dentro de cada período de aeração, para o período de amonização de 60 dias.

O comportamento do valores de lignina podem ser estimados pelas equações a  $Y = 10,6005 + 0,598583U - 0,150625U^2$  ( $R^2 = 0,60$ ),  $Y = 6,627 + 1,54267U - 0,244167$  ( $R^2 = 0,84$ ) e  $Y = 8,92267 - 0,491167$  ( $R^2 = 0,84$ ), para os períodos de aeração de 0, 15 e 30 dias respectivamente.

Apesar de resultados relatados na literatura serem variáveis quanto a esses componentes, a tendência dos conteúdos de FDA, celulose e lignina é de permanecerem constantes. Segundo KLOPFENSTEIN (1978), os produtos alcalinos, como a amônia anidra, solubilizam a hemicelulose e, normalmente, não promovem a hidrólise da celulose e da lignina.

OLIVEROS et al. (1993), REIS et al. (1995), REIS et al. (1997), ROSA et al. (1998), SOUZA (1999) e PIRES et al. (1999) não encontraram alterações no teor de FDA e de celulose para forragens amonizadas.

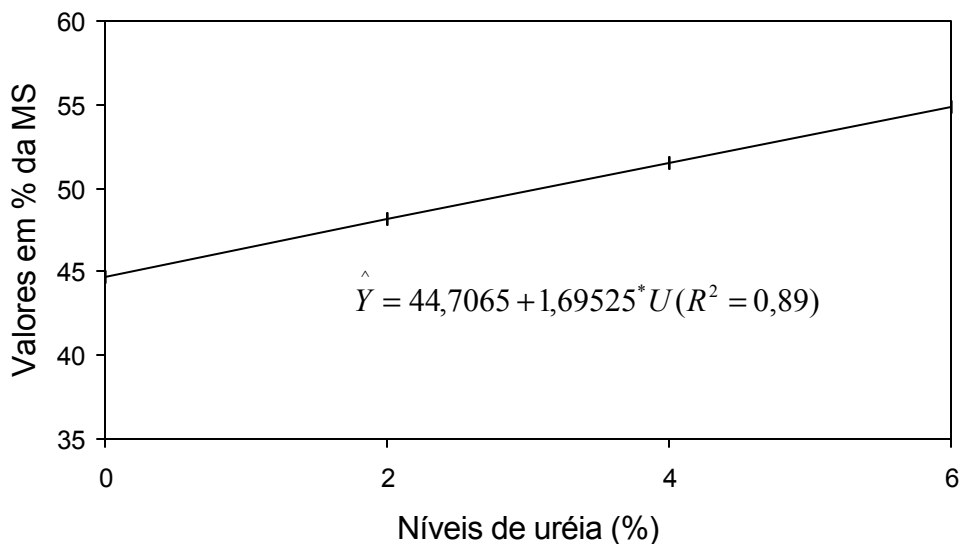
No entanto, alguns trabalhos relatam aumento nas frações de celulose (MGHENI et al., 1993; MANDELL et al., 1988) e FDA (MGHENI et al., 1993; TEIXERA, 1990) e outros relatam a diminuição de celulose (HORTON et al., 1982; FAHMY e KLOPFENSTEIN, 1994) e FDA (ABIDIN e KEMPTON, 1981; HORTON et al., 1982; ROSA et al., 1998).

A resposta da lignina ao tratamento com amônia não apresenta uma tendência, podendo ocorrer aumentos, decréscimos ou nenhuma alteração no seu conteúdo. MANDELL et al. (1988), observaram aumento no conteúdo de lignina ao amonizarem palhada de trigo com 5% de uréia, provavelmente devido à reação de Maillard. Mas muitos trabalhos mostram não haver variação no teor de lignina após o tratamento com amônia, como os realizados por REIS et al. (1990a,b), REIS et al. (1991), PEREIRA et al. (1993), PAIVA et al. (1995b), PIRES et al. (1999) e SOUZA (1999).

Os aumentos nos conteúdos de FDA, celulose e lignina, normalmente, devem-se à diminuição de outros compostos como carboidratos, açúcares e hemicelulose, correspondendo, assim, a aumentos proporcionais. Também, pode ter efeito no aumento desses componentes a fixação do nitrogênio nas fibras ácidas, por meio da Reação de Maillard, e, ou, pela amonização (N ligado à lignina).

#### **4.4. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca**

Da mesma forma que a PB, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi influenciada ( $P < 0,01$ ) apenas pelo nível de uréia, estimando-se incrementos de 1,69 unidades percentuais na DIVMS para cada unidade de aumento nos níveis de uréia (Figura 4). A melhora na digestibilidade da silagem de capim-elefante nesse experimento pode ser atribuída principalmente, aos aumentos que ocorreram no teor de PB, promovendo dessa forma ambiente favorável à atividade dos microrganismos.



\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 4 – Estimativa da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de capim-elefante em função dos diferentes níveis de uréia.

Aumentos na DIVMS, em função dos níveis de uréia, também foram encontrados por CÂNDIDO et al. (1999) ao amonizarem (0, 2; 4; 6; e 8% da MS) bagaço de cana-de-açúcar com uréia. GROTHEER et al. (1986), observaram acréscimo de 13,3 unidades percentuais na DIVMS do feno de capim-bermuda, tratado com 3% de amônia anidra.

O fato da DIVMS não ter sido influenciada ( $P > 0,05$ ) pelos períodos de amonização indica que as reações entre a amônia e o material no período de amonização de 30 dias foi suficiente para se obter os valores máximos de DIVMS. Esses resultados são similares aos encontrados por REIS et al. (1991) que ao amonizar fenos de gramíneas tropicais com amônia anidra (0, 2, 4 e 6% da MS) por 45 e 60 também não verificaram efeito do período de amonização sobre a DIVMS. Da mesma forma, KIANGI et al. (1981) não observaram efeitos do período de amonização (15 ou 30 dias) sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO).

Os aumentos na DIVMS foram consideráveis, levando-se em conta a baixa digestibilidade (40%) do capim, no momento da ensilagem e da silagem que não recebeu tratamento com uréia. Deve se considerar também que o conteúdo de FDN não foi influenciado pelo tratamento com uréia e havendo apenas



decréscimo nos conteúdos de hemicelulose. SUMMERS e SHERROD (1975), registraram os maiores aumentos na DIVMS, com a amonização, para aqueles materiais que apresentam maiores quedas no conteúdo de hemicelulose.

GOTO e YOKOE (1996), sugerem que as duas maiores conseqüências da amonização são: o efeito da amônia como uma base fraca nas ligações ésteres na parede celular e a habilidade da amônia em afetar a cristalinidade da celulose, aumentando assim a degradabilidade do material tratado.

LEAL et al. (1994), atribuíram os aumentos da DIVMS da palhada de sorgo, tratada com 5% de hidróxido de amônia ao incremento de nitrogênio e à remoção da lignina e das microfibrilas de celulose cristalinizadas, que estariam limitando a digestão dos carboidratos estruturais pelos microrganismos do rúmen. Por outro lado, ABIDN e KEMPTON (1981), relataram que o aumento de oito unidades percentuais na digestibilidade da palhada de cevada tratada com 4% de amônia anidra deve-se à redução de 20% do conteúdo de hemicelulose.

## **5. CONCLUSÃO**

Os níveis de 4 e 6 % de uréia mostraram-se promissores para a amonização de silagens de capim-elefante, colhido em avançado estágio de maturidade, uma vez que promoveram efeitos benéficos no conteúdo de proteína bruta, NIDA e DIVMS, além de inibirem o crescimento de fungos nessas silagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDIN, Z., KEMPTON, T.J., Effects of treatment of barley straw with anhydrous ammonia and supplementation with heat-treated protein meals on feed intake and live weight performance of growing lambs. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 6: 145-155, 1981.
- BARTON II, F.E., WOLSINK, J.H., VEDDER, H.M. Near infrared reflectance spectroscopy of untreated and ammoniated barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 15(3): 189-196, 1986.
- BERGER, L.L., FAHEY Jr, H.C., BOURQUIM, L.O. et al. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY Jr, G.C. et al. (ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.922-966.
- BROWN, W.F., ADJEI, M.B. Urea ammoniation effects on the feeding value of guineagrass (*Panicum maximum*) hay. **J. Anim. Sci.**, 73(10): 3085-3093, 1995.
- BUETTNER, M.R., DECHTENBERG, V.L., GENDRIX, K.S. et al. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) hay. **J. Anim. Sci.**, 54(1): 173-178, 1982.
- CAMPOS, M.C.L. **Níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre a composição químico-bromatológica e degradabilidade dos fenos de alfafa (*Medicago sativa* L.) e coast-cross (*Cynodon dactylon* L.) Pers. Cv. Coast-cross) com alta umidade**. Viçosa, MG. UFV, 1995. 130p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- 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. **R. Bras. Zootec.**, 28 (5): 928-935, 1999.

- CAÑEQUE, V., VELASCO, S., SANCHA, J.L., et al. Effect of moisture and temperature on the degradability of fiber and on nitrogen fractions in barley straw treated with urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 74: 241-258, 1998
- CASTRILLO, C., FONDEVILA, M., GUADA, J.A., et al. Effect of ammonia treatment and carbohydrate supplementation on the intake and digestibility of barley straw diets by sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 51: 73-90, 1995.
- CHERMITI, A., TELLER, E., VANBELLE, M. et al. Effect of ammonia or urea treatment of straw on chewing behavior and ruminal digestion processes in non-lactating dairy cows. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 47: 41-51, 1994.
- CHIQUELLE, J., FLIPOT, P.M., TINET, C.M. effect Of ammoniation and urea addition on chemical composition and digestibility of mature timothy hay, and rumen fluid characteristics of growing steers. **Can. J. Anim. Sci.**, 72: 299-308, 1992.
- DESCHARD, G., TETLOW, R.M., MASON, V.C. Treatment of whole crop cereals with alkali. 3. Voluntary intake and digestibility studies in sheep given immature wheat ensiled with sodium hydroxide, urea or ammonia. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 18: 283-293, 1987.
- DIAS-DA-SILVA, A.A., FERREIRA, A.M., GUEDES, C.V.M. Effects of moisture level, treatment time and soya bean addition on the nutritive value of urea-treated maize stover. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 19 (1/2): 67-77, 1988.
- DOLBERG, R. Progressos na utilização de resíduos de culturas tratadas com uréia-amônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM RUMINANTES, Lavras, 1992. **Anais...** Lavras: ESAL, 1992. p.322-337.
- DRYDEN, G.L., LENG, R.A. Effects of ammonia and sulphur dioxide gases on the composition and digestion of barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 19 (1/2): 121-133, 1988.
- FAHEY, Jr, G.C., BOURQUIN, L.D., TITGEMEYER, E.C. et al. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R. (ed.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: Crop Science Society of America Inc., 1993. p.715-766.
- FAHMY, S.T., ORKOV, E.R. Digestion and utilization of straw. I. Effect of different chemical treatments on degradability and digestibility of barley straw by sheep. **Anim. Prod.**, 38: 69-74, 1984.
- FAMHY, S.T.M. e KLOPFENSTEIN, T.J. Treatment with different chemicals and their effects on the digestibility of maize stalks. 2. Intake and *in vivo* digestibility as affected by chemical treatment and monensin supplementation. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 45(3/4): 309-316, 1994.

- FERREIRA, J.Q. **Efeito da amônia anidra sobre a qualidade da palhada de arroz (*Oryza sativa* L.) e do feno de aveia (*Avena strigosa* Schreb.)**. Viçosa, MG, UFV, 1989. 110p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- GARRETT, W.N., WALKER, H.G., KOHLER, G.O. et al. Response of ruminants to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice straw. **J. Anim. Sci.**, 48 (1): 93-103, 1979.
- GIVENS, D.I., ADAMSON, A.H., COBBY, J.M. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oat straws. II. Digestibility and energy value measurements *in vivo* and their prediction from laboratory measurements. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 19: 173-184, 1988.
- GOTO, M., YOKOE, Y., TALABE, L. et al. Effects of gaseous ammonia on chemical and structural features of cell walls in spring barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 40: 207-221, 1993.
- GOTO, M., YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water-holding capacity. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 58: 239-247, 1996.
- GROTHER, M.D, CROSS, D.L., GRIMES, L.W. effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on nutritional and preservatory characteristics of dry and high-moisture coastal Bermuda grass hay. **Grass and Forage Sci.**, 14:55-65, 1986.
- HADJIPANAYIOTOU, M. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. **Grass and Forage Sci.**, 37(1):89-93, 1982.
- HERRERA-SALDANA, R., CHURCH, D.C., KELLEMS, R.O. The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. **J. Anim. Sci.**, 54 (3): 603-608, 1982.
- HERRERA-SALDANA, R., CHURCH, D.C., KELLEMS, R.O. Effect of ammoniation treatment of wheat straw on *in vitro* and *in vivo* digestibility. **J. Anim. Sci.**, 56 (4): 938-942, 1983.
- HORTON, G.M.J. Composition and digestibility of cell wall components in cereal straws after treatment with anhydrous ammonia. **Canadian J. Anim. Sci.**, 61: 1059-1062, 1981.
- HORTON, G.M.J., STEACY, G.M. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straws by steers. **J. Anim. Sci.**, 48 (5): 1239-1249, 1979.
- HORTON, G.M.J., NICHOLSON, H.H., CHRISTENSEN, D.A. Ammonia and sodium hydroxide treatment of wheat straw in diets for fattening steers. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 7: 1-10, 1982.

- HUSSAIN, O., CHEEKE, P.R., JOHNSON, D.E. Evaluation of grass straw: Corn juice silage as a ruminant feedstuff: digestibility, straw ammoniation and supplementation with by-pass protein. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 57 (1/2): 1-13, 1996.
- JAYASURIYA, M.C.N., PEARCE, G.R. The effect of urease enzyme on treatment time and the nutritive value of straw treated with ammonia as urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 38: 271-281 1983.
- JOY, M., ALIBÉS, X., MUÑOS, F. Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 38 (3/4): 319-333, 1992.
- JUNG, H.G., FAHEY Jr, G.C. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: a review. **J. Anim. Sci.**, 57 (1): 206-219, 1983.
- KLEE, G.G., VIDAL, A.V. Efectos del tratamiento con amoniaco anhidro de la paja de trigo en los aumentos de peso y consumo de novillos holandeses. **Agricultura Técnica Chile.**, 46 (1): 3-8, 1986.
- KIANGI, E.M.I., KATEGILE, J.A., SUNDSTOL, F. Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 6: 337-386, 1981.
- KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **J. Anim. Sci.**, 56 (3): 841-848, 1978.
- LAWLOR, A., O'SHEA, J. The effect of ammoniation on the intake and nutritive value of straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 4(3): 169-175, 1979.
- 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. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 47: 141-150, 1994.
- LI, X., HANSEN, W.P, OTTERBY, D.E. et al. Effect of additives on fermentation of corn silage containing different amounts of added nitrate nitrogen. **J. Dairy Sci.**, 75: 1555-1561, 1992.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 57 (4): 347-358, 1996.
- MANDELL, I.B., CHRISTISON, G.I., NICHOLSON, H.H. et al. The effect of variation in the water content of wheat straw before ammoniation on its nutritive value for beef cattle. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 20: 111-124, 1988.
- McDONALD, P., HENDERSON, A.R. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensiling. **J. Sci. Food Agric.**, 13: 395-400, 1962.

- MGHENI, D.M., KIMAMBO, A.E., SUNDSTOL, F. et al. Influence of urea treatment or supplementation on degradation, intake and growth performance of goats fed rice straw diets. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 44: 209-220, 1993.
- MOORE, K.J., LECHETENBERG, V.L., HENDRIX, K.S., et al. Quality of orchardgrass hay ammoniated at different rates, moisture concentrations, and treatment durations. **Agron. J.**, 77(1): 67-71, 1985.
- MOORE, K.J., LEMENAGER, R.P.; LECHTENBERG, V.L. et al. Digestion and utilization of ammoniated grass-legume silage. **J. Anim. Sci.**, 62: 235-243, 1986.
- NATIONAL FORAGE TESTING ASSOCIATION – NFTA. **Single step total dry matter determinations.** [www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp\(01/03/2000\)](http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp(01/03/2000)).
- NEIVA, J.N. **Valor nutritivo da silagem e do rolão de milho (*Zea mays* L.) amonizados.** Viçosa, MG, UFV, 1995. 122p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- NEIVA, J.N., GARCIA, R., VALADARES FILHO, S.C., et al. Características químicas da silagem e do rolão de milho amonizados. **R. Bras. Zootec.**, 27 (3): 461-465, 1998.
- OLIVEROS, B.A., BRITTON, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J. Ammonia and/or calcium hydroxide treatment of maize stover: intake, digestibility and digestion kinetics. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 44: 59-72, 1993.
- ORSKOV, E.R., REID, G.W., HOLLAND, S.M., The feeding value for ruminants of straw and whole-crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 8 (4): 247-257, 1983.
- PAIVA, J.A.J. **Níveis de amônia anidra, períodos de amonização e de aeração sobre a composição químico-bromatológica e a degradabilidade *in situ* da palhada de milho (*Zea mays* L.).** Viçosa, MG, UFV, 1992. 162p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. de. 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.). **R. Soc. Bras. Zootec.**, 24 (5): 672-682, 1995a.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. de. et al. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os teores dos constituintes da parede celular na palhada de milho (*Zea mays* L.). **R. Bras. Zootec.**, 24 (5): 683-692, 1995b.

- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. de. et al. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre a degradabilidade da matéria seca e de constituintes da parede celular da palhada de milho (*Zea mays* L.). **R. Bras. Zootec.**, 24 (5): 693-705, 1995c.
- PEREIRA, J.R.A., EZEQUIEL, J.M.B., REIS, R.A. et al. Efeitos da amonização sobre o valor nutritivo do feno de capim braquiária. **Pesq. Agrop. Bras.**, 28(12):1451-1455, 1993.
- PHILLIP, L.E., GARINO, H.J., ALLP, E. et al. Effects of anhydrous ammonia on amino acid preservation and feeding value of high-moisture ear corn for growing steers. **Can. J. Anim. Sci.**, 65:411-417, 1985.
- PIRES, A.J.V., GARCIA, R. CECON, P.R. et al. amonização da quirera de milho com alta umidade. **R. Bras. Zootec.**, 26 (6): 1186-1193, 1999.
- RAMANZIN, M.; ORSKOV, E.R. TUAH, A.K. Rumen degradation of straw. 2. Botanical fraction of straw from two barley cultivars. **Anim. Prod.**, 43:271-278, 1986.
- REIS, A.R. **Efeitos da aplicação de amônia anidra sobre o valor nutritivo dos fenos de gramíneas forrageiras de clima tropical.** Viçosa, MG. UFV, 1989. 120p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- REIS, R.A., GARCIA, R., SILVA, D.J. da, et al. Efeitos da aplicação de amônia anidra sobre a digestibilidade do feno do capim-braquiária. (*Brachiaria decumbens* Stapf). **R. Bras. Zootec.**, 19 (3): 201-208, 1990a.
- REIS, R.A., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. et al. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* dos fenos de três gramíneas forrageiras de clima tropical. **R. Bras. Zootec.**, 19 (3): 219-224, 1990b.
- REIS, R.A., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. et al. Efeitos da amonização sobre a qualidade dos fenos de gramíneas tropicais. **Pesq. Agrop. Bras.**, 26 (8):1183-1191, 1991.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., NAHAS, E. et al. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes teores de umidade. **Pesq. Agrop. Bras.**, 28 (4): 539-543, 1993.
- REIS, R.A., ANDRADE, P., ROSA, B. Efeito da suplementação protéica sobre o valor nutritivo da palhada de aveia preta tratada com amônia. **R. Bras. Zootec.**, 24 (2): 233-241, 1995.
- REIS, A.R., PANIZZI, R de C., ROSA, B. et al. Efeitos da amonização sobre a ocorrência de fungos, composição química e digestibilidade *in vitro* de fenos de grama seda (*Cynodon dactylo* (L.) Pers.). **R. Bras. Zootec.**, 26 (3): 454-460, 1997.



- REIS, A.R., RODRIGUES, L.R. de A., RUGGIERI, A.C. et al. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. In: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 35, Anais... Botucatu, 1998a.
- REIS, R.A., RODRIGES, L.R.A., PEREIRA, J.R.A., et al. Procedimentos analíticos para prever a eficiência da amonização. In: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 35, Anais... Botucatu, 1998b.
- ROSA, B., REIS, R.A., RESENDE, K.T. de. et al. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk amonizados. In: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 35, Anais... Brasília, 1995.
- ROSA, B., REIS, R.A., RESENDE, K.T. de. et al. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **R. Bras. Zootec.**, 27 (4): 815-822, 1998.
- 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. **J. Anim. Sci.**, 54 (2): 419-425, 1982a.
- SAENGER, P.F., LEMENAGER, R.P., HENDRIX, K.S. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effect on digestibility, intake and performance of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, 54: 419, 1982b.
- SAENGER, P.F., LEMENAGER, R.P., HENDRIX, K.S. Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon *in vitro* digestion, performance and intake by beef cattle. **J. Anim. Sci.**, 56 (1): 15-20, 1983.
- SALEM, H.B., NEFZAOU, A., ROKBANI, N. Upgrading of sorghum stover with anhydrous ammonia or urea treatments. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 48: 15-26, 1994.
- SARMENTO, P., GARCIA, R., PIRES, A.J.V., et al. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. **R. Bras. Zootec.**, 28 (6): 1203-1208, 1999.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, Impr.Univ., 1990. 165p.
- SOUZA, A.C.L., SILVA, J.F.C., VASQUEZ, J.M. Efeito de fontes e níveis de amônia sobre a fração nitrogenada de subprodutos da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.). In: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 35, Anais... Botucatu, 1998.
- SOUZA, A.L. de. **Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio**. Viçosa, MG. UFV, 1999. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- SUMMERS, C.B., SHERRON, L.B. Sodium hydroxide treatment of different roughages. **J. Anim. Sci.**, 41(1): 420, 1975.

- TEIXEIRA, J.R.C. **Efeito da amônia anidra no valor nutritivo da palhada de milho mais sabugo e do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv camerounais fornecidos a novilhos nelore em confinamento.** Viçosa, MG. UFV, 1990. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **J. Anim. Sci.**, 26: 119-128, 1967.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** New York: Cornell University Press, 1994, 476p.
- VAN SOEST, P.J., MANSON, V.C. The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feed. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 32(1/3): 45-53, 1991.
- VILELA, D. **Avaliação nutricional da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) submetido a emurchecimento e adição de uréia na ensilagem.** Viçosa, MG. UFV, 1989. 186p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- WAISS Jr, A.C., GUGGOLZ, J., KOHLER, G.O. et al. Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. **J. Anim. Sci.**, 35 (1): 109-112, 1972.
- WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M, BREWER, A. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. I. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 11 (2): 103-113, 1984.
- WYLIE, A.R.G., STEEN, R.W. effect OF anhydrous ammonia treatment on the chemical composition and nutritive value of grass hay and on intake and performance in beef steers. **Grass and Forage Sci.**, 43: 79-86, 1988.
- WOOLFORD, M.K., TETLOW, R.M., The effect of anhydrous ammonia and moisture content on the preservation and chemical composition of perennial ryegrass hay. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 11: 159-166, 1984.
- ZORILLA-RIOS, J., OWENS, F.N., HORN, G.W. et al. Effect of ammoniation of wheat straw on performance and digestion kinetics in cattle. **J. Anim. Sci.**, 60: 814-821, 1985.