

MIGUEL ARCANJO MOREIRA FILHO

TECNOLOGIAS DE USO DE URÉIA ASSOCIADO A PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO
DO RESTOLHO DA CULTURA DO MILHO PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
TERESINA, PIAUÍ
2010

MIGUEL ARCANJO MOREIRA FILHO

TECNOLOGIAS DE USO DE URÉIA ASSOCIADO A PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO
DO RESTOLHO DA CULTURA DO MILHO PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
TERESINA, PIAUÍ
2010

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castelo Branco

M838t Moreira Filho, Miguel Arcanjo
 Tecnologias de uso de uréia associado a processo de conservação
 do restolho da cultura do milho para alimentação de ruminantes [ma-
 nuscrito] / Miguel Arcanjo Moreira Filho – 2010.
 73f.: il. ;

 Cópia de computador (printout)
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa
 de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2010.
 “Orientador: Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves”

 1. *Zea mays* 2. Composição bromatológica 3. Degradação *in situ*
 4. Valor nutritivo I. Título

CDD 633.15

TECNOLOGIAS DE USO DE URÉIA ASSOCIADO A PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO
DO RESTOLHO DA CULTURA DO MILHO PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Miguel Arcanjo Moreira Filho

Dissertação Aprovada em: 26/02/2010

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves – DZO/CCA/UFPI
Presidente

Profa. Dra. Vânia Rodrigues Vasconcelos – DZO/CCA/UFPI
Membro Interno

Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério – DZO/UVA
Membro Externo

Aos meus queridos pais *Miguel Arcanjo Moreira* e *Francisca Lúcia de Araújo*, pelo exemplo de vida, honestidade, humildade e amor;

Aos meus Avôs *Francisca Cavalcante*, *José Moreira*, *Maria José* e *Antonio Dionísio*, à minha irmã, *Leidiana Moreira*, e aos meus tios(as) e primos(as), pelo estímulo, dedicação e convivência, sempre voltados para o amor e carisma,

AGRADECIMENTOS

A *DEUS*, primeiramente, que me iluminou, me capacitou, e me deu forcas, perseverança e entusiasmo para chegar até aqui. Glórias te dou, ó Pai.

À *Universidade Federal do Piauí*, pela oportunidade de me formar em Engenharia Agrônômica e ingressar no Curso de Mestrado em Ciência Animal, proporcionando-me compartilhar de momentos maravilhosos junto a todos que dela participam, sejam estudantes, professores ou servidores.

Ao *CNPq*, pela concessão da Bolsa de Mestrado, o que me fez dedicar mais tempo aos estudos e condução do experimento para elaboração da Dissertação.

Ao meu inestimável orientador professor *Arnaud Azevêdo Alves*, pela capacidade de mostrar, em poucas palavras, o real objetivo de que precisávamos, pela amizade inesquecível, por, de certa forma, ser colaborador intelectual de muitos dos meus momentos profissionais, pelos conselhos, pelas contínuas colaborações e pelo apoio moral que sempre me deu.

Aos professores Dr. *Marcos Cláudio Pinheiro Rogério* e Dra. *Vânia Rodrigues Vasconcelos*, pela participação na banca examinadora e pelas críticas e sugestões prestadas para melhoria desta Dissertação.

Aos professores do DZO/CCA/UFPI *Maria Elizabete, João Batista e Márvio Lobão*, pelos conselhos, amizade e apoio.

Ao doutorando em Zootecnia/UFRPE *Daniel César da Silva*, por ter se mostrado um grande amigo, pela colaboração na condução do experimento e coleta de amostras e pela agradável convivência enquanto na UFPI.

Aos mestrandos em Ciência Animal/UFPI *Marcônio Martins, Raniel Lustosa e Yânez André*, pela amizade e colaboração na condução do experimento e análises laboratoriais.

Aos acadêmicos de Engenharia Agrônômica/UFPI *George Vale, Cícero Fortes, Indira Portela e Abigail Cavalcante* pela amizade e apoio em determinadas fases do experimento.

Aos laboratoristas do Laboratório de Nutrição Animal do DZO/CCA/UFPI, *Manoel José de Carvalho e Lindomar de Moraes Uchoa*, pelo apoio nas análises laboratoriais.

À pesquisadora aposentada da Embrapa Meio-Norte, *Maria do P. Socorro C. Bona do Nascimento*, grande amiga, sempre disposta a colaborar.

Aos laboratoristas do Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, *Antonio Carlos dos Santos* e *Luis José Duarte Franco* por sempre se mostrarem dispostos a ajudar e pela amizade.

Aos professores e amigos *Danielle Azevêdo*, *Ivan Sampaio*, *José Neuman*, *Nonato Pereira*, *Elivalto*, *Agustinho Valente*, *Nasaré Bona* e outros que de certa forma colaboraram com esta conquista.

Aos professores do Departamento de Química da UFPI *Sebastião (Tião)* e *Hormesino*, pela amizade e por se mostrar sempre disposto a colaborar.

Aos colegas e amigos *Luis Segundo*, *Márcia*, *Gynna*, *Laí*, *Márcio*, *Joubert*, *Jacquecilene*, *Aline Mendes*, *Lília Fé*, *Daugerlândia*, *Hosmylton*, *Snaylla*, *Elvânia*, *Elizabeth*, *Átila*, *Eduardo*, *Geslane*, *Bruno Spindola*, *Cauê*, *Kelson* e outros estudantes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí que, mesmo sem perceber, ensinaram-me muitas coisas.

Ao professor do CAT/UFPI *Raimundo José Rocha (Rai)*, por ter concedido a forragem utilizada no experimento, sendo esta proveniente de parte de sua Tese de Doutorado em Agronomia/UNESP Jaboticabal, para confecção do feno e da silagem, e pela amizade.

Ao servidor do DZO/CCA/UFPI *José Soares de Moraes (Zé da Burra)*, pela disposição e apoio no manejo do animal fistulado durante o experimento.

Aos funcionários dos Programas de Pós-Graduação/CCA/UFPI *Luis Gomes da Silva*, *Ciência Animal* e *Vicente de Sousa Paulo*, *Agronomia* e ao funcionário do Setor de Serviços Gerais/UFPI *Justino Figueiredo Barbosa*, pelo apoio e disposição em ajudar.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho, meu muito obrigado.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Miguel Arcanjo Moreira Filho, filho de Miguel Arcanjo Moreira e Francisca Lúcia de Araújo, nasceu em São Miguel do Tapuio, estado do Piauí, no dia 27 de outubro de 1982.

Em 2002, ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Piauí, tendo concluído o mesmo no dia 28 de setembro de 2007, onde na ocasião, recebeu homenagem do Centro de Ciências Agrárias/UFPI, com o título de melhor aluno da turma de formandos do 1º período de 2007.

Quando graduando, teve a oportunidade de estagiar na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, sob a orientação da Dra. Maria do P. Socorro C. Bona do Nascimento, durante o período de 2005 a 2006 e foi bolsista de Iniciação Científica da Universidade Federal do Piauí, sob orientação do Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves, durante os anos de 2006 a 2007.

Enviou artigos científicos para publicação em periódicos, publicou comunicações de pesquisa em Anais de eventos, apresentou trabalhos em eventos científicos e palestras em eventos acadêmicos.

Em 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, em Teresina, no curso de Mestrado em Ciência Animal, na área de concentração Produção Animal, realizando estudos, participando de grupos de pesquisa e realizando, também, atividades de ensino e pesquisa em Nutrição de Ruminantes, sob orientação do Prof. Dr. Arnaud Azevêdo Alves.

Em 26 de fevereiro de 2010, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da Dissertação de Mestrado intitulada *Tecnologias de uso de uréia associado a processos de conservação do restolho da cultura do milho para alimentação de ruminantes*.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Importância da adubação nitrogenada na cultura do milho	17
2.2 uso de coprodutos da cultura do milho na alimentação de ruminantes	18
2.3 Uso da uréia na melhoria do valor nutritivo de coprodutos da cultura do milho	19
2.4 Parâmetros de fermentação da silagem com adição de uréia	20
2.5 Degradabilidade ruminal <i>in situ</i> de coprodutos da cultura do milho	21
3 CAPÍTULO 1 – Valor nutritivo e parâmetros fermentativos da silagem de restolho da cultura do milho com adição de uréia para alimentação de ruminantes	23
4 CAPÍTULO 2 – Valor nutritivo do feno de restolho da cultura do milho amonizado com uréia para alimentação de ruminantes	47
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS	68
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DOS ITENS 1 E 2	69

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela	Página
1 Composição bromatológica do restolho da cultura do milho quando da ensilagem	27
2 Composição centesimal dos ingredientes e composição bromatológica da dieta para o bovino utilizado no ensaio de degradabilidade <i>in situ</i>	29
3 Composição bromatológica da silagem de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia	31
4 Teor de extrato etéreo da silagem de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia	32
5 Parâmetros fermentativos da silagem de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia	32
6 Parâmetros de degradação, degradação potencial (DP) e degradação efetiva (DE) para as taxas de passagens 2, 5 e 8%/h, da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da silagem de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e adição de uréia	38
7 Médias da degradação ruminal (%) da matéria seca (Deg MS), proteína bruta (Deg PB) e fibra em detergente neutro (Deg FDN) da silagem de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e adição de uréia	39
8 Médias da interação adubação nitrogenada x tempo de incubação para a degradação da matéria seca, adubação nitrogenada x níveis de uréia para degradação da proteína bruta e níveis de uréia x tempo de incubação para degradação da fibra em detergente neutro da silagem de restolho da cultura do milho	39

CAPÍTULO 2

Tabela	Página
1 Composição bromatológica do restolho da cultura do milho quando da fenação	51
2 Composição centesimal dos ingredientes e composição bromatológica da dieta para o bovino utilizado no ensaio de degradabilidade <i>in situ</i>	53
3 Composição bromatológica do feno de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e amonizado com uréia	55

Tabela	Página
4 Parâmetros de degradação, degradação potencial (DP) e degradação efetiva (DE) para as taxas de passagens 2, 5 e 8%/h, da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro do feno de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e da amonização	60
5 Médias da degradação ruminal (%) da matéria seca (Deg MS), proteína bruta (Deg PB) e fibra em detergente neutro (Deg FDN) do feno de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e da amonização	61
6 Médias da interação adubação nitrogenada x níveis de amonização e níveis de amonização x tempo de incubação para degradação da fibra em detergente neutro do feno de restolho da cultura do milho	62

RESUMO

Foram avaliadas tecnologias de uso de uréia associado a processos de conservação do restolho da cultura do milho obtido sob diferentes níveis de adubação para alimentação de ruminantes. A cultura do milho foi implantada em área experimental do Colégio Agrícola de Teresina da Universidade Federal do Piauí, adubada com diferentes doses de nitrogênio, sendo parte desta destinada à ensilagem e outra à fenação. Avaliou-se a composição bromatológica e os parâmetros fermentativos da silagem, adotando-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 3 (níveis de adubação 40, 120 e 200 kg de N/ha x níveis de adição de uréia 0, 3 e 6%), com quatro repetições (minissilos) e em esquema fatorial 3 x 3, com três repetições e em parcelas subdivididas nos tempos 0, 6, 24 e 72 h de incubação no rúmen para avaliação da degradabilidade *in situ* da MS, PB e FDN. Avaliou-se a composição bromatológica do feno adotando-se o DIC, em esquema fatorial 3 x 2 (níveis de adubação 40, 120 e 200 kg de N/ha x níveis de adição de uréia 0, 3 e 6%), com quatro repetições (sacos) e em esquema fatorial 3 x 2, com três repetições e em parcelas subdivididas nos tempos 0, 6, 24 e 72 h de incubação no rúmen para avaliação da degradabilidade *in situ* da MS, PB e FDN. Quanto à silagem, a adubação nitrogenada, a adição de uréia às silagens e a interação destes fatores não influenciaram ($P>0,05$) os teores de MS e NIDA, em média $26,16\pm 2,47$ e $10,77\pm 3,24\%$, respectivamente. A adubação com 200 kg de N/ha resultou em maior teor de PB na silagem ($10,27\pm 2,10\%$), atribuindo-se à maior deposição de N à forragem e à maior participação de folhas na MS total da forragem com o incremento da adubação. A inclusão de 3 e 6% de uréia às silagens resultou em aumento ($P<0,05$) de 71,31 e 81,77%, respectivamente, no teor de PB, em relação à silagem exclusiva de restolho da cultura do milho. A adição de uréia às silagens de restolho da cultura do milho em até 6% da MS não influenciou ($P>0,05$) o teor de FDN ($57,49\pm 3,75\%$) e aumentou ($P<0,05$) o teor de FDA, em média $31,50\pm 1,01$, $32,73\pm 1,77$ e $34,91\pm 3,11\%$, respectivamente para 0, 3 e 6% de adição de uréia. O teor CNF diminuiu ($P<0,05$) com a adição de uréia à silagem, porém, se manteve acima do mínimo para uma boa silagem (8 a 10% da MS). A elevada umidade da massa ensilada pode lixiviar a uréia e reduzir os efeitos desta sobre os constituintes fibrosos, podendo apresentar variáveis efeitos sobre os constituintes da fração fibrosa. O pH e o teor de N-NH₃ (% do N total) aumentaram ($P<0,05$) com a adição de uréia à silagem de restolho de milho, ficando acima do preconizado para uma boa silagem, pH 3,8 a 4,2 e no máximo 5% do N total como N-NH₃, o que é explicado pelas características da uréia, em ser uma base com elevada capacidade tamponante, o que impede a rápida queda do pH da massa ensilada e por, também, ser uma fonte de amônia, em que ao adicioná-la à silagem, também adiciona-se N-NH₃. A adição de uréia à silagem na influenciou ($P>0,05$) a degradação da MS, em média $52,19\pm 17,83\%$. A degradação e a fração solúvel da PB aumentaram ($P<0,05$) com a adição de uréia à silagem em virtude da adição de NNP advindo da uréia adicionada, o que pode também, se explicado pela redução ($P<0,05$) do teor de NIDA ($12,71\pm 3,08$, $10,11\pm 2,85$ e $9,50\pm 4,04\%$ do N total, para 0, 3 e 6% de adição de uréia, respectivamente). A taxa de degradação da fração *b* para MS apresentou-se, em média, superior a 2,0%/h. Quanto ao feno, houve redução ($P<0,05$) do teor de MS com a amonização, fato atribuído à umidade adicionada ao material tratado, portanto, não implica em perda de MS. A amonização com 3% de uréia resultou em 85,99% de aumento ($P<0,05$) no teor de PB em relação ao feno não tratado, justificável pela adição de NNP como hidróxido de amônia (NH₄OH), o qual pode ser utilizado como substrato para crescimento da população microbiana do rúmen. A adubação nitrogenada e a amonização com 3% de uréia, na MS, resultou em aumento ($P<0,05$) no teor de FDN e redução ($P<0,05$) do teor de FDA do feno de restolho da cultura do milho, com médias $62,31\pm 0,82\%$,

56,39±0,58 e 57,44±1,58% de FDN e 35,26±1,43, 33,38±1,81 e 33,59±2,73% de FDA para adubação com 200, 120 e 40 kg de N/ha, respectivamente, e amonização com 3% de uréia, com base na MS. Era esperado aumento do teor de HCEL com o aumento das doses de N, em virtude deste ser calculado por diferença entre FDN e FDA, porém, a amonização com 3% de uréia resultou em decréscimo ($P<0,05$) do teor de HCEL nas adubações com 40 e 120 kg de N/ha, o mesmo não sendo observado para adubação com 200 kg de N/ha, quando o teor de HCEL no feno amonizado (30,91±0,34%) superou ($P<0,05$) o obtido para o feno não amonizado (25,28±2,77%). A amonização com uréia resultou em diminuição ($P<0,05$) do teor de NIDA do feno de restolho da cultura do milho, com média 9,56±1,76% do N total para o feno amonizado e 18,50±2,26% do N total para o feno não tratado. A degradação ruminal *in situ* da MS, PB e FDN do feno não tratado foi 48,68±17,21, 56,48±13,33 e 33,57±23,41%, respectivamente. A degradação da PB aumentou ($P<0,05$) 33,57% com a amonização com 3% de uréia (75,44±9,04%), indicando maior disponibilidade da PB, tanto por adição de NNP, quanto pela redução de 48,34% no teor de nitrogênio associado ao complexo lignocelulose (NIDA), o que refletiu também em aumento ($P<0,05$) da fração *a* da MS e PB do feno amonizado. A degradação da FDN aumentou ($P<0,05$) 11,97% com a amonização (38,41±27,72%) em relação ao feno de restolho da cultura do milho não amonizado (33,57±23,41%), o que pode ser explicado ação da amônia sobre os constituintes da parede celular. A taxa de degradação da fração *b* para MS, PB e FDN apresentou-se, em média, superior a 2,0%/h. A adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho obtido sob diferentes níveis de adubação não promove efeitos substanciais aos constituintes da parede celular e alteram o perfil de fermentação destas, incrementando o teor de PB e a degradabilidade *in situ* da MS e PB, indicando-se adição de 3% de uréia, com base na MS. A amonização promove a redução dos constituintes da parede celular, incrementando o teor de PB, a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da MS, PB e FDN do feno de restolho da cultura do milho.

Palavras-chave: composição bromatológica, degradação *in situ*, *Zea mays*

ABSTRACT

Technologies to use of urea associated with the process of conservation of stubble of corn crop obtained under different fertilization levels for ruminants. Were evaluated corn was cultivated in the experimental field of Agricultural College of Teresina, Federal University of Piauí, fertilized with different nitrogen levels, in the part of forage was ensiled and other conserved as hay. We evaluated the chemical composition and silage fermentation parameters, adopting a completely randomized design (CRD) in factorial scheme 3 x 3 (fertilization levels 40, 120 and 200 kg N/ha x levels of urea 0, 3 and 6%), with four repetitions (experimental silos) and factorial scheme 3 x 3 with three replications and split plots at 0, 6, 24 and 72 h of incubation in the rumen for evaluation of *in situ* degradability DM, CP and NDF. It was evaluated the chemical composition of hay adopting um CRD, in a factorial 3 x 3 (fertilization levels 40, 120 and 200 kg N/ha x addition of urea levels 0, 3 and 6%), with four replicates (bags) and 3 x 3 factorial design with three replications and split plot on times 0, 6, 24 and 72 h of incubation in the rumen to evaluate *in situ* degradability of DM, CP and NDF. To silage, nitrogen fertilization, addition of urea and the interaction of these factors did not influence ($P>.05$) for DM and ADIN, with means 26.16 ± 2.47 and $10.77\pm 3.24\%$, respectively. Fertilization with 200 kg N/ha resulted in higher levels of CP in silage ($10.27\pm 2.10\%$), which was attributed to greater deposition of N to forage and increased participation of leaves in DM of forage with increasing fertilization. The inclusion of 3 and 6% urea to silages increased ($P<.05$) from 71.31 and 81.77%, respectively, the CP, for the exclusive silage stubble of corn. Addition of urea to silage stubble of corn up to 6% of DM did not affect ($P>.05$) NDF content ($57.49\pm 3.75\%$) and increased ($P<.05$) the ADF content, with means 31.50 ± 1.01 , 32.73 ± 1.77 and $34.91\pm 3.11\%$, respectively for 0, 3 and 6% urea addition. The NFC content decreased ($P<.05$) with the addition of urea to silage, however, remained above of the minimum for good silage (8-10% DM). The high moisture content of silage can leach the urea and reducing the effects of this on the fibrous constituents, which may have different effects on constituents of the fibrous fraction. The pH and N-NH₃ (% of total N) increased ($P<.05$) with the addition of urea to corn silage stubble, remaining above recommended levels for good silage, pH 3.8 to 4.2 and at most 5% of total N as N-NH₃, which is explained by characteristics of urea, a base with high buffering capacity, which prevents the rapid fall in pH of silage and as source of ammonia in the silage, also adds N-NH₃. The addition of urea to silage isn't significant ($P>.05$) to the degradation of DM, with mean $52.19\pm 17.83\%$. degradation and soluble fraction of CP increased ($P<.05$) with the addition of urea to silage because the addition of NPN arising from the added urea, which can also be explained by the reduction ($P<.05$) in NIDA content (12.71 ± 3.08 , 10.11 ± 2.85 and $9.50\pm 4.04\%$ of total N, for 0, 3 and 6% urea addition, respectively). The degradation rate of fraction *b* for MS presented, on average, more than 2.0%/h. To hay, DM content increased ($P<.05$) with the ammoniation, a fact attributed to moisture added to treated material, therefore, does not entail loss of DM. Ammoniation with 3% of urea resulted in increase ($P<.05$) of 85.99% in CP content compared to untreated hay, justified by the addition of NPN as ammonium hydroxide (NH₄OH), which may be used as substrate for growth of the rumen microbial population. The nitrogen fertilization and ammoniation with 3% of urea in DM, resulted in increase ($P<.05$) in NDF and decrease ($P<.05$) in ADF content of the hay of stubble of corn, with mean $62.31\pm 8.2\%$, 56.39 ± 5.8 and $57.44\pm 1.58\%$ NDF and 35.26 ± 1.43 , 33.38 ± 1.81 and $33.59\pm 2.73\%$ of ADF to fertilization with 200, 120 and 40 kg N/ha, respectively, and ammoniation with 3% of urea, based in MS. Was expected HCEL content increased with increasing doses of N because this is calculated by difference among NDF and ADF, however, ammoniation with 3% urea resulted in

a decrease ($P < .05$) in HCEL content in fertilization with 40 and 120 kg N/ha, the same not being observed in fertilization with 200 kg N/ha, while the HCEL content in ammoniated hay ($30.91 \pm 3.34\%$) was higher ($P < .05$) obtained for the non-ammoniated hay ($25.28 \pm 2.77\%$). Urea ammoniation resulted in decreased ($P < .05$) ADIN content of stubble of corn hay, with mean $9.56 \pm 1.76\%$ of N total for hay ammoniated and $18.50 \pm 2.26\%$ of N total for untreated hay. The *in situ* ruminal degradation of DM, CP and NDF of untreated hay was 48.68 ± 17.21 , 56.48 ± 13.33 $33.57 \pm 23.41\%$, respectively. The degradation of CP increased ($P < .05$) 33.57% with ammoniated with 3% of urea ($75.44 \pm 9.04\%$), indicating greater availability of CP, either by addition of NPN, as by reduction of 48.34% in nitrogen content associated with the complex lignocellulose (ADIN), which also reflected in increase ($P < .05$) in DM and CP fraction *a* of ammoniated hay. The degradation of NDF increased ($P < .05$) with ammoniation 11.97% ($38.41 \pm 27.72\%$) compared to stubble of corn hay not ammoniated ($33.57 \pm 23.41\%$), which can be explained by action of ammonia on cell wall constituents. The degradation rate of fraction *b* for DM, CP and NDF showed in average more than $2.0\%/h$. The addition of urea stubble of corn silage obtained under different levels of fertilization does not promote substantial effects on cell wall and alter the profile of these fermentation, increasing the CP content and DM and CP *in situ* degradability, indicating to addition of 3% urea, based in DM. Ammoniation promotes the reduction of cell wall constituents, increasing the CP content, the *in situ* degradability and the kinetics of DM, CP and NDF degradation of stubble of corn hay.

Key words: chemical composition, *in situ* degradation, *Zea mays*

1 INTRODUÇÃO

A pecuária da região Nordeste sofre grandes consequências dos prolongados períodos secos e irregular distribuição de chuvas, o que provoca sazonalidade de produção de forragem, levando também à produção estacional dos rebanhos, causando prejuízo pela redução de produtividade de ruminantes ou mesmo pela redução da vida útil destes (Neiva e Voltoline, 2006).

A necessidade de suplementação alimentar de ruminantes durante o período seco torna os métodos de conservação de forragem disponível no período chuvoso bastante recomendados, como forma de suprir as exigências nutricionais dos rebanhos. Para isto, tem-se pesquisado alternativas que reflitam na diminuição dos custos, como uso de capins com idade avançada, palhadas, restolhos de culturas e resíduos do beneficiamento de grãos de culturas anuais, como o milho (*Zea mays* L.), a soja (*Glycine max* L.), o arroz (*Oriza sativa* L.) e o trigo (*Triticum aestivum* L.) (Paiva et al., 1995a; Rosa e Fadel, 2001), destacando-se que na região Nordeste do Brasil, no ano de 2009 foram cultivados quase 3 milhões de hectares com a cultura do milho (CONAB, 2009).

Ao contrário de países desenvolvidos onde é comum o uso da planta de milho completa na alimentação animal, nos países em desenvolvimento a alta demanda por grãos para consumo humano limita a utilização deste volumoso para a alimentação de ruminantes (Otieno et al., 1990).

Denomina-se palhada de milho o resíduo agrícola correspondente à parte aérea da planta de milho sem as espigas, seca naturalmente a campo, equivalente ao restolho da cultura do milho, com a exceção do restolho ser colhido antes da secagem natural a campo. Segundo Otieno et al. (1990), a utilização da palhada e do restolho seco a campo resulta em baixa qualidade nutritiva, devido o animal selecionar as partes menos fibrosas, rejeitando as mais lignificadas, como o colmo (Tuah, 1990).

No Brasil, em condições práticas, ocorre produção de 2 a 3 t de grãos de milho/ha e 10 a 12 t de palhada/ha, considerada baixa por Borges (2006), o que está relacionado principalmente à baixa fertilidade natural dos solos e uso inadequado de calagem e adubação. Apesar disso, o restolho da cultura do milho mostra-se bastante promissor para a alimentação de ruminantes, pois aproximadamente 65% do nitrogênio retido pela planta é translocado para os grãos e 35 a 45% para as demais partes da planta (EMBRAPA, 1996; Lara Cabezas et al., 2000; 2004), consistindo em um alimento volumoso com potencial energético para ruminantes (Paiva et al.,

1995a) além de poder ser submetido às técnicas de conservação de forragem por ensilagem e fenação.

As palhadas são de baixa qualidade, com elevado conteúdo de parede celular, principalmente lignina e sílica e baixo teor de proteína bruta, com degradabilidade da matéria seca bastante reduzida (Paiva et al., 1995b), se fazendo necessário o desenvolvimento de estudos em tecnologias simples e adequadas para melhorar o valor nutritivo desses resíduos agrícolas, sob diferentes formas de conservação (Otieno et al., 1990), incentivando-se assim a utilização na alimentação de ruminantes, o que segundo Paiva et al. (1995a), no Brasil ainda é pouco aproveitado de forma racional.

O tratamento químico visando melhorar o valor nutritivo de volumosos de baixa qualidade teve início na primeira década do século XX (Rosa e Fadel, 2001), utilizando-se a amônia anidra ou a uréia como fontes de amônia. Segundo Garcia (1992), no Brasil, esta linha de pesquisa teve início na década de oitenta, porém, trabalhos com a palhada da cultura do milho, tratada com produtos químicos, são recentes, apresentando resultados satisfatórios quanto ao aumento do teor de nitrogênio total e à retenção de nitrogênio, à redução dos constituintes da parede celular e ao aumento da degradabilidade da matéria seca e de constituintes da parede celular (Paiva et al., 1995abc). Assim, há necessidade de se pesquisar tecnologias para conservação e melhoria do valor nutritivo de restolhos da cultura do milho que levem em consideração o manejo adotado para a produção de grãos.

Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar tecnologias de uso de uréia associado a processos de conservação do restolho da cultura do milho obtido sob diferentes níveis de adubação para alimentação de ruminantes.

Esta Dissertação apresenta-se estruturada em duas partes, Parte I, consistindo da Introdução e do Referencial Teórico, redigidos segundo as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí; e Parte II, referente ao Capítulo 1 – *Valor nutritivo e parâmetros fermentativos da silagem de restolho da cultura do milho com adição de uréia para alimentação de ruminantes* e Capítulo 2 – *Valor nutritivo do feno de restolho da cultura do milho amonizado com uréia para alimentação de ruminantes*, apresentados em formato de artigos científicos, redigidos de acordo com as normas editoriais dos periódicos *Revista Brasileira de Zootecnia* e *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, respectivamente, aos quais serão submetidos para publicação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da adubação nitrogenada na cultura do milho

O nitrogênio (N) é o nutriente que apresenta maior cinética no sistema solo e por sua vez é exigido em maiores quantidades pelas culturas (Guilherme et al., 1995), apresentando funções relevantes na produção do milho, participando significativamente no aumento da produtividade, sendo um dos principais constituintes de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de ter importante função como integrante da molécula da clorofila (Bull, 1993).

O N é absorvido pelas plantas nas formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). A forma nítrica é mais absorvida pelos vegetais, porém é pouco retida pelos colóides do solo, sendo facilmente lixiviada pelas águas provenientes das chuvas ou irrigações. Ainda pode ocorrer perda de N do solo por erosão e volatilização. A forma amoniacal apresenta a vantagem de ser retida pelas cargas negativas dos colóides do solo, retardando sua movimentação e, conseqüentemente, a perda por lixiviação (EMBRAPA, 1996).

A planta do milho absorve o N por todo o seu ciclo vegetativo, sendo em pequena quantidade nos primeiros 30 dias, aumentando de maneira considerável a partir desse ponto, fato que justifica o parcelamento da adubação nitrogenada. Não há uma recomendação fixa da quantidade de N a ser utilizada na adubação de culturas, sendo a mesma fundamentada em curvas de respostas, de acordo com as condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 1996). A definição destas curvas de consumo evita tanto a possível deficiência quanto que a planta absorva quantidade além do necessário para produtividade (Maggio, 2006).

Os problemas de fertilidade do solo ocorrem com maior incidência quando o restolho é colhido ainda verde, impedindo a incorporação da palha residual ao solo e, conseqüentemente, a reposição de nutrientes. Assim, quando o restolho se destinar à alimentação animal há maior necessidade de reposição mediante adubação química. Segundo Van Soest (1994), a fertilidade do solo e a fertilização recebida pela planta forrageira exercem efeito direto sobre o valor nutritivo desta. O N residual na cultura do milho pode chegar a 42% no restolho (Maggio, 2006), com potencial de uso na alimentação de ruminantes.

Algumas pesquisas relatam o efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento e a qualidade da forragem de sorgo para silagem, sendo registrada influência, principalmente, na proporção de folhas (49,9, 52,4 e 54,4% da MS) e colmos (41,2, 37,7 e 35,7% da MS) com

aplicação de 100, 200 e 300 kg de N/ha, respectivamente, com maior valor nutritivo das folhas em relação aos colmos (Simili et al., 2008). De acordo com Calixto Júnior et al. (2007), a adubação nitrogenada pode resultar em aumento do teor de PB e elevação da digestibilidade *in vitro* da MS. Porém, Van Soest (1994) ressalta que, em determinadas situações, a digestibilidade das forrageiras pode ser reduzida com a aplicação de N no solo, estando este efeito relacionado ao aumento dos constituintes da parede celular e, conseqüentemente, redução dos carboidratos solúveis, em virtude, de muitas vezes aumentar, demasiadamente, o crescimento da parte aérea da planta e, com isto, também aumentar a proporção de MS do colmo (Melo et al., 1999).

2.2 Uso de coprodutos da cultura do milho na alimentação de ruminantes

Os resíduos da cultura do milho, de uma forma geral, apresentam baixo teor de nitrogênio, elevados teores de constituintes da parede celular (hemicelulose e celulose) e baixa digestibilidade da matéria seca e das frações fibrosas, sendo esta atribuída à presença de lignina e sílica (Paiva et al., 1995b).

A maior proporção da MS da palhada da cultura do milho é constituída por parede celular (60 a 80%) formada principalmente por carboidratos estruturais, que embora considerados fontes de energia para os ruminantes, contribuem com baixa produção de energia, devido a digestibilidade destes ser de 40 a 50% (Paiva et al., 1995a). O teor de N neste resíduo é 0,5% (Paiva et al., 1995b), o que corresponde a 3,13% de PB na MS, valor inferior aos limites mínimos para utilização da fibra pelos micro-organismos celulolíticos do ambiente ruminal, que segundo Van Soest (1994) é de 6 a 8%.

A melhoria do valor nutritivo dos resíduos da cultura do milho pode ser alcançada pela aplicação de técnicas que empreguem produtos químicos, destacando-se o uso da amônia anidra e da uréia (Sundstøl et al., 1978; Otieno et al., 1992; Grossi et al., 1993; Nyaata et al., 2000), com aumento na disponibilidade de nutrientes, através da quebra de ligações do complexo lignocelulose ou pelo acréscimo de NNP, contribuindo para correção do déficit de N deste volumoso (Otieno et al., 1992). Foi demonstrado que o tratamento de volumosos de baixa qualidade aumenta a digestibilidade, o consumo de MS e o ganho de peso (Sundstøl et al., 1978).

Os melhores resultados da ação da amônia sobre os constituintes da parede celular geralmente são observados quando se realiza o tratamento de forragem com inferior valor nutritivo e baixo teor de umidade (30,0%), como fenos e/ou palhadas (Gobbi et al., 2005; 2008),

enquanto volumosos com teor de umidade superior a 60,0%, quando tratados apresentam lixiviação da solução de uréia e, conseqüentemente, ureólise parcial (Fernandes et al., 2009). Assim, o efeito da amonização da silagem de rolão de milho com amônia anidra não obrigatoriamente resulta em melhoria da qualidade da fração fibrosa, podendo apenas contribuir com o aumento do teor de N total (Neiva et al., 1998 e Paiva et al., 1995b), devendo-se considerar a associação entre concentração de amônia anidra e tempo de amonização quando do tratamento (Paiva et al., 1995b).

2.3 Uso da uréia na melhoria do valor nutritivo de coprodutos da cultura do milho

A uréia, utilizada como aditivo para silagens ou na amonização de forragem conservada de baixo valor nutritivo, é um dos principais produtos utilizados no tratamento de resíduos ou palhadas de culturas (McDonald, 1981). Também é utilizada no tratamento de fenos, visando melhorar o valor nutritivo (Rosa e Fadel, 2001). O uso da uréia no tratamento de volumosos de baixa qualidade apresenta como vantagens a fácil aplicação, não poluir o meio ambiente, fornecer NNP, provocar decréscimo na proporção da parede celular por solubilização da hemicelulose, aumentar a digestibilidade, além de conservar as forragens com elevado teor de umidade e aumentar o teor de N total (Paiva et al., 1995abc).

A amonização consiste em dois processos na massa da forragem tratada, ureólise, uma reação enzimática que, na presença de urease produzida pelas bactérias ureolíticas em condições ideais de umidade transforma a uréia em amônia e esta gera efeitos na parede celular da forragem; e, hidrólise alcalina, resultante da reação do hidróxido de amônia, uma base fraca resultante da alta afinidade da uréia em reagir com a água, e as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais (Rosa e Fadel, 2001).

São muitas as recomendações para quantidade de uréia para tratamento da forragem. Gobbi et al. (2005, 2008) relatam maior eficiência do tratamento quando se utiliza uréia na dose de 4 a 8% da matéria seca em volumosos com 30% de umidade. A temperatura também influencia no tratamento de volumosos com uréia, verificando-se reações quase imediatas em ambientes com temperatura mais elevada, estando esta diretamente relacionada com a dose de uréia e com a umidade do material (Rosa e Fadel, 2001). Considerando ainda a interação de fatores, Rocha et al. (2006) relatam que o aumento do período de amonização de forragens pode não trazer benefícios em termos de elevação do conteúdo de N total.

2.4 Parâmetros de fermentação da silagem com adição de uréia

Os resíduos da cultura do milho possuem aproximadamente 60 a 80% da MS na forma de carboidratos estruturais, baixos teores de carboidratos solúveis e elevado poder tampão (Paiva et al., 1995a). Assim, a adição de uréia na ensilagem de volumosos de baixa qualidade tende a solubilizar a hemicelulose, aumentando o conteúdo de substratos prontamente fermentescíveis e o teor de NNP, resultando em elevação na digestibilidade do alimento (Reis et al., 1995).

A principal transformação da forragem por bactérias anaeróbicas no interior do silo é a produção de ácidos orgânicos a partir dos carboidratos solúveis e a conservação da proteína a NNP. Dessa forma, a qualidade da silagem é determinada por meio da eficácia do processo fermentativo, aferida a partir do pH e concentração de ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal (Vilela, 1998).

Para obtenção de uma boa silagem, o teor de MS da forragem deve estar entre 28 a 34% (McCullough, 1977), próximo ao sugerido por Vilela (1984) e Lavezzo (1985), 30 a 35% de MS. Baixos teores de MS favorecem a baixa pressão osmótica, proporcionando o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que desdobram açúcares a ácidos butírico e acético, amônia e CO₂, comprometendo a qualidade da silagem (McDonald, 1981), com conseqüente redução na palatabilidade e consumo (Wilkinson, 1983).

O teor mínimo de carboidratos solúveis deve ser de 8 a 10% na MS (Woolford, 1984), para estabelecimento e crescimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, responsáveis pela produção de ácido láctico que provoca rápida redução do pH da silagem e inibe o desenvolvimento das bactérias do gênero *Clostridium*, bem como a atividade proteolítica das enzimas vegetais (McDonald, 1981; Muck, 1988).

Em geral, a adição de uréia à silagem reduz ou neutraliza totalmente a presença de bolores na silagem, aumenta o pH, diminui a produção de ácido láctico e inibe completamente a fermentação clostrídica (Rocha et al., 2006; Deschard et al., 1987). A elevação do pH não indica pior qualidade, pois este aumento não está ligado à produção de ácidos fracos, como o butírico e acético, mas decorre da amônia adicionada, sendo esta uma base com elevada capacidade tamponante que evita a produção ácido láctico, responsável pela rápida redução do pH da forragem ensilada (Phillip et al., 1985; Van Soest, 1994; Neiva et al., 1998; Rocha et al., 2006). Segundo McDonald (1981), normalmente, silagens com adição de amônia apresentam pH entre 8,4 e 8,9.

Como padrões de referência, silagens de boa qualidade devem apresentar pH 3,7 a 4,2 e N-NH₃ inferior a 12% (McDonald, 1981). Entretanto, Roth e Undersander (1995) consideram ideal para um bom padrão de fermentação 5% de N-NH₃ (% do N total), e Neiva et al. (1998) ressaltam que quando da adição de uréia é normal se verificar elevados teores de N-NH₃, uma vez que a adição de uréia à forragem também resulta em adição de N-NH₃.

2.5 Degradabilidade ruminal *in situ* de coprodutos da cultura do milho

A degradabilidade ruminal *in situ* é uma técnica confiável e muito utilizada nas avaliações de alimentos, cujo objetivo é propiciar o conhecimento das frações, taxas e extensões de degradação. Esta técnica tem a vantagem de permitir que o alimento seja identificado segundo as características próprias de seus nutrientes, fato relevante no momento da formulação das dietas (Ezequiel e Galati, 2007).

No método ou técnica de degradabilidade *in situ* são utilizados sacos de náilon com porosidade e dimensões conhecidas, introduzidos no rúmen através de fístula ruminal (Ørskov e McDonald, 1979), possibilitando a avaliação rápida e simples da degradação de amostras contidas nos sacos, em função do tempo de incubação neste segmento gástrico (Ørskov, 1980).

Os fatores que afetam a degradabilidade *in situ* são o regime alimentar do animal fistulado; o preparo, o peso e o período de fermentação das amostras no rúmen; a posição dos sacos de náilon no rúmen e a lavagem destes, o que ocorre em função da porosidade, peso da amostra e tipo de lavagem (Sampaio, 1997).

A qualidade de uma forragem pode, essencialmente, ser expressa em termos de três características próprias: 1) a extensão da degradação potencial, que determina a quantidade do material não degradável, o qual ocupa espaço no rúmen; 2) a taxa de fermentação, que influencia o tempo em que a fração digestível ocupa espaço no rúmen; e 3) a taxa de redução do tamanho de partícula, que influencia ambos, a taxa de passagem da fração não degradável e a taxa de fermentação da fração digestível, entretanto, o seu nível de influência é pouco conhecido, devido às dificuldades de mensuração (Ørskov, 1986). Estas características estão envolvidas no controle do consumo voluntário e, pelo menos as duas primeiras podem ser estimadas usando-se a técnica *in situ*. Por esta razão, Sampaio (1997) resalta que esta técnica tem sido considerada precisa, simples e rápida para se determinar a qualidade de uma forragem ou de um determinado alimento.

A estimativa da degradabilidade é de fundamental importância para se avaliar a eficiência da amonização de volumosos de baixa qualidade (Paiva et al. (1995c), pois o uso de uréia no tratamento destes promove incremento na degradabilidade da MS de constituintes da parede celular (Reis et al., 1995).

A degradabilidade *in situ* dos constituintes da parede celular da palhada de milho aumenta com a amonização, e os benefícios advindos desse tratamento persistem até os 42 dias de aeração, no campo, verificando-se, também, que a quantidade de amônia aplicada está diretamente relacionada com o período de amonização (Paiva et al., 1995c). Assim, é pertinente a adoção da técnica de degradabilidade *in situ* na avaliação de restolho da cultura do milho.

3 CAPÍTULO 1

Valor nutritivo e parâmetros fermentativos da silagem de restolho da cultura do milho com adição de uréia para alimentação de ruminantes¹

Miguel Arcanjo Moreira Filho², Arnaud Azevêdo Alves³, Vânia Rodrigues Vasconcelos³, Marcos Cláudio Pinheiro Rogério⁴, Antônia Leidiana Moreira⁵, Yânez André Gomes Santana⁶

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.

²Programa de Pós-Graduação em Ciência animal da Universidade Federal do Piauí.

miguelarcanjo@agronomo.eng.br

³Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Piauí.

⁴Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú.

⁵Universidade Federal do Piauí, Bolsista PIBIC/CNPq.

⁶Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí, Bolsista REUNI.

RESUMO – Avaliou-se o efeito da adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho, obtido sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, quanto aos parâmetros fermentativos e ao valor nutritivo. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 3 (níveis de adubação com 40, 120 e 200 kg de N/ha x níveis de adição de uréia 0, 3 e 6%), com quatro repetições (minissilos), para os parâmetros fermentativos e composição bromatológica e em parcelas subdivididas nos tempos 0, 6, 24 e 72 h de incubação, com três repetições, para a degradação *in situ*. Houve interação ($P < 0,05$) níveis de adubação nitrogenada x níveis de adição de uréia para o teor de EE. Os teores de MS e NIDA não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de adubação nitrogenada e níveis de inclusão de uréia. O teor de PB aumentou ($P < 0,05$) com a adição de uréia à silagem de restolho. A adição de uréia influenciou ($P < 0,05$) no pH e N-NH₃ das silagens. Não houve efeito da interação adubação x adição de uréia x tempo para a degradação da MS, PB e FDN. A fração *a* obtida para MS e FDN diminuiu e a obtida para PB aumentou com a adição de uréia. A taxa de degradação da fração *b* para MS apresentou-se, em média, superior a 2,0%/h. A adição de uréia à silagem de restolho de milho obtido sob diferentes níveis de adubação não promove efeitos substanciais aos constituintes da parede celular e alteram o perfil de fermentação destas, incrementando o teor de PB e a degradabilidade *in situ* da MS e PB, indicando-se adição de 3% de uréia, com base na MS.

Palavras-chave: composição bromatológica, degradação *in situ*, *Zea mays*

Nutritional value and fermentative parameters of stubble of corn silage with addition of urea for alimentention of ruminants

ABSTRACT - It was evaluated the effect of the addition of urea to stubble of corn silage, obtained under different fertilization levels, how much fermentative parameters and nutritional value. The entirely randomized design was adapted, with three fertilization levels (40, 120 and 200 kg N/ha) and three levels of urea (0, 3 and 6%), with four replicates (experimental silos), for fermentation parameters and chemical composition and in split plot on times 0, 6, 24 e 72 h of incubation, with three replicates, for the *in situ* degradation. It was interaction ($P < .05$) fertilization x levels of urea for EE, DM e ADIN content not were influenced ($P > .05$) by fertilization and levels of urea. CP content increased ($P < .05$) with addition of urea to stubble of corn silage. The addition of urea influenced ($P < .05$) the pH and N-NH₃ of the silage. Not was effect of the interaction fertilization x levels of urea x time incubation to DM, CP and NDF *in situ* degradation. The soluble fraction for DM and NDF decreased and for CP increased with addition of urea. The degradation rate of the *b* fraction for DM it was presented, in mean, higher than 2.0%/h. The addition of urea stubble of corn silage obtained under different levels of fertilization does not promote substantial effects on cell wall and alter the profile of the fermentation, increasing the CP content and DM and CP *in situ* degradability, indicating to addition of 3% urea, based in DM.

Key words: chemical composition, *in situ* degradation, *Zea mays*

Introdução

As forragens participam na alimentação de ruminantes como fonte de carboidratos fibrosos necessários à manutenção do ambiente ruminal, bem como fornecendo energia de baixo custo. Contudo, a produção dos rebanhos na região Nordeste é caracterizada por fatores como a sazonalidade da produção de volumosos em qualidade e quantidade suficiente, sendo esta advinda das variações de temperatura, do fotoperíodo e de irregularidades pluviiais.

A conservação de volumosos produzidos durante o período chuvoso do ano, torna-se uma alternativa viável e de baixo custo para suplementar os animais durante o período de escassez de forragem. Sendo assim, é importante avaliar a inclusão de alimentos alternativos nas dietas de ruminantes, tais como capins com idade avançada e restos de culturas (palhada

ou restolho) do milho (*Zea mays* L.), da soja (*Glycine max* L.), do arroz (*Oriza sativa* L.) e do trigo (*Triticum aestivum* L.) (Paiva et al., 1995a; Rosa & Fadel, 2001).

O restolho da cultura do milho merece destaque, por ser o principal cereal cultivado no Brasil, com produção anual de 51,5 milhões de toneladas de grãos, segundo dados da Conab (2009), com produtividade de 2 a 3 t de grãos de milho/ha e 10 a 12 t de palha/ha, sendo esta última, possível de se elevar com a adoção de práticas agronômicas à cultura (Borges, 2006). O restolho de milho mostra-se com potencial de utilização na alimentação de ruminantes (Paiva et al., 1995a) e equivale ao resíduo correspondente à parte aérea da planta de milho, sem as espigas, colhido antes da secagem natural a campo.

A utilização dos resíduos de culturas anuais na alimentação animal não é realizada de forma eficiente na região Nordeste, sendo deixados no campo até o período de acesso dos rebanhos às áreas vedadas (Salviano, 1991), quando então apresentam-se, geralmente, com baixo valor nutritivo, com elevado conteúdo de parede celular, principalmente lignina e sílica e baixo teor de proteína bruta, com reduzida degradabilidade da matéria seca (Paiva et al., 1995b), o que reflete, também, nas características nutritivas da silagem exclusiva de resíduos agrícolas.

O tratamento químico com uréia tende a contornar os fatores que comprometem a qualidade da silagem de restolho de milho, pela ação da amônia sobre os constituintes da parede celular, principalmente, solubilizando a hemicelulose e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade de carboidratos solúveis (Pereira et al., 2004). Além destes aspectos, o uso de uréia para o tratamento da forragem apresenta simplicidade de utilização, baixo custo, capacidade de enriquecer o volumoso com nitrogênio não protéico (Sundstøl, 1984) e proporciona redução das possíveis populações de leveduras e fungos, modificando o perfil de fermentação da silagem sem resultar em fermentação indesejável (Fernandes et al., 2009).

Neste contexto, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho, proveniente de área adubada com diferentes doses de nitrogênio, sobre os parâmetros fermentativos e o valor nutritivo da silagem, quanto à composição bromatológica e degradação *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Material e Métodos

A forragem utilizada no experimento foi proveniente de cultura do milho implantada em área experimental do Colégio Agrícola de Teresina (CAT) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), situado à latitude 5°05'21'' S, longitude 42°48'07'' W e altitude 74,4 m. A região

apresenta clima de transição sub-úmido, com dois períodos, chuvoso e seco. A média pluviométrica é de 1.360 mm anuais, distribuídos irregularmente, concentrando-se 70% nos meses de janeiro a abril, com temperatura média anual de 28°C (Gomes et al., 2005). Os parâmetros de fermentação e do valor nutritivo da silagem foram avaliados no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFPI.

Cultivou-se o milho em uma área total de 476,0 m² (28,0 x 17,0 m), em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 1999), com as seguintes características químicas à profundidade de 0 a 40 cm, de acordo com metodologias descritas por Lindsay & Norvell (1978) e Van Raij et al. (2001): pH em CaCl₂, 4,80±0,10; matéria orgânica 10,00±1,00 g/dm³; P, 6,00±1,73 mg/dm³; K, 0,80±0,10 mmol/dm³; Ca, 10,00±1,00 mmol/dm³; Mg, 3,33±0,58 mmol/dm³; H+Al, 20,67±1,15 mmol/dm³; CTC, 34,80±1,82 mmol/dm³; saturação de base 40,67±2,89%; B, 0,10±0,03 mg/dm³; Cu, 0,10±0,00 mg/dm³; Mn, 1,67±0,76 mg/dm³ e Zn, 0,27±0,15 mg/dm³.

O preparo inicial consistiu de uma capina manual, seguida de uma aração e duas gradagens leves. Por ocasião do preparo do solo, foram aplicados 1,46 t/ha de calcário dolomítico para correção da acidez do solo, buscando-se elevar a saturação de bases a 70,0%, aplicando-se 50% quando da aração e 50% à primeira gradagem.

A área experimental foi dividida em quatro sub-áreas com 68,0 m² (17,0 x 4,0 m), espaçadas por carregadores de 4,0 m, para facilitar o preparo do solo e os manejos culturais. Cada sub-área foi, posteriormente, sub-dividida em três parcelas com 20 m² (5 x 4 m), espaçadas por carregadores de 1,0 m. Utilizou-se o híbrido de milho (*Zea mays* L.) simples precoce Dow AgroSciences 2B710, cultivado em espaçamento 0,8 m entre linhas e oito sementes/m linear. Realizou-se, em todos os tratamentos, adubação de semeadura com 26 kg de N, 91 kg de P₂O₅, 52 kg de K₂O e 4 kg de Zn/ha, sendo estas quantidades definidas com base em análise de solo, segundo a necessidade de nutrientes da cultura.

A adubação de cobertura foi realizada com três doses de N (40, 120 e 200 kg/ha), na forma de uréia, aplicadas em duas etapas: 50% da dose total quando as plantas apresentavam 4 a 5 folhas totalmente desdobradas; e a outra metade no estágio de oito a dez folhas totalmente desdobradas. Quando da primeira aplicação de N, foram aplicados 90 kg de K₂O/ha, com base na análise de solo e necessidade de K da cultura. Após as adubações de cobertura efetuou-se, ao mesmo dia, uma irrigação por aspersão convencional, segundo recomendações da Embrapa (1996) para a cultura do milho, obedecendo aos procedimentos propostos por Bastos et al. (2004) e Bernardo et al. (2005).

Realizou-se colheita manualmente quando os grãos apresentavam em média 22% de umidade (Embrapa, 1996), descartando-se as espigas (grãos, palha e sabugo) e recolhendo-se o restolho de cada subárea para ensilagem, o qual foi desintegrado em máquina forrageira a partículas de até 3,0 cm. Coletou-se amostras do restolho *in natura* e determinou-se o teor de matéria seca (MS) em estufa a 105°C por 4 h (Silva & Queiroz, 2002). Posteriormente, adicionou-se uréia nos níveis 0; 3 e 6%, com base na MS, homogeneizando-se manualmente.

A ensilagem foi realizada em minissilos experimentais, que consistiram de tubos de PVC com 100 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento, vedados por tap's (tampas) de PVC, dotados de válvulas de Bunsen em uma das extremidades para drenar o excesso de efluentes do material ensilado. A massa de forragem foi compactada com bastão de madeira, visando atingir densidade de 500 a 600 kg/m³, e os silos experimentais foram armazenados em local seco por 30 dias, atendendo recomendações de Pupo (2000). Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 (três níveis de adubação x três níveis de adição de uréia) com quatro repetições (minissilos). A composição bromatológica do restolho da cultura do milho quando da ensilagem está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica do restolho da cultura do milho quando da ensilagem

Composição bromatológica (%)	Adubação (kg de N/ha)		
	40	120	200
Matéria seca (MS)	28,04±2,56	26,90±1,97	28,74±2,37
<i>Em % da MS</i>			
Proteína bruta (PB)	3,93±0,21	4,83±0,47	5,06±0,67
Extrato etéreo (EE))	0,78±0,24	0,84±0,08	0,76±0,07
Matéria mineral (MM)	5,45±0,57	5,82±0,13	5,50±0,95
Fibra em detergente neutro (FDN)	52,19±1,39	52,98±0,94	52,98±0,80
Fibra em detergente ácido (FDA)	28,00±1,27	28,46±0,76	28,58±1,01
Hemicelulose (HCEL)	24,19±1,17	24,51±1,16	24,40±1,48
Carboidratos totais (CHOT)	89,84±0,45	88,51±0,34	88,67±0,83
Carboidratos não fibrosos (CNF)	37,65±1,54	35,54±0,83	35,70±1,30
<i>Em % do nitrogênio total</i>			
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)	11,76±2,60	9,33±1,23	8,80±0,28

Quando da abertura dos minissilos, coletou-se amostras das silagens, que foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em *freezer*, à -5 a -10°C, para posteriores determinações dos parâmetros fermentativos, pH, segundo Silva & Queiroz (2002), e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), segundo Nogueira & Souza (2005).

Amostras das silagens foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar com temperatura controlada 50±5°C, por 72 h. Em seguida, foram processadas em moinho tipo *Willey* dotado de peneira com crivos 2,0 mm e acondicionada em recipientes com tampas para

posteriores análises bromatológicas quanto ao teor de MS, e com base na MS, proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA, % do N total), de acordo com metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método de Van Soest, descrito por Silva & Queiroz (2002), simplificado por Souza et al. (1999) e calculou-se o teor de hemicelulose ($HCEL=FDN-FDA$). Calculou-se o teor de carboidratos totais [$CHOT=100-(PB\%+EE\%+MM\%)$], segundo Sniffen et al. (1992), e de carboidratos não fibrosos ($CNF=CHOT-FDN$) segundo Hall (2000).

Os resultados para os parâmetros fermentativos e bromatológicos das silagens foram submetidos à análise da regressão e testes de médias, segundo Sampaio (2002), segundo o PROC REG e PROC MEANS, respectivamente, do logiciário estatístico SAS (2000).

Para avaliação da degradabilidade *in situ* da MS, PB e FDN das silagens de restolho de milho com adição de uréia, utilizou-se um bovino, segundo Tomich & Sampaio (2004), canulado no rúmen e com peso vivo 650 kg. Durante o período experimental, incluindo o período de adaptação de sete dias, forneceu-se dieta total para manutenção, segundo o NRC (2001), composta por volumoso e concentrado, buscando-se aproximar a relação volumoso:concentrado de 80:20, fornecida em duas refeições (às 8 e 16 h), além de mistura mineral e água *ad libitum*. A composição centesimal dos ingredientes e a composição bromatológica da dieta estão apresentadas na Tabela 2.

Quando da incubação das amostras, realizou-se coletas de 100 mL de líquido ruminal, para determinação do pH, segundo Silva & Queiroz (2002). Em seguida, foi filtrado em quatro camadas de gaze, e tomadas alíquotas de 40 mL, acondicionadas em frascos âmbar vedados com tampa, fixadas com 1 mL de HCl (1:1) e armazenadas em *freezer* a -5 a -10°C para posterior determinação da concentração de N-NH₃, pelo método descrito por Nogueira & Souza (2005).

Determinou-se a degradabilidade *in situ* utilizando-se sacos de náilon medindo internamente 8x12 cm, com porosidade 50 µm, previamente secos em estufa de circulação forçada de ar a 55±5°C e posteriormente pesados. Adicionou-se 4,0 g de amostra por saco (Nocek, 1988), fechando-os com anilhas de metal inoxidável recobertas por ligas de látex, sendo novamente pesados, e incubou-se através da cânula ruminal, sendo estes suspensos por um fio guia. Utilizou-se um peso de 500 g para ancorar o conjunto no ambiente do saco ventral do rúmen (Ezequiel & Galati, 2007).

Adotou-se os tempos de incubação 0, 6, 24 e 72 h para obtenção dos pontos que definem a curva de degradação (Sampaio, 1988). A incubação ocorreu em ordem decrescente de tempo, proporcionando-se retirada de todos os sacos simultaneamente do ambiente

ruminal. Os sacos desincubados foram imersos em recipiente com água e gelo para cessar o processo fermentativo, sendo em seguida lavados em máquina de lavar tipo tanquinho, até a água mostrar-se límpida e pré-secos em estufa de circulação forçada de ar a $55\pm 5^{\circ}\text{C}$, por 72 h, para subsequentes análises bromatológicas de MS, PB e FDN, segundo Silva & Queiroz (2002).

Tabela 2. Composição centesimal dos ingredientes e composição bromatológica da dieta para o bovino utilizado no ensaio de degradabilidade *in situ*

<i>Composição centesimal</i>	
Ingredientes	% na dieta, com base na MS
Feno de restolho de milho	30,77
Feno de capim-tifton 85	46,15
Feno de leucena	4,93
Milho em grão	15,21
Farelo de soja	1,07
Uréia	0,49
Fosfato bicálcico	0,62
Carbonato de cálcio	0,07
Sal comum	0,69
Total	100,00
<i>Composição bromatológica</i>	
Matéria seca (MS)	89,86
<i>Com base na MS</i>	
Proteína bruta (PB)	9,87
Extrato etéreo (EE)	1,84
Matéria mineral (MM)	4,62
Fibra em detergente neutro (FDN)	66,57
Fibra em detergente ácido (FDA)	28,61
Nutrientes digestíveis totais (NDT)*	59,18
Cálcio (Ca)	0,5402
Fósforo (P)	0,2978

*Valor estimado pelas fórmulas propostas por Cappelle et al (2001).

A fração prontamente solúvel em água foi determinada de acordo com os procedimentos propostos por Makkar (1999), imergindo-se os sacos contendo as amostras equivalentes às utilizadas na incubação, em banho-maria a 39°C , por 1 h. Em seguida, os sacos foram lavados, seguindo-se o mesmo procedimento adotado para os sacos desincubados do rúmen, correspondendo esta fração à parte solúvel do alimento mais as partículas eliminadas através da porosidade dos sacos.

Foram estimados os parâmetros de degradação *in situ* (*a*, *b* e *c*) e a degradabilidade potencial da MS, PB e FDN, pelo modelo proposto por Sampaio (1988), a partir de

simplificação do modelo exponencial de Ørskov & McDonald (1979), $DP=A-B.e^{-c.t}$, sendo, DP = percentagem real do nutriente degradado após t horas de incubação no rúmen; A = potencial máximo de degradação do material no saco de náilon (assíntota); B = fração potencialmente degradável do material que permanece no saco de náilon após o tempo zero; c = taxa de degradação da fração remanescente no saco de náilon após tempo zero; t = tempo de incubação.

Estimou-se a degradabilidade efetiva (DE) da MS, PB e FDN no rúmen considerando-se as taxas de passagem 2, 5 e 8%/h (AFRC, 1993), consideradas para volumosos de baixa qualidade e palhadas ou restolhos culturais, para volumosos de boa qualidade e dietas mistas de concentrados e volumosos e para dietas com elevada proporção de concentrados, respectivamente, pela equação proposta por Ørskov & McDonald (1979), $DE=a+[(b.c)/(c+k)]$, sendo, DE = degradação efetiva; a = fração solúvel, rapidamente degradada; b = fração insolúvel, lentamente degradada; c = taxa fracional de degradação de b; k = taxa de passagem.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 (três níveis de adubação x três níveis de adição de uréia), em parcelas subdivididas nos tempos 0, 6, 24 e 72 horas, com três repetições (silos).

Para avaliação da degradação, foram realizadas estatísticas descritivas para média e desvio padrão, segundo o procedimento para médias (PROC MEANS) do logiciário estatístico SAS (2000), enquanto os parâmetros a, b e c e as curvas de degradação *in situ* dos princípios nutritivos foram obtidos segundo a equação exponencial, proposta por Ørskov & McDonald (1979), e determinados segundo o método de Gauss-Newton através da fase interativa do procedimento para modelos não lineares (PROC NLIN) do logiciário estatístico SAS (2000). Aplicou-se teste de médias aos dados de degradação da MS, PB e FDN nos tempos de incubação, segundo metodologia recomendada por Sampaio (2002), utilizando-se o procedimento para modelos lineares generalizados (PROC GLM) do logiciário estatístico SAS (2000).

Resultados e Discussão

Os resultados para composição bromatológica e parâmetros fermentativos da silagem do restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia, estão apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5, respectivamente.

A adubação nitrogenada, a adição de uréia às silagens e a interação destes fatores não influenciaram ($P>0,05$) os teores de MS e NIDA, em média $26,16\pm 2,47\%$ e $10,77\pm 3,24\%$, respectivamente. Houve efeito ($P<0,05$) da adubação nitrogenada sobre os teores de PB, EE, FDN, CNF e HCEL, enquanto a adição de uréia às silagens influenciou ($P<0,05$) os teores de

PB, EE, MM, FDA, CNF, HCEL, N-NH₃ e os valores de pH. Houve efeito ($P < 0,05$) da interação adubação nitrogenada x adição de uréia às silagens apenas sobre os teores de EE.

Tabela 3. Composição bromatológica da silagem de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia

Parâmetros	Médias						CV (%)
	Adubação (kg de N/ha)			Adição de uréia (% da MS)			
	40	120	200	0	3	6	
Composição bromatológica							
MS ¹	26,73 ^{a2}	25,86 ^a	25,89 ^a	26,97 ^a	26,50 ^a	25,00 ^a	9,46
<i>% da MS</i>							
PB	7,06 ^{b3}	8,59 ^b	10,27 ^a	5,72 ^b	9,80 ^a	10,40 ^a	22,92
FDN	60,27 ^{a2}	57,97 ^{ab}	54,21 ^b	58,49 ^a	55,43 ^a	58,54 ^a	6,53
FDA	33,16 ^{a2}	33,60 ^a	32,39 ^a	31,50 ^b	32,73 ^b	34,91 ^a	6,01
HCEL	27,12 ^{a2}	24,38 ^{ab}	21,83 ^b	26,99 ^a	22,70 ^b	23,64 ^b	14,18
CNF	25,35 ^{b2}	25,53 ^{ab}	28,48 ^a	29,10 ^a	27,19 ^a	23,06 ^b	11,37
<i>% do N total</i>							
NIDA	12,18 ^{a3}	10,97 ^{ab}	9,17 ^b	12,71 ^a	10,11 ^{ab}	9,50 ^b	30,04
Parâmetros Fermentativos							
pH	5,26 ^{a3}	5,20 ^a	4,68 ^a	4,00 ^b	4,60 ^b	6,54 ^a	17,56
<i>% do N total</i>							
N-NH ₃	25,55 ^{a3}	20,97 ^{ab}	12,26 ^b	5,34 ^b	14,57 ^b	38,57 ^a	74,02

¹MS = matéria seca; PB = proteína bruta; MM = matéria mineral; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HCEL = hemicelulose; CNF = carboidratos não fibrosos; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; e CV=coeficiente de variação.

²Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha, para adubação ou para adição de uréia, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

³Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha, para adubação ou para adição de uréia, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

Tabela 4. Teor de extrato etéreo da silagem de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia

Parâmetro	Níveis de uréia (% da MS)	Níveis de adubação (kg de N/ha)			CV (%)
		40	120	200	
EE	0	0,99 ^{abAl}	1,22 ^{aB}	0,82 ^{bB}	14,39
	3	1,22 ^{bA}	2,07 ^{aA}	1,27 ^{bA}	
	6	1,28 ^{abA}	1,10 ^{bB}	1,45 ^{aA}	

¹Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

O teor de MS das silagens assemelha-se aos obtidos por Oliveira et al. (2007) para híbridos de sorgo adubados com até 120 kg de N/ha, que também não constataram efeito da adubação, com média $27,73 \pm 1,07\%$. Quanto à adição de uréia, Fernandes et al. (2009) obteve redução do teor de MS da silagem de sorgo com adição de até 5,7% de uréia armazenada por 30 dias, com aumento deste teor a partir da adição de 5,8% de uréia. O teor de MS obtido

nesta pesquisa ($26,16 \pm 2,47\%$) está próximo ao ideal preconizado por McCullough (1977) para boa fermentação, entre 28,0% e 34,0%, porém, manteve-se inferior aos teores preconizados por Vilela (1984) e Lavezzo (1985) para obtenção de uma boa silagem (30 a 35%).

A adubação com 200 kg de N/ha resultou em maior teor de PB ($10,27 \pm 2,10\%$), indicando maior deposição de N na forragem com o incremento das doses de N, efeito também verificado por Oliveira et al. (2007) para silagem de sorgo.

Tabela 5. Parâmetros fermentativos da silagem de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e ensilado com adição de uréia

Parâmetros	Níveis de uréia (% da MS)	Níveis de adubação (kg de N/ha)			Média	CV (%)
		40	120	200		
pH ¹	0	4,05	3,95	3,99	4,00 ^B	17,56
	3	4,88	4,70	4,22	4,60 ^B	
	6	6,84	6,94	5,83	6,54 ^A	
	Média	5,26 ^{a2}	5,20 ^a	4,68 ^a	5,04	
<i>% do N total</i>						
N-NH ₃	0	5,76	4,85	5,41	5,34 ^B	74,02
	3	19,44	16,56	7,73	14,57 ^B	
	6	50,56	41,50	23,64	38,57 ^A	
	Média	25,55 ^a	20,97 ^{ab}	12,26 ^b	19,49	

¹pH = potencial hidrogeniônico; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; e CV = coeficiente de variação.

²Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (P>0,05).

O aumento do teor de PB com a adubação nitrogenada pode ser explicado pelo potencial aumento da participação da MS das folhas na MS total da forrageira cultivada, resultando em forragem de superior valor nutritivo (Calixto Júnior et al., 2007), evidenciado em pesquisa realizada por Guedes et al. (2008), quando verificaram redução de 30% na produção de MS do colmo em sorgo para silagem com o aumento da adubação até o nível de 200 kg de N/ha, aumentando a produção e a participação da MS das folhas.

Verificou-se teor máximo de PB (10,58%) na silagem, quando da adição de 5,0% de uréia, com base na MS da massa ensilada, segundo a equação $\hat{Y} = 5,7200 + 1,9399X - 0,1934X^2$; $R^2 = 0,4620$; $P < 0,01$. A silagem de restolho de milho sem aditivo resultou em $5,72 \pm 0,78\%$ de PB, no limite inferior considerado por Van Soest (1994), 6 a 8%, em dietas para ruminantes visando fornecimento suficiente de N para o desenvolvimento normal da microbiota ruminal.

A inclusão de 3 e 6% de uréia às silagens resultou em aumento (P<0,05) de 71,31 e 81,77%, respectivamente, no teor de PB das mesmas, em relação à silagem exclusiva de restolho da cultura do milho (Tabela 3). Os teores de PB com a adição de 3 e 6% de uréia foram inferiores aos obtidos em pesquisa com níveis equivalentes, por Rocha et al. (2006) à

silagem de capim-elefante cv. Napier (17,23 e 17,90% de PB), e por Fernandes et al. (2009) à silagem de sorgo (17,44 e 27,00% de PB), respectivamente. O aumento no teor de PB da forragem ensilada provavelmente decorreu da adição de N não protéico (NNP), tendo refletido em maior teor de N-NH₃ quando da adição de 6% de uréia, no entanto este composto pode ser utilizado pelos micro-organismos do rúmen, como substrato para crescimento da população microbiana.

A adubação nitrogenada com 40 e 200 kg de N/ha resultou em elevação ($P < 0,01$) do teor de EE ($\hat{Y} = 1,0171 + 0,0488X$; $R^2 = 0,4089$ e $\hat{Y} = 0,8654 + 0,1046X$; $R^2 = 0,6817$, respectivamente), enquanto a adubação com 120 kg de N/ha resultou em efeito quadrático ($\hat{Y} = 1,2200 + 0,5879X - 0,1013X^2$; $R^2 = 0,8649$; $P < 0,01$), com máximo 2,07% de EE quando da adição de 3% de uréia. Geralmente ocorre variação na concentração de EE em forrageiras (Calixto Júnior et al., 2007), sendo que a maioria apresenta baixos níveis de EE em sua constituição, podendo atingir até 3,5% na MS (Church, 1988). O efeito da adubação nitrogenada sobre o aumento no teor de EE pode estar relacionado ao potencial surgimento de folhas jovens e/ou de valor nutritivo superior em virtude da adubação com N (Calixto Júnior et al., 2007; Guedes et al., 2008), uma vez que esta tende a aumentar o teor de clorofila na forragem, além de outros compostos solúveis em solventes orgânicos, pois, segundo Silva & Queiroz (2002) e Lana (2006), o EE em forrageiras inclui também, além de gordura, outros compostos intimamente ligados ou associados, tais como glicolipídeos, fosfolipídeos, ceras, esteróis, pigmentos, clorofila, etc.

A adubação nitrogenada não influenciou ($P > 0,05$) o teor de MM, com média $6,15 \pm 1,03\%$. A adição de 6% de uréia resultou média superior ($P < 0,05$) à obtida para a silagem exclusiva de restolho da cultura do milho. A adição de 3% de uréia resultou em $6,06 \pm 1,01\%$ de MM, não diferente ($P > 0,05$) dos teores obtidos para as demais silagens (Tabela 3). Os valores obtidos para MM assemelham-se à média $5,65 \pm 0,30\%$ calculada a partir de dados de Cabral et al. (2002), Possenti et al. (2005), Nunes et al. (2007) e Cabral et al. (2008).

A adubação nitrogenada com 40 kg de N/ha resultou em $60,27 \pm 4,07\%$ de FDN e $27,12 \pm 3,85\%$ de HCEL na silagem de restolho da cultura do milho, superior à obtida para a dose 200 kg de N/ha ($54,21 \pm 2,07\%$ de FDN e $21,83 \pm 1,31\%$ de HCEL), não se verificando diferença entre estas e a dose 120 kg de N/ha ($57,97 \pm 4,63$ de FDN e $24,38 \pm 4,42\%$ de HCEL). Estes valores aproximam-se dos obtidos por Oliveira et al. (2007) para silagem de quatro híbridos de sorgo submetidos às doses 60 e 120 kg de N/ha, com médias 54,37% e 54,92% de FDN e 22,68% e 23,38% de HCEL, respectivamente. Apesar da adubação nitrogenada

influenciar no teor de FDN da silagem (Oliveira et al., 2007), este efeito não tem se evidenciado nesta pesquisa e na dos referidos autores entre doses de 40 a 120 kg de N/ha.

A redução do teor de FDN das silagens de restolho de milho com doses elevadas de N (200 kg de N/ha) pode estar relacionada ao potencial da adubação nitrogenada para maior relação folha:colmo (Calixto Júnior et al., 2007; Guedes et al., 2008), sendo estas mais tenras e, conseqüentemente, de superior valor nutritivo em relação ao colmo (Tolera & Sundstøl, 1999), o que pode ser confirmado quando se avalia os teores de FDA, CNF e HCEL das silagens, quando não verificou-se efeito da adubação sobre a FDA, reduziu-se a HCEL e aumentou os CNF, sendo este último em maior concentração nas folhas em relação aos colmos.

A adição de uréia em até 6% da MS da silagem de restolho da cultura do milho não influenciou ($P>0,05$) o teor de FDN, com média $57,49\pm 3,75\%$. Na literatura são relatados resultados lineares decrescentes para teor de FDN das silagens de capim-elefante com até 6% de uréia (Rocha et al., 2006) e de sorgo com até 7,5% de uréia (Fernandes et al., 2009). Segundo Oliveros et al. (1993), quanto pior o valor nutritivo da forragem a ser tratada, maiores os efeitos da ação da uréia sobre os constituintes da parede celular. Assim, é provável que a ureólise tenha ocorrido apenas parcialmente, devido à silagem de restolho de milho ter apresentado menores teores dos constituintes da parede celular (FDN e FDA) e maior CNF (Tabela 3) em comparação à silagem de capim-elefante avaliada por Rocha et al. (2006). Além disso, a silagem é confeccionada com forragem de elevado teor de umidade, acima de 70%, o que, segundo Fernandes et al. (2009), pode lixiviar a solução de uréia e reduzir o efeito desta sobre os constituintes fibrosos.

A adubação nitrogenada não apresentou efeito ($P>0,05$) sobre o teor de FDA, com média de $33,05\pm 1,99\%$ (Tabela 3), semelhante à obtida por Oliveira et al. (2007), 31,69% de FDA, para silagem de diferentes híbridos de sorgo submetidos à adubação nitrogenada com até 120 kg de N/ha. Quanto à adição de uréia, houve efeito linear crescente ($\hat{Y}=31,3393+0,5688X$; $R^2=0,3124$; $P<0,01$) sobre o teor de FDA. Com a adição de uréia, aumentos no teor de FDA podem ocorrer em consequência do provável efeito da amônia sobre a concentração de determinado constituinte da parede celular (Rocha et al., 2006). No entanto, Fernandes et al. (2009) observou efeito linear negativo para o teor de FDA da silagem de sorgo com adição de uréia, diferente do obtido nesta pesquisa para o restolho da cultura do milho. Contudo, Rocha et al. (2006) ressaltam que o efeito da uréia sobre os componentes da parede celular das forrageiras tem sido variável, podendo aumentar, diminuir ou até mesmo não influenciar os valores dos constituintes da fração fibrosa.

A adição de uréia às silagens de restolho da cultura do milho resultou em efeito quadrático ($\hat{Y}=26,9910-2,3027X+0,2906X^2$; $R^2=0,1947$; $P<0,01$) sobre o teor de HCEL, discordando dos resultados obtidos por Fernandes et al. (2009) para silagem de sorgo com adição de uréia, nas quais observou efeito linear, com redução no conteúdo de HCEL. A redução do teor de HCEL nesta pesquisa foi observada com adição de até 4,1% de uréia, o que decorre da solubilização deste constituinte pelos produtos alcalinos utilizados no tratamento da forragem, como a amônia (Klopfenstein, 1978), que consiste na quebra de ligações ésteres entre a hemicelulose e a lignina com grupos de carboidratos formando, conseqüentemente, amida (Buettner, 1982), ocorrendo ainda hidrólise por reação do hidróxido de amônio (NH_4OH) com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais, sendo o NH_4OH uma base fraca redundante da elevada afinidade da amônia em reagir com a água, implicando assim, em expansão e ruptura de tecidos da parede celular vegetal (Harbes et al., 1982). Porém, segundo Lines et al. (1996), a molaridade da solução de NH_4OH em materiais mais úmidos, como silagem, é menor e, por isso, resulta em redução do efeito sobre constituintes da parede celular, o que pode ter ocorrido nesta pesquisa com níveis a partir de 4,2% de adição de uréia quando do aumento do teor de HCEL a partir deste nível.

Em contraposição ao verificado para FDN, a adubação nitrogenada com 40 kg de N/ha resultou em $25,35\pm 3,38\%$ de CNF na silagem de restolho da cultura do milho, inferior à obtida para a dose 200 kg de N/ha ($28,48\pm 1,91\%$), não se verificando diferença entre estas e a dose 120 kg de N/ha ($25,53\pm 3,47\%$ de CNF). O efeito da adubação sobre o teor de CNF pode ser explicado pela tendência desta em aumentar a relação folha:colmo (Guedes et al., 2008), devido maior proporção de CNF na massa foliar.

A adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho resultou em efeito linear decrescente ($\hat{Y}=29,4733-1,0067X$; $R^2=0,3940$; $P<0,01$) sobre o teor de CNF. O fato da adição de uréia à silagem de restolho de milho não ter influenciado o teor de FDN, porém, ter resultado em aumento no teor de FDA pode ter influenciado a redução do teor de CNF. Segundo Jung & Allen (1995) efeitos nas frações dos carboidratos fibrosos podem afetar o teor dos carboidratos solúveis. Os teores de CNF obtidos para a silagem de restolho de milho aproximam-se dos valores obtidos por Senger et al. (2005) para a silagem de milho com 26 e 28% de MS, 29,80 e 31,50%, respectivamente.

Os CNF, além de constituinte bromatológico também é referencial para a qualidade da silagem. O teor mínimo de CNF deve ser 8 a 10% da MS (Woolford, 1984), capaz de propiciar o estabelecimento e crescimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, responsáveis pela produção de ácido láctico, que provoca rápida redução do pH da forragem ensilada e inibe o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* (Van Soest, 1994), porém, isto pode

favorecer a presença de bactérias proteolíticas, tendendo a aumentar a solubilidade da proteína e refletindo em aumento do teor de N-NH₃ da silagem (McDonald, 1981).

O NIDA representa a porção indisponível do N total dos alimentos, uma vez estar associado à lignina ou ao tanino, ou ser produzido por reação de Maillard, tornando-se, portanto, resistente a enzimas microbianas e de mamíferos (Van Soest, 1994). O teor de NIDA da silagem de restolho da cultura do milho (10,77±3,24%) não compromete o valor nutritivo deste alimento, devido se apresentar próximos ao valor máximo para silagens bem preservadas, de no máximo 12% do N total, segundo Roth & Undersander (1995).

A qualidade da silagem é avaliada pela eficácia do processo fermentativo, que pode ser verificada a partir do pH e N-NH₃ (% do N total), e muitas vezes, pela concentração de ácidos orgânicos, como os ácidos láctico, butírico, propiônico e acético (Vilela, 1998). Houve efeito linear (P<0,01) da adição de uréia sobre o pH ($\hat{Y}=3,7731+0,4233X$; $R^2=0,5738$) da silagem de restolho da cultura do milho. Considerando-se o intervalo ideal de pH para silagem bem preservada 3,7 a 4,2 (McDonald, 1981), faixa que restringe a ação de enzimas proteolíticas sobre a massa ensilada, inibindo a produção de N-NH₃ e impedindo o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* (Muck, 1988), valores acima de 4,2 são estimáveis nesta pesquisa a partir de baixas doses de uréia (1,01% na MS).

Apesar de resultados para pH de silagens tenderem a ocorrer dentro de uma faixa, a adição de uréia às mesmas nem sempre atendem esta premissa. Fernandes et al. (2009) constatou efeito da inclusão de uréia sobre o pH de sorgo, com estimativa de 4,24 quando da adição de 6% de uréia, no entanto, para silagem de capim-elefante, Rocha et al. (2006) obtiveram pH máximo 5,98 quando da adição de 5,86% de uréia, ressaltando que, embora o pH seja indicativo de qualidade da silagem produzida com forragem de elevada umidade (cerca de 70%), a elevação deste não implica em inferior qualidade quando da adição de uréia. A amônia liberada no processo fermentativo da silagem é uma base com elevada capacidade tamponante e evita que a produção de ácido láctico resulte em queda rápida do pH da massa ensilada (Philip et al., 1985), pois, a mesma inibe a proliferação de micro-organismos indesejáveis (Carvalho et al., 2006).

Houve efeito linear (P<0,01) da adição de uréia ($\hat{Y}=2,8772+5,5381X$; $R^2=0,4575$) sobre o teor de N-NH₃ (% do N total) das silagens de restolho da cultura do milho. Para silagem exclusiva de sorgo, Fernandes et al. (2009) obteve teor máximo de N-NH₃ 24,52% do N total quando da adição de 4,21% de uréia. Este valor aproxima-se do estimado nesta pesquisa para N-NH₃ (26,19% do N total) com equivalente adição de uréia.

Elevados teores de N-NH₃ estão associados à baixa qualidade da silagem, devido ao intenso desdobramento da proteína, sendo considerado por Roth & Undersander (1995) como

nível ótimo de N-NH₃ em silagens no máximo 5% do N total. O elevado teor de N-NH₃ nas silagens com adição de 3 e 6% de uréia (Tabela 5) pode não advir da proteólise e sim da amônia proveniente da uréia adicionada, pois, segundo Neiva et al. (1998), ao se adicionar amônia à silagem, também adiciona-se N-NH₃, sendo a produção deste diretamente relacionada com o teor de MS, favorecendo-se a ocorrência de elevado N-NH₃ sob condições de elevada umidade na massa ensilada (acima de 70%), condições verificadas nesta pesquisa, embora na faixa ideal para uma boa silagem (McCullough, 1977).

Considerando-se os valores para pH e concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do líquido ruminal (LR), 6,85±0,09 e 7,24±1,62 mg/dL, respectivamente, deduz-se que durante o ensaio de degradabilidade *in situ* o pH do LR permaneceu dentro da faixa ideal, 5,0 a 7,0, preconizada por Berchielli et al. (2006) para manutenção de boas condições do ambiente ruminal para eficiente processo fermentativo pelas bactérias celulolíticas. Segundo estes autores, dietas com elevada relação volumoso:concentrado (80:20) contribuem para elevar o pH do LR de neutro a alcalino. A concentração de N-NH₃ do LR apresentou-se superior ao valor mínimo sugerido por Griswold et al. (2003), não limitante à fermentação microbiana (5 mg/dL de LR).

Houve efeito (P<0,05) da adubação nitrogenada sobre a degradação da MS e FDN, da adição de uréia sobre a degradação da PB e FDN e do tempo de incubação no rúmen sobre a degradação da MS, PB e FDN. Verificou-se interação (P<0,05) adubação x tempo de incubação para degradação da MS, adubação x adição de uréia para degradação da PB, e adição de uréia x tempo de incubação para degradação da FDN (Tabelas 6, 7 e 8).

A adubação nitrogenada resultou em menor (P<0,05) degradação da MS quando da adubação com 40 kg de N/ha (50,76±19,54%) que as obtidas para aplicação de 120 e 200 kg de N/ha (52,51±18,34 e 53,32±17,03%, respectivamente), sendo estas não diferentes entre si (P>0,05). A adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho não influenciou (P>0,05) a degradação da MS, em média 52,19±17,83% (Tabela 7).

A fração solúvel da MS das silagens de restolho da cultura do milho (Tabela 6) mostrou-se inferior à obtida por Martins et al. (1999), 45,20%, e Ezequiel et al. (2006), 43,10%, para silagem exclusiva de milho, porém, esta silagem é confeccionada com a planta inteira, incluindo-se as espigas (grãos, palha e sabugos) e, também, foi inferior à obtida para a silagem de capim-elefante, por Rêgo et al. (2008), 42,14%, sendo que a silagem desta gramínea apresenta-se com elevados teores de FDN (77,40%) e FDA (48,00%), o que tende a diminuir a solubilidade da MS.

Quando da adubação nitrogenada, as silagens de restolho da cultura do milho apresentaram diferença para degradação da MS apenas no tempo de incubação 24 h, com

média para 200 kg de N/ha ($59,13 \pm 1,19\%$ da MS), superior à obtida para 40 kg de N/ha, não diferentes ($P > 0,05$) da obtida para 120 kg de N/ha (Tabela 8).

Tabela 6. Parâmetros de degradação, degradação potencial (DP) e degradação efetiva (DE) para as taxas de passagens 2, 5 e 8%/h, da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da silagem de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e adição de uréia

Tempos/Parâmetros	Adubação (kg de N/ha)								
	40			120			200		
	Níveis de uréia (% da MS)								
	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Matéria seca									
A* (%)	34,58	32,23	31,90	35,66	37,38	31,65	35,59	38,24	35,77
B (%)	54,94	64,01	73,09	48,79	46,78	54,77	48,60	40,69	47,11
C (%)	2,63	1,89	1,58	2,97	3,40	2,71	2,94	3,86	3,33
DP (%)	80,19	78,78	80,64	77,85	80,00	78,01	77,66	76,03	78,14
DE (2%/h)	65,79	63,33	64,16	64,82	67,23	63,16	64,51	65,04	65,20
(5%/h)	53,52	49,79	49,45	53,84	56,71	50,90	53,59	55,97	54,60
(8%/h)	48,17	44,46	43,95	48,87	51,73	45,51	48,65	51,48	49,62
R ²	0,9941	0,9557	0,9746	0,9838	0,9833	0,9377	0,9726	0,9123	0,9836
Proteína bruta									
A (%)	62,88	70,05	79,45	57,86	79,12	74,48	56,99	79,16	81,94
B (%)	17,13	17,90	18,82	28,42	15,43	23,15	25,56	12,73	8,70
C (%)	4,47	5,61	1,21	1,81	1,69	1,19	2,85	3,73	2,94
DP (%)	79,25	84,57	88,51	79,04	90,03	86,48	79,83	88,18	90,64
DE (2%/h)	74,71	83,25	86,54	71,36	86,19	83,12	72,01	87,45	87,12
(5%/h)	70,97	79,51	83,12	65,41	83,02	78,93	66,27	84,60	85,16
(8%/h)	69,02	77,43	81,92	63,10	81,81	77,48	63,70	83,21	84,28
R ²	0,8500	0,5931	0,8314	0,9170	0,9642	0,7886	0,8043	0,8631	0,7503
Fibra em Detergente Neutro									
A (%)	14,23	9,89	6,91	12,14	5,38	6,23	9,86	4,17	2,28
B (%)	71,13	90,83	68,73	69,51	73,62	78,52	71,08	64,22	73,20
C (%)	2,84	1,74	1,07	2,75	3,19	2,64	2,66	3,78	3,38
DP (%)	74,31	72,90	75,64	70,39	70,87	71,73	69,21	63,64	67,90
DE (2%/h)	55,97	52,15	51,45	52,38	50,63	50,91	50,43	46,17	48,27
(5%/h)	40,00	33,34	29,44	36,80	34,05	33,36	34,54	31,82	31,80
(8%/h)	32,87	26,12	21,99	29,92	26,37	25,71	27,60	24,78	24,02
R ²	0,9864	0,9936	0,9925	0,9932	0,9823	0,9846	0,9756	0,9091	0,9866

¹Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna, para o mesmo constituinte bromatológico (MS, PB e FDN), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

*a = fração solúvel em água (%); b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (%); c = taxa de degradação da fração b (%/h).

A adubação nitrogenada não influenciou ($P > 0,05$) a degradação da PB das silagens ($77,03 \pm 9,06\%$), com valor máximo (83,11%) quando da adição de 4,8% de uréia, com base na MS da massa ensilada, segundo a equação $\hat{Y} = 67,9800 + 6,3200X - 0,6600X^2$; $R^2 = 0,4173$; $P < 0,01$. A adição de uréia à silagem de restolho de milho resultou em aumento na degradação

da PB, com médias equivalentes ($P>0,05$) para os níveis de adição 3% ($81,00\pm 5,83\%$ da PB) e 6% ($82,10\pm 5,05\%$ da PB), superiores à obtida para o nível 0%, em média $67,98\pm 8,18\%$ (Tabela 7).

Tabela 7. Médias da degradação ruminal (%) da matéria seca (Deg MS), proteína bruta (Deg PB) e fibra em detergente neutro (Deg FDN) da silagem de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e adição de uréia

Adubação (kg de N/ha)	Deg MS	Deg PB	Deg FDN
40	50,76 ^{B*}	76,00 ^A	34,20 ^A
120	52,51 ^A	76,58 ^A	32,61 ^A
200	53,32 ^A	78,51 ^A	30,10 ^B
Uréia (% da MS)	Deg MS	Deg PB	Deg FDN
0	52,13 ^A	67,98 ^B	34,14 ^A
3	53,08 ^A	81,00 ^A	31,70 ^B
6	51,37 ^A	82,10 ^A	31,06 ^B

*Médias seguidas por letras iguais para o mesmo constituinte bromatológico (MS, PB e FDN), maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Tabela 8. Médias da interação adubação nitrogenada x tempo de incubação para a degradação da matéria seca, adubação nitrogenada x níveis de uréia para degradação da proteína bruta e níveis de uréia x tempo de incubação para degradação da fibra em detergente neutro da silagem de restolho da cultura do milho

Degradação da matéria seca (MS, %)				
Adubação nitrogenada (kg de N/ha) x tempo de incubação (h)				
Adubação/Tempo	0	6	24	72
40	32,90 ^{ca1}	36,04 ^{ca}	54,21 ^{bb}	79,87 ^{aa}
120	35,03 ^{ca}	38,44 ^{ca}	57,93 ^{bab}	78,62 ^{aa}
200	36,53 ^{ca}	40,35 ^{ca}	59,13 ^{ba}	77,28 ^{aa}
Degradação da proteína bruta (PB, %)				
Adubação nitrogenada (kg de N/ha) x níveis de uréia (% da MS)				
Adubação/Uréia	0	3	6	
40	69,73 ^{ba}	76,36 ^{aba}	81,90 ^{aa}	
120	67,10 ^{ba}	83,57 ^{aa}	79,06 ^{aa}	
200	67,12 ^{ba}	83,05 ^{aa}	85,35 ^{aa}	
Degradação da fibra em detergente neutro (%)				
Níveis de uréia (% da MS) x tempo de incubação (h)				
Uréia/Tempo	0	6	24	72
0	12,07 ^{ca}	13,00 ^{ca}	40,20 ^{ba}	71,30 ^{aa}
3	6,48 ^{db}	12,09 ^{ca}	39,10 ^{ba}	69,14 ^{aa}
6	5,14 ^{cb}	10,12 ^{ca}	37,21 ^{ba}	71,76 ^{aa}

¹Médias seguidas por letras iguais para o mesmo constituinte bromatológico (MS, PB e FDN), minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

A adição de uréia às silagens quando da adubação nitrogenada com 40 kg de N/ha resultou em elevação ($P<0,01$) da degradação da PB ($\hat{Y}=69,9100+2,0300X$; $R^2=0,3429$),

enquanto a adubação com 120 e 200 kg de N/ha resultou em efeito quadrático ($\hat{Y}=67,1000+8,9900X-1,1700X^2$; $R^2=0,4306$ e $\hat{Y}=67,1300+7,5800X-0,7600X^2$; $R^2=0,6095$), com máximo para degradação da PB 84,37 e 86,03% quando da adição de 3,9 e 5,0% de uréia, respectivamente (Tabela 8).

A adubação com 200 kg de N/ha resultou em $30,10\pm 26,01\%$ de degradação da FDN, valor inferior ($P<0,05$) aos $34,20\pm 26,76$ e $32,61\pm 26,54\%$ para adubação com 40 e 120 kg de N/ha, respectivamente, não diferentes entre si ($P>0,05$). Contudo, a degradação da FDN também foi reduzida com a adição de uréia à silagem de restolho de milho, com médias iguais ($P>0,05$) entre si, $31,70\pm 26,13$ e $31,06\pm 27,81\%$, respectivamente, para adição de 3 e 6% de uréia, valores inferiores ao obtido para $34,14\pm 25,38\%$ de degradação da FDN com 0% de uréia (Tabela 7).

O efeito da adição de uréia sobre a degradação da FDN foi diferente ($P<0,05$) no tempo 0 h (fração solúvel) e não diferiu ($P>0,05$) nos demais tempos de incubação. Quando da adição de 3% de uréia, houve diferença ($P<0,05$) na degradação em todos os tempos de incubação (0, 6, 24 e 72 h), ao passo que, quando da adição de 0 e 6% de uréia, a fração solúvel (0 h) e a degradação no tempo 6 h apresentaram-se com médias iguais ($P>0,05$), Tabela 8.

A fração solúvel da MS tendeu a se elevar com a adubação nitrogenada, porém, houve ligeira redução com a adição de uréia à silagem, com maior valor (38,24%) para a interação 200 kg de N/ha x 3% de uréia (Tabela 6). A fração *a* obtida da MS (Tabela 6) mostrou-se inferior à obtida por Rêgo et al. (2008) para silagem exclusiva de capim-elefante (42,14%) e à obtida por Martins et al. (1999) e Ezequiel et al. (2006) para silagem exclusiva de milho (45,20 e 43,00%, respectivamente). Segundo Ezequiel & Galati (2007), estas diferenças na obtenção da fração *a* podem ocorrer, por influência, principalmente, do processo de lavagem aplicado em cada metodologia, pois a execução deste ainda não segue um padrão metodológico, o que resulta em perdas de partículas e, conseqüentemente, em superestimativas da degradabilidade.

A adubação com 120 e 200 kg de N/ha x adição de uréia (0, 3 e 6% da MS) resultou em taxa de degradação de *b* da MS superior a 2,0%/h, dentro da faixa de 2,0 a 6,0%/h, considerada por Sampaio (1988) ideal para volumosos de boa qualidade (Tabela 6).

A fração solúvel da PB aumentou com a adição de uréia à silagem de restolho da cultura de milho, com pequena contribuição de *b* (Tabela 6), o que pode ser explicado pela adição de NNP advindo da uréia adicionada e também, segundo Neiva et al. (1998), ao adicionar uréia à silagem, adiciona-se também N-NH₃, sendo estes dois prontamente solúveis no ambiente ruminal. Segundo Silva et al. (2007), a utilização do nitrogênio depende da disponibilidade

dos CNF na forragem, o que pode explicar a elevada solubilidade da PB nas silagens com 0% de adição de uréia. O teor de NIDA (% do N total) também pode explicar esses resultados, uma vez que nesta pesquisa, apenas $10,77 \pm 3,24\%$ do N total está indisponível. Avaliando silagem exclusiva de milho, Martins et al. (1999), Ezequiel et al. (2006) e Martins et al. (2008) obtiveram 61,50, 74,50 e 54,27%, respectivamente, para a fração solúvel da PB.

A fração solúvel da FDN diminuiu com a adubação nitrogenada e com a adição de uréia, com grande participação da fração *b*, com taxa de degradação (*c*) superior a 2,0%/h, exceto para adubação com 40 kg de N/ha x 3 ou 6% de adição de uréia (Tabela 6). Para a degradação da FDN da silagem de milho, Ezequiel et al. (2006) obtiveram fração solúvel (*a*) 10,60%, fração *b* 89,40%, e taxa de degradação (*c*) da fração *b* 2,95%/h. Embora o NNP seja fonte de N utilizada pelos micro-organismos celulolíticos (Russell et al., 1992) para crescimento desta população e eficiência de utilização da fibra, estes autores ressaltam que a utilização de amônia no rúmen não é melhorada quando se tem elevada velocidade de degradação do alimento que contém nitrogênio, em virtude da possível ocorrência de produção e absorção excessiva de amônia, o que pode aumentar a excreção urinária de uréia e causar efeitos diretos sobre a utilização da fibra, reduzindo a degradação desta.

A degradação efetiva (DE) da MS mostrou-se pouco variável com a adição de uréia às silagens. Entretanto, a DE da PB aumentou com a adição de uréia às silagens e a DE da FDN reduziu (Tabela 6). Com o aumento da taxa de passagem (2, 5 e 8%/h), a DE da MS, PB e FDN da silagem de restolho de milho obtido sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e com os níveis de adição de uréia diminuiu, ou seja, quanto maior a taxa de passagem do alimento, menor a permanência no trato digestório e menor o tempo para a ação dos micro-organismos ruminais sobre as partículas do alimento, sendo o mesmo comportamento observado por Rêgo et al. (2008) para silagem de capim-elefante e por Martins et al. (1999), Possenti et al. (2005) e Ezequiel et al. (2006) para silagem exclusiva de milho.

Conclusões

A adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho obtido sob diferentes níveis de adubação nitrogenada não promove alterações substanciais aos constituintes da parede celular e favorece um padrão de fermentação diferente do observado para silagens convencionais, porém, sem comprometer a qualidade da silagem. O teor de PB, a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da MS e da PB são incrementados com a adição de uréia à silagem de restolho de milho, sendo indicada a adição de 3% de uréia, com base na MS.

Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK: CAB International, 1993. 159p.
- BASTOS, E.A.; ANDRADE JR., A.S.; MEDEIROS, R.M. **Boletim agrometeorológico do ano de 2003 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos; 100).
- BERCHIELLI, T.T.; ALEXANDRE, V.P.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7.ed., Viçosa: UFV, 2005. 611p.
- BORGES, I.D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 115p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BUETTNER, M.R.; LECHTENBERG, V.L.; HENDRIX, K.S. et al. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* schrebSchreb.) hay. **Journal of Animal Science**, v.54, n.1, p. 172-178, 1982.
- CABRAL, L.,S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Eficiência microbiana e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.919-925, 2008.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e ndt NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002
- CALIXTO JÚNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CANTO, M.W. Taxa de degradação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderryst) em função de níveis de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.493-502, 2007.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- 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, 2006.
- CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Prentice Hall: New Jersey, 1988. 564p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Segundo levantamento, novembro de 2009. Brasília: CONAB, 2009. 39p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS; Brasília: Embrapa-SCT, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

- EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Técnicas *in vitro* e *in situ* para estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Pirassununga, 2007. **Anais...** Pirassununga: USP, p. 16-71, 2007.
- EZEQUIEL, J.M.B.; TEIXEIRA, P.A.; GASTALDI, K.A. et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de milho em bovinos leiteiros suplementados com amiréias contendo diferentes concentrações de uréia. **ARS Veterinária**, v.22, n.1, p.48-55, 2006.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento¹, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.11, p.2111-2115, 2009.
- GOMES, A.N.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; MEDEIROS, R.M. Evapotranspiração de referência mensal para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.560-564, 2005.
- GRISWOLD, K.E.; APGAR, G.A.; BOUTON, J. et al. Effects of urea infusion and ruminal degradable protein concentration on microbial growth, digestibility and fermentation in continuous culture. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.329-336, 2003.
- GUEDES, R.S.; FERNANDES, A.R.; SOUZA, H.L.S. Crescimento e produção do sorgo para silagem em função doses de nitrogênio e de enxofre. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA e SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 6 e 12, Belém, 2008. **Anais...** Belém: UFRA/EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, p.1-5, 2008.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis: a laboratory manual**. Gainesville; FL: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2000. 76p. (Bulletin n. 339).
- 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.
- JUNG, H.G., ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forage by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.9, p.2774-2790, 1995.
- KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v.56, n.3, p.841-848, 1978.
- LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal: Mitos e realidades**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**, v.11, n.132, p.50-57, 1985.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p.421-428, 1978.
- LINES, L.W.; KOCH, M.E.; WEISS, W.P. Effect of ammoniation on the chemical composition of alfafa hay baled with varying concentrations of moisture. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.11, p.2000-2004, 1996.
- MAKKAR, H.P.S. Recommendation for quality control of in sacco nylon bag technique. In: FIRST RESEARCH COORDINATION MEETING OF THE FAO/IAEA COORDINATED RESEARCH PROJECT FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FOR USE OF NUCLEAR AND RELATED TECHNIQUES TO DEVELOP SIMPLE TANNIN ASSAYS FOR

- PREDICTING AND IMPROVING THE SAFETY AND EFFICIENCY OF FEEDING RUMINANTS ON TANNINIFEROUS TREE, Viena, 1999. **Proceedings...** Viena: FAO/IAEA, 1999. 3p.
- MARTINS, A.S.; VIEIRA, P.F.; BERCHIELLI, T.T. et al. Degradação ruminal da silagem de milho e da palha de arroz utilizando enzimas fibrolíticas exógenas. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.30, n.4, p.435-442, 2008.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999.
- McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, v.13, n.49, p.49-52, 1977.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Willey & Sons, 1981. 226p.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- 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.
- NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.3, p.2051-2069, 1988.
- NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratórios: solo, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 316p.
- NUNES, H.; ZANINE, A.M.; MACHADO, T.M.M. et al. Alimentos alternativos na dieta dos ovinos: Uma revisão. **Asociación Latinoamericana de Producción Animal**, v.15, n.4, p.147-158, 2007.
- OLIVEIRA, R.P.; FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, E.R. et al. Parâmetros nutricionais da silagem de quatro híbridos de sorgo submetidos a doses crescentes de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.425-433, 2007.
- OLIVEROS, B.A.; BRITTON, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J. Ammonia and/or calcium hydroxide treatment of maize stover: intake, digestibility and digestion kinetics. **Animal Feed Science Technology**, v.44, n.1 e 2, p.59-72, 1993.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. 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.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.683-692, 1995a.
- PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os 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, 1995b.
- PEREIRA, V.L.A.; SILVA, V.M.; LIRA, M.A. et al. Composição bromatológica, consumo voluntário e digestibilidade do restolho de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) var. Sart) amonizado com uréia. **Revista Científica de Produção Animal**, v.6, n.2, p.9-15, 2004.

- PHILLIP, L.E.; GARINO, H.J.; ALLP, I. et al. Effects of anhydrous ammonia on amino acid preservation and feeding value of high-moisture ear corn for growing steers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.65, n.2, p.411-417, 1985.
- POSSENTI, R.A.; FERRARI JÚNIOR, E.; BUENO, M.S. et al. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.35, n.5, p.1185-1189, set-out, 2005
- PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forragens: formação, conservação, utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 344p.
- RÊGO, A.C.; CÂNDIDO, M.J.D.; PEREIRA, E.S. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim-elefante com adição de subproduto da manga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.10, n.1, p.28-36, 2008.
- ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; FREITAS, A.W.P. et al. Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres**, v.53, n.306, p.228-233, 2006.
- 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, 2001. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, p.41-63, 2001.
- ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: ____ (Eds.) **Corn silage production management and feeding**. Madison: Madison American Society of Agronomy, p.27-29, 1995.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- SALVIANO, L.M.C. Restos de culturas de milho e feijão-de-corda na suplementação de novilhas em pastagem de caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.10, p.1815-1821, 1991.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2.ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. Reading: University of Reading, 1988. 214p. Tese (Doctor in Physiology) – University of Reading, 1988.
- SAS, 2000. **Statistical Analysis Systems User's Guide**. Statistics Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; SÁNCHEZ, L.M.B. et al. Composição química e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1393-1399, 2005.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed., Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; CUNHA NETO, P.A. et al. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.499-506, 2007.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.

- SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A.; SUMI, L.M. et al. **Método alternativo para determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. 21p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Boletim de Pesquisa, 4).
- SUNDSTØL, F. Ammonia treatment of straw: Methods for treatment and feeding experience in Norway. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, n.2-3, p.173-187, 1984.
- TOLERA, A.; SUNDSTØL, F. Morphological fractions of maize stover harvested at different stages of grain maturity and nutritive value of different fractions of the stover. **Animal Feed Science and Technology**, v.81, p.1-16, 1999.
- TOMICH, T.R.; SAMPAIO, I.B.M. A new strategy for the determination of forage degradability with an *in situ* technique through the use of one fistulated ruminant. **Journal of Agricultural Science**, v.142, p.589-593, 2004.
- VAN RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto agrônômico, 2001, 284p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1984. 32p. (EMBRAPA-CNPGL. Circular Técnica, 21).
- VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, p.73-108, 1998.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

4 CAPÍTULO 2

Valor nutritivo do feno de restolho da cultura do milho amonizado com uréia para alimentação de ruminantes⁽¹⁾

Miguel Arcanjo Moreira Filho⁽²⁾, Arnaud Azevêdo Alves⁽³⁾, Vânia Rodrigues Vasconcelas⁽³⁾, Marcos Cláudio Pinheiro Rogério⁽⁴⁾, George Emanuel Silva do Vale⁽³⁾, Antonia Leidiana Moreira⁽³⁾ e Daniel César da Silva⁽⁵⁾

⁽¹⁾Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.

⁽²⁾Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade Federal do Piauí, Campus da Socopo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Rua Dirce de Oliveira, 3595, Socopo, CEP 64.049-550, Teresina, PI. E-mail: miguelarcanjo@agronomo.eng.br

⁽³⁾Universidade Federal do Piauí, Campus da Socopo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia. E-mail: arnaud@ufpi.edu.br, vania@ufpi.edu.br, George.vale@hotmail.com, leda.vet@hotmail.com

⁽⁴⁾Universidade Estadual Vale do Acaraú, Curso de Zootecnia, Avenida da Universidade, 850, CEP 62040-000, Sobral, CE. E-mail: marcosclaudio@gmail.com

⁽⁵⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/no., Dois Irmãos, CEP 52171-030, Recife, PE. E-mail: danielcezar.vet@hotmail.com

Resumo - Avaliou-se o efeito da amonização do feno de restolho da cultura do milho, obtido sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, quanto ao valor nutritivo. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 2 (níveis de adubação com 40, 120 e 200 kg de N/ha x níveis de amonização com uréia 0 e 3%), com quatro repetições (sacos), para a composição bromatológica e em parcelas subdivididas nos tempos 0, 6, 24 e 72 h de incubação, com três repetições, para a degradação *in situ*. Houve interação ($P < 0,05$) níveis de adubação nitrogenada x níveis de amonização para os teores de EE, FDN, HCEL e CNF. Os teores de MM, FDA, e NIDA diminuíram e o teor de PB aumentou ($P < 0,05$) com a amonização do feno de restolho da cultura do milho. Não houve efeito da interação adubação x amonização x tempo para a degradação da MS, PB e FDN. A amonização resultou em aumento ($P < 0,05$) da degradação da MS, PB e FDN. A fração *a* obtida para MS e PB aumentou com a amonização. A taxa de degradação da fração *b* para MS, PB e FDN

apresentou-se, em média, superior a 2,0%/h. A amonização promove a redução dos constituintes da parede celular, incrementando o teor de PB, a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da MS, PB e FDN do feno de restolho da cultura do milho.

Termos para indexação: composição bromatológica, degradação *in situ*, *Zea mays*

Nutritional value of stubble of corn hay ammonized with urea for alimentention of ruminants

Abstract - Its was evaluated the effect of the ammoniation of stubble of corn hay, obtained under different fertilization levels, how mach nutritional value. It was adopted the entirely randomized design, with three fertilization levels (40, 120 and 200 kg N/ha) and two levels addition of urea (0, 3 and 6%), with four replicates (bags), to chemical composition and in split plot in the times 0, 6, 24 e 72 h of incubation, with three replicates, to *in situ* degradation. It was interaction ($P<.05$) fertilization levels x ammoniation levels for EE, NDF, HCEL and NFC contents. Ash, ADF and ADIN contents decreased and the CP content increased ($P<.05$) with the ammoniation of stubble of corn hay. Not have effect of the interaction fertilization x ammoniation x time of incubation to DM, CP and NDF degradation. The ammoniation increased ($P<.05$) of the DM, CP and NDF degradation. The fraction *a* obtained to DM and CP increased with ammoniation. The degradation rate of the fraction *b* to DM, CP and NDF it was presented, in mean, higher than 2.0%/h. Ammoniation promotes reduction of cell wall constituents, increasing CP content, the *in situ* degradability and DM, CP and NDF kinetics of degradation of stubble of corn hay.

Index terms: chemical composition, *in situ* degradation, *Zea mays*

Introdução

A região Nordeste do Brasil é caracterizada por duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, o que implica em estacionalidade na produção de forragem e, conseqüentemente, na redução na produtividade do rebanho. Visando contornar este efeito, é importante a conservação de volumosos disponíveis durante o período chuvoso ou dos restolhos de culturas agrícolas, os quais podem ser conservados sob a forma de feno ou silagem e utilizados para suplementar o rebanho no período de escassez de forragem, visando à sustentabilidade da produção animal.

Assim, a utilização de alimentos alternativos de baixo custo e com boa disponibilidade durante o ano constitui alternativa interessante aos produtores, tais como capins com idade avançada e restos de culturas (palhada ou restolho) do milho (*Zea mays* L.), da soja (*Glycine max* L.), do arroz (*Oriza sativa* L.) e do trigo (*Triticum aestivum* L.) (Paiva et al., 1995a; Rosa & Fadel, 2001). Dentre os resíduos de culturas agrícolas, o restolho da cultura do milho merece destaque, em virtude deste ser o principal cereal produzido no Brasil, com 51,5 milhões de toneladas de grãos/ano, segundo dados da Conab (2009), com produção de 2 a 3 t de grãos de milho/ha e 10 a 12 t de palha/ha, sendo esta última, possível de se elevar com a adoção de práticas agronômicas à cultura (Borges, 2006). O restolho da cultura do milho é corresponde à parte aérea da planta de milho, sem as espigas (palha + sabugo + grãos), colhido antes da secagem natural a campo.

O tratamento químico por amonização com uréia, tende a contornar fatores que comprometem a qualidade do feno de restolho de milho, como a elevada proporção de parede celular e baixo teor de proteína bruta (Paiva et al., 1995b). A amônia atua principalmente sobre os constituintes da parede celular, solubilizando a hemicelulose e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade de carboidratos solúveis (Pereira et al., 2004). Além destes aspectos, o uso de uréia para o tratamento da forragem apresenta simplicidade de utilização, baixo custo e capacidade de enriquecer o volumoso com nitrogênio não protéico (Sundstøl, 1984).

Neste contexto, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da amonização do restolho da cultura do milho, proveniente de área adubada com diferentes doses de nitrogênio, sobre o valor nutritivo, quanto à composição bromatológica e degradação *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Material e Métodos

Nesta pesquisa foi utilizado restolho de uma cultura de milho implantada em área experimental do Colégio Agrícola de Teresina (CAT) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), situado à latitude 5°05'21'' S, longitude 42°48'07'' W e altitude 74,4 m. A região apresenta clima de transição sub-úmido, com dois períodos, chuvoso e seco. A média pluviométrica é 1.360 mm anuais, distribuídos irregularmente, com 70% concentrados nos meses de janeiro a abril, com temperatura média anual 28°C (Gomes et al., 2005). O valor nutritivo do feno foi avaliado no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFPI.

A cultura de milho foi implantada em uma área total de 476,0 m² (28,0 x 17,0 m), em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 1999), com as seguintes características químicas à profundidade de 0 a 40 cm, de acordo com metodologias descritas por Lindsay & Norvell (1978) e Van Raij et al. (1987): pH em CaCl₂, 4,80±0,10; matéria orgânica 10,00±1,00 g/dm³; P, 6,00±1,73 mg/dm³; K, 0,80±0,10 mmol_c/dm³; Ca, 10,00±1,00 mmol_c/dm³; Mg, 3,33±0,58 mmol_c/dm³; H+Al, 20,67±1,15 mmol_c/dm³; CTC, 34,80±1,82 mmol_c/dm³; saturação de base, 40,67±2,89%; B, 0,10±0,03 mg/dm³; Cu, 0,10±0,00 mg/dm³; Mn, 1,67±0,76 mg/dm³ e Zn, 0,27±0,15 mg/dm³.

O preparo da área consistiu de uma capina manual, seguida de uma aração e duas gradagens leves. Foram aplicados 1,46 t/ha de calcário dolomítico para correção da acidez do solo, buscando-se elevar a saturação de bases a 70,0%, aplicando-se 50% quando da aração e 50% à primeira gradagem.

A área experimental foi dividida em quatro sub-áreas com 68,0 m² (17,0 x 4,0 m), espaçadas por carregadores de 4,0 m, para facilitar o preparo do solo e os manejos culturais. Cada sub-área foi, posteriormente, sub-dividida em três parcelas com 20 m² (5 x 4 m), espaçadas por carregadores de 1,0 m. Utilizou-se o híbrido de milho (*Zea mays* L.) simples precoce Dow AgroSciences 2B710, cultivado em espaçamento 0,8 m entre linhas e oito sementes/m linear. Realizou-se, em todos os tratamentos, adubação de semeadura com 26 kg de N, 91 kg de P₂O₅, 52 kg de K₂O e 4 kg de Zn/ha, sendo estas quantidades definidas com base em análise de solo, segundo a necessidade de nutrientes da cultura.

A adubação de cobertura foi realizada com três doses de N (40, 120 e 200 kg/ha), na forma de uréia, aplicadas em duas etapas: 50% da dose total quando as plantas apresentavam 4 a 5 folhas totalmente desdobradas; e a outra metade no estágio de oito a dez folhas totalmente desdobradas. Quando da primeira aplicação de N, foram aplicados 90 kg de K₂O/ha, com base na análise de solo e necessidade de K da cultura. Após as adubações de cobertura efetuou-se irrigação por aspersão convencional, segundo recomendações da Embrapa (1996) para a cultura do milho, obedecendo aos procedimentos propostos por Bastos et al. (2004) e Bernardo et al. (2005).

Realizou-se colheita manual quando os grãos apresentavam em média 22% de umidade (Embrapa, 1996), descartando-se as espigas (grãos, palha e sabugo) e recolhendo-se o restolho de cada subárea para fenação, o qual foi desintegrado em máquina forrageira a partículas de até 3,0 cm. Antes da fenação, coletou-se amostras do restolho *in natura* para posteriores análise da composição bromatológica, sendo esta apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica do restolho da cultura do milho quando da fenação

Composição bromatológica (%)	Adubação (kg de N/ha)		
	40	120	200
Matéria seca (MS)	28,04±2,56	26,90±1,97	28,74±2,37
<i>Em % da MS</i>			
Proteína bruta (PB)	3,93±0,21	4,83±0,47	5,06±0,67
Extrato etéreo (EE)	0,78±0,24	0,84±0,08	0,76±0,07
Matéria mineral (MM)	5,45±0,57	5,82±0,13	5,50±0,95
Fibra em detergente neutro (FDN)	52,19±1,39	52,98±0,94	52,98±0,80
Fibra em detergente ácido (FDA)	28,00±1,27	28,46±0,76	28,58±1,01
Hemicelulose (HCEL)	24,19±1,17	24,51±1,16	24,40±1,48
Carboidratos totais (CHOT)	89,84±0,45	88,51±0,34	88,67±0,83
Carboidratos não fibrosos (CNF)	37,65±1,54	35,54±0,83	35,70±1,30
<i>Em % do nitrogênio total</i>			
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)	11,76±2,60	9,33±1,23	8,80±0,28

A restolho da cultura do milho foi desidratada ao sol, em secador pavimentado com piso concretado até ponto de feno (aproximadamente 10 a 12% de umidade). A temperatura e umidade ambiente quando da fenação do restolho foram 32,46±1,37°C e 43,42±5,93%. Determinou-se, imediatamente, o teor de MS em estufa com temperatura controlada a 105°C, segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002) e posteriormente realizou-se a amonização do material com 0 e 3% de uréia pecuária, com base na MS.

Para cada repetição foram tratados 2,0 kg de MS de feno de restolho da cultura do milho (PAIVA et al., 1995abc; GOBBI et al., 2005, 2008). A uréia foi dissolvida em água em quantidade necessária para elevar o teor de umidade do restolho a 30% (GOBBI et al., 2005, 2008), sendo distribuída com auxílio de um regador, sobre as camadas de feno espalhado em lona plástica. Posteriormente, o feno foi colocado no saco de polietileno escuro, com dimensão 0,6 x 0,9 m e espessura 0,03 mm, vedando-o com fita adesiva para evitar perdas de amônia quando da ureólise, permanecendo vedado por 35 dias (PAIVA et al., 1995ab; GOBBI et al., 2005, 2008).

Após abertura dos sacos, a forragem tratada foi submetida à aeração natural, por 24 horas (GOBBI et al., 2005, 2008), para eliminação do excesso de amônia que não reagiu com o material.

Amostras dos fenos tratados foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar com temperatura controlada 50±5°C, por 72 h. Em seguida, foram processadas em moinho tipo Willey dotado de peneira com crivos 2,0 mm e acondicionadas em recipientes com tampas para posteriores análises bromatológicas quanto ao teor de MS, e com base na MS, proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em

detergente ácido (NIDA, % do N total), de acordo com metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método de Van Soest, descrito por Silva & Queiroz (2002), simplificado por Souza et al. (1999) e calculou-se o teor de hemicelulose ($HCEL=FDN-FDA$). Calculou-se o teor de carboidratos totais [$CHOT=100-(PB\%+EE\%+MM\%)$], segundo Sniffen et al. (1992), e de carboidratos não fibrosos ($CNF=CHOT-FDN$), segundo Hall (2000).

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 (três níveis de adubação x três níveis de amonização) com quatro repetições (sacos). Os resultados para os parâmetros bromatológicos dos fenos foram submetidos aos testes de médias, segundo Sampaio (2002), pelo procedimento PROC MEANS do logiciário estatístico SAS (2000).

Para avaliação da degradabilidade *in situ* da MS, PB e FDN dos fenos de restolho de milho amonizados com uréia, utilizou-se um bovino canulado no rúmen, segundo Tomich & Sampaio (2004), com peso vivo 650 kg. Durante o período experimental, incluindo-se o período de adaptação de sete dias, forneceu-se dieta total para manutenção, segundo o NRC (2001), composta por volumoso e concentrado, buscando-se aproximar a relação volumoso:concentrado de 80:20, fornecida em duas refeições (às 8 e 16 h), além de mistura mineral e água *ad libitum*. A composição centesimal dos ingredientes e a composição bromatológica da dieta estão apresentadas na Tabela 2.

Quando da incubação das amostras, coletou-se 100 mL de líquido ruminal, para determinação do pH, segundo Silva & Queiroz (2002). Em seguida, foi filtrado em quatro camadas de gaze, e tomou-se alíquotas de 40 mL, que foram acondicionadas em frascos âmbar vedados com tampa, fixadas com 1 mL de HCl (1:1) e armazenou-se em *freezer* a -5 a -10°C para posterior determinação da concentração de N-NH₃, pelo método descrito por Nogueira & Souza (2005).

Determinou-se a degradabilidade *in situ* utilizando-se sacos de náilon medindo internamente 8x12 cm, com porosidade 50 µm, previamente secos em estufa de circulação forçada de ar a 55±5°C e posteriormente pesados. Adicionou-se 4,0 g de amostra por saco (Nocek, 1988), fechando-os com anilhas de metal inoxidável recobertas por ligas de látex, sendo novamente pesados, e incubados através da cânula ruminal, sendo ancorados no saco ventral do rúmen por um peso de 500 g e fixados à cânula por um fio guia (Ezequiel & Galati, 2007).

Tabela 2. Composição centesimal dos ingredientes e composição bromatológica da dieta para o bovino utilizado no ensaio de degradabilidade *in situ*

<i>Composição centesimal</i>	
Ingredientes	% na dieta, com base na MS
Feno de restolho de milho	30,77
Feno de capim-tifton 85	46,15
Feno de leucena	4,93
Milho em grão	15,21
Farelo de soja	1,07
Uréia	0,49
Fosfato bicálcico	0,62
Carbonato de cálcio	0,07
Sal comum	0,69
Total	100,00
<i>Composição bromatológica</i>	
Matéria seca (MS)	89,86
<i>Com base na MS</i>	
Proteína bruta (PB)	9,87
Extrato etéreo (EE)	1,84
Matéria mineral (MM)	4,62
Fibra em detergente neutro (FDN)	66,57
Fibra em detergente ácido (FDA)	28,61
Nutrientes digestíveis totais (NDT) *	59,18
Cálcio (Ca)	0,5402
Fósforo (P)	0,2978

*Valor estimado pelas fórmulas propostas por Cappelle et al (2001)

Adotou-se os tempos de incubação 0, 6, 24 e 72 h para obtenção dos pontos que definem a curva de degradação (Sampaio, 1988). A incubação ocorreu em ordem decrescente de tempo, proporcionando-se simultaneamente a retirada de todos os sacos de náilon do ambiente ruminal. Os sacos desincubados foram imersos em recipiente com água e gelo para cessar o processo fermentativo e lavados em máquina de lavar tipo tanquinho, até a água mostrar-se límpida, sendo pré-secos em estufa de circulação forçada de ar a $55\pm 5^{\circ}\text{C}$, por 72 h, para subseqüentes análises bromatológicas de MS, PB e FDN, segundo Silva & Queiroz (2002).

A fração prontamente solúvel em água foi determinada de acordo com os procedimentos propostos por Makkar (1999), imergindo-se os sacos contendo as amostras equivalentes às utilizadas na incubação no rúmen, em banho-maria a 39°C , por 1 h. Em seguida, os sacos foram lavados, seguindo-se o mesmo procedimento adotado para os sacos

desincubados do rúmen, correspondendo esta fração à parte solúvel do alimento mais as partículas eliminadas através da porosidade dos sacos.

Foram estimados os parâmetros de degradação *in situ* (a , b e c) e a degradabilidade potencial da MS, PB e FDN, pelo modelo proposto por Sampaio (1988), a partir de simplificação do modelo exponencial de Ørskov & McDonald (1979), $DP=A-B.e^{-c.t}$, sendo, DP = percentagem real do nutriente degradado após t horas de incubação no rúmen; A = potencial máximo de degradação do material no saco de náilon (assíntota); B = fração potencialmente degradável do material que permanece no saco de náilon após o tempo zero; c = taxa de degradação da fração remanescente no saco de náilon após tempo zero; t = tempo de incubação.

Estimou-se a degradabilidade efetiva (DE) da MS, PB e FDN no rúmen considerando-se as taxas de passagem 2, 5 e 8%/h (AFRC, 1993), consideradas para volumosos de baixa qualidade e palhadas ou restolhos culturais, para volumosos de boa qualidade e dietas mistas de concentrados e volumosos e para dietas com elevada proporção de concentrados, respectivamente, pela equação proposta por Ørskov & McDonald (1979), $DE=a+[(b.c)/(c+k)]$, sendo, DE = degradação efetiva; a = fração solúvel, rapidamente degradada; b = fração insolúvel, lentamente degradada; c = taxa fracional de degradação de b ; k = taxa de passagem.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 (três níveis de adubação x três níveis de amonização), em parcelas subdivididas nos tempos 0, 6, 24 e 72 horas, com três repetições (sacos de feno).

Para avaliação da degradação, foram realizadas estatísticas descritivas para média e desvio padrão, segundo o procedimento para médias (PROC MEANS) do logiciário estatístico SAS (2000), enquanto os parâmetros a , b e c e as curvas de degradação *in situ* dos princípios nutritivos foram obtidos segundo a equação exponencial, proposta por Ørskov & McDonald (1979), e determinados pelo método de Gauss-Newton através da fase iterativa do procedimento para modelos não lineares (PROC NLIN) do logiciário estatístico SAS (2000). Aplicou-se teste de médias aos dados de degradação da MS, PB e FDN nos tempos de incubação, segundo metodologia recomendada por Sampaio (2002), utilizando-se o procedimento para modelos lineares generalizados (PROC GLM) do logiciário estatístico SAS (2000).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes à composição bromatológica do feno de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e amonizado com uréia estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição bromatológica do feno de restolho da cultura do milho sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e amonizado com uréia

Parâmetros	Níveis de amonização (% da MS)	Níveis de adubação (kg de N/ha)			Média	CV (%)
		40	120	200		
MS ¹	0	91,24 ^{aA2}	90,65 ^{aA}	90,84 ^{aA}	-	0,61
	3	66,64 ^{aB}	67,23 ^{aB}	67,70 ^{aB}	-	
% da MS						
PB	0	4,42	5,33	5,90	5,21 ^B	6,75
	3	8,81	9,62	10,63	9,69 ^A	
	Média	6,62 ^{c2}	7,47 ^b	8,26 ^a	7,45	
EE	0	0,37 ^{bA2}	0,85 ^{aA}	0,82 ^{aA}	-	9,04
	3	0,40 ^{cA}	0,76 ^{aB}	0,63 ^{bB}	-	
MM	0	9,52	7,58	8,17	8,42 ^A	21,13
	3	7,53	5,41	5,47	6,14 ^B	
	Média	8,53 ^{a3}	6,49 ^b	6,82 ^b	7,28	
FDN	0	63,80 ^{aA2}	62,01 ^{aA}	61,06 ^{aA}	-	2,16
	3	57,44 ^{bB}	56,39 ^{bB}	62,31 ^{aA}	-	
FDA	0	36,00	34,53	35,78	35,44 ^A	4,16
	3	34,53	32,23	31,40	32,72 ^B	
	Média	35,26 ^{a2}	33,38 ^b	33,59 ^{ab}	34,08	
HCEL	0	27,80 ^{aA2}	27,48 ^{aA}	25,28 ^{aB}	-	5,73
	3	22,92 ^{cB}	24,16 ^{bB}	30,91 ^{aA}	-	
CNF	0	21,90 ^{aA2}	24,24 ^{aA}	24,06 ^{aA}	-	9,55
	3	25,82 ^{aA}	27,82 ^{aA}	20,97 ^{bB}	-	
% do N total						
NIDA	0	19,74	16,42	19,34	18,50 ^A	14,44
	3	10,88	9,61	8,18	9,56 ^B	
	Média	11,31 ^{a2}	13,01 ^a	13,76 ^a	14,03	

¹MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HCEL = hemicelulose; CNF = carboidratos não fibrosos; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; e CV=coeficiente de variação. ²Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); ³Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (P>0,05).

Houve efeito ($P < 0,05$) da adubação nitrogenada (40, 120 e 200 kg de N/ha) sobre os teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e hemicelulose (HCEL). A amonização com uréia (0 e 3% da matéria seca) influenciou ($P < 0,05$) os teores de matéria seca (MS), PB, EE, matéria mineral (MM), FDN, FDA e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). Houve efeito ($P > 0,05$) da interação adubação nitrogenada x amonização com uréia sobre os teores de MS, EE, FDN, CNF e HCEL, o que não foi evidenciado ($P > 0,05$) para teores de PB, MM, FDA e NIDA.

A amonização com 3% de uréia resultou em menores ($P < 0,05$) teores de MS do feno do restolho da cultura do milho, independente da adubação nitrogenada (Tabela 3). A redução do teor de MS do feno não implica em perda de MS, podendo ser atribuída à umidade adicionada ao material tratado, uma vez a uréia ter sido dissolvida em água em quantidade necessária para elevar o teor de umidade do feno a aproximadamente 30%, sendo esta concentração considerada por Gobbi et al. (2005, 2008) ideal para maior eficiência da amônia sobre os constituintes bromatológicos do material tratado, principalmente da fração fibrosa.

A adubação nitrogenada com 200 kg de N/ha resultou em maior teor de PB ($8,26 \pm 0,39\%$ de PB) que com 120 kg de N/ha ($7,47 \pm 0,42\%$ de PB), que por sua vez foi superior ao restolho proveniente da cultura adubada com 40 kg de N/ha ($6,62 \pm 0,66\%$ de PB) (Tabela 3). Efeito semelhante foi observado por Jobim et al. (1988) e Siewerdt et al. (1995) quando da adubação nitrogenada de pastagem natural. Segundo Calixto Júnior et al. (2007), o aumento do teor de PB com a adubação nitrogenada pode ser explicado pelo potencial aumento da participação da MS das folhas na MS total da forragem, resultando em superior valor nutritivo, evidenciado em pesquisa realizada por Guedes et al. (2008), quando houve redução de 30% na produção de MS do colmo do sorgo com o aumento da adubação até o nível de 200 kg de N/ha, aumentando a produção e a participação da MS das folhas.

O feno de restolho de milho amonizado resultou em aumento ($P < 0,05$) de 85,99% no teor de PB, em relação ao feno não tratado com uréia (Tabela 3). Comparando com o material não tratado, Gobbi et al. (2005) evidenciaram aumento de 105,10% no conteúdo de N total para o feno de *Brachiaria decumbens* e Zanine et al. (2007), obtiveram aumento de 43,71% no teor de PB para o feno de capim-Tanzânia, ambos tratados com 3% de uréia, com base na MS. Aumento no teor de PB também foi evidenciado por outros autores utilizando outras fontes de amônia, como a amônia anidra, em restos culturais, tais como a palhada de trigo (Queiroz et al., 1992) e a palhada de milho (Paiva et al., 1995b). Segundo Reis et al. (2001ab)

a amônia anidra tem eficiência semelhante à uréia sobre a composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da MS de volumosos tratados.

O aumento no teor de PB do feno amonizado com uréia provavelmente decorreu da adição de N não protéico (NNP) ao material tratado, na forma de hidróxido de amônia (NH₄OH), no entanto, este composto pode ser utilizado como substrato para crescimento da população microbiana do rúmen.

O teor de EE foi menor ($P < 0,05$) no nível de adubação 40 kg de N/ha, independente da amonização do feno. A amonização com 3% de uréia associada à adubação com doses elevadas de N (200 kg de N/ha) resulta em redução do teor de EE, entretanto, obteve maior ($P < 0,05$) teor de EE quando da adubação com 120 kg de N/ha. Quando da amonização com 3% de uréia, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para o teor de EE em função da adubação nitrogenada (Tabela 3).

O aumento no teor de EE com a adubação nitrogenada pode estar relacionado ao potencial surgimento de folhas jovens em virtude da adubação com N (Calixto Júnior et al., 2007; Guedes et al., 2008), uma vez que esta tende a aumentar o teor de clorofila na forragem, além de outros compostos solúveis em solventes orgânicos, pois, segundo Silva & Queiroz (2002) e Lana (2006), o EE em forrageiras inclui também, além de gordura, outros compostos intimamente ligados ou associados, tais como glicolipídeos, fosfolipídeos, ceras, esteróis, pigmentos, clorofila etc. Segundo Calixto Júnior et al. (2007), geralmente ocorrem variações na concentração deste constituinte em forrageiras, sendo que a maioria destas apresenta baixos níveis de EE em sua constituição, podendo atingir até 3,5% na MS (Church, 1988).

O teor de MM reduziu com a adubação nitrogenada e com a amonização. A adubação com 40 kg de N/ha resultou em $8,53 \pm 2,00\%$ de MM, superior ($P < 0,05$) ao obtido para 120 e 200 kg de N/ha ($6,49 \pm 1,50$ e $6,82 \pm 0,92\%$ de MM, respectivamente), sendo estes valores não diferentes ($P > 0,05$) entre si e próximos ao teor de MM obtido por Simili et al. (2008) para a planta inteira de sorgo, submetida à adubação com até 300 kg de N/ha ($7,97 \pm 0,15\%$ de MM). Redução do teor de MM com a adubação nitrogenada também foi observada por Queiroz Filho et al. (1986), para *Brachiaria humidicola*, com aplicação de até 100 kg de N/ha. O valor para MM no feno não amonizado, $8,42 \pm 1,94\%$ de MM, foi superior ($P < 0,05$) ao obtido para o amonizado com 3% de uréia $6,14 \pm 0,99\%$ de MM (Tabela 3), efeito também observado por Romero et al. (2004) para o feno de *Brachiaria humidicola*.

A adubação nitrogenada e a amonização com uréia resultou em aumento no teor de FDN do feno do restolho da cultura do milho. O teor de FDN do feno não amonizado não diferiu ($P > 0,05$) com a adubação, porém, quando amonizado, o teor de FDN foi superior

($P < 0,05$) com 200 kg de N/ha ($62,31 \pm 0,82\%$ de FDN), em relação ao obtido para 40 e 120 kg de N/ha ($57,44 \pm 1,58$ e $56,39 \pm 0,58\%$ de FDN, respectivamente), não diferentes ($P > 0,05$) entre si (Tabela 3). Segundo Calixto Júnior et al. (2007) e Guedes et al. (2008), há potencial surgimento de folhas jovens com a adubação nitrogenada com até 100 kg de N/ha e resulta em forragem com menor conteúdo de parede celular. No entanto, segundo Guedes et al. (2007), a partir de 200 kg de N/ha, há tendência de aumento da proporção de colmo na MS total, em virtude do alongamento dos entre-nós e diminuição da relação folha:colmo, o que tende também, segundo Van Soest (1994), a aumentar o teor de FDN devido o colmo apresentar maior conteúdo de parede celular em relação à folha.

Houve menor ($P < 0,05$) teor de FDN nas adubações com 40 e 120 kg de N/ha quando da amonização com 3% de uréia. Na adubação com 200 kg de N/ha, o teor de FDN não diferiu ($P > 0,05$) entre os níveis de amonização (Tabela 3). Alfaya et al. (2002), obtiveram maior teor de FDN do feno de capim-Annoni 2 amonizado com 4% de uréia.

A adubação nitrogenada com 40 kg de N/ha resultou em teor de FDA ($35,26 \pm 1,28\%$) superior ($P < 0,05$) ao obtido para 120 kg de N/ha ($33,38 \pm 1,44\%$), sendo estes iguais ($P > 0,05$) ao obtido para 200 kg de N/ha ($33,59 \pm 1,53\%$). Simili et al. (2008) obtiveram teor de FDA entre 35,5 e 39,6% para planta inteira de sorgo Sudão cv. AG 2501C sob adubação com 100 a 300 kg de N/ha. A amonização com 3% de uréia reduziu ($P < 0,05$) o teor de FDA em relação ao feno não tratado, o que também foi observado por Alfaya et al. (2002) para o feno de capim-Annoni 2. Este efeito deve-se ao rompimento das ligações entre as moléculas de celulose, mais especificamente pontes de hidrogênio, quando da amonização de materiais fibrosos, resultando em redução dos componentes da parede celular (Van Soest, 1994). Segundo Sundstøl (1984) esta redução é variável, podendo ocorrer nos diferentes constituintes fibrosos.

Quando da amonização, o teor de FDN do feno de restolho da cultura do milho aumentou com a adubação nitrogenada e de FDA tendeu a reduzir. Assim, esperava-se aumento do teor de HCEL com o aumento das doses de N, em virtude deste ser calculado pela diferença entre FDN e FDA. A amonização resultou em decréscimo ($P < 0,05$) do teor de HCEL nas adubações com 40 e 120 kg de N/ha, o mesmo não sendo observado para a adubação com 200 kg de N/ha, quando o teor de HCEL no feno amonizado ($30,91 \pm 0,34\%$ de HCEL) superou ($P < 0,05$) o obtido para o não amonizado ($25,28 \pm 2,77\%$ de HCEL) (Tabela 3). Alfaya et al. (2002) obtiveram 41,30% de HCEL para o feno de capim-Annoni 2 amonizado com 4% de uréia e 33,42% de HCEL para o feno não tratado. É provável que tenha ocorrido para o feno de restolho da cultura do milho sob adubação com 200 kg de N/ha e tratado com

uréia, ureólise sobre constituintes da FDA, uma vez não se ter verificado efeito da amônia sobre o teor de FDN e ter ocorrido aumento do teor de HCEL, em relação ao feno não tratado, o que também refletiu na diminuição do teor de CNF.

Para o teor de CNF, houve contraposição ao observado para FDN e HCEL, com redução ($P < 0,05$) deste constituinte no feno obtido com 200 kg de N/ha e tratado com uréia, não havendo diferença ($P > 0,05$) para as demais associações de tratamentos (Tabela 3).

O NIDA representa a porção indisponível do N total dos alimentos, uma vez estar associado à lignina ou ao tanino, ou ser produzido por reação de Maillard, tornando-se, portanto, resistente a enzimas microbianas e de mamíferos (Van Soest, 1994). A amonização com uréia resultou em diminuição do teor de NIDA do feno de restolho da cultura do milho, com média $9,56 \pm 1,76\%$ do N total para feno amonizado, sendo esta superior ($P < 0,05$) ao valor $18,50 \pm 2,26\%$ do N total para o feno não tratado (Tabela 3). Os valores de NIDA obtidos nesta pesquisa apresentaram-se inferiores aos obtidos por Paiva et al. (1995b) para palhada de milho não amonizada (33,30% do N total).

Considerando-se os valores para pH e concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) do líquido ruminal (LR), $6,80 \pm 0,06$ e $8,87 \pm 2,06$ mg/dL, respectivamente, deduz-se que durante o ensaio de degradabilidade *in situ* o pH do LR permaneceu dentro da faixa ideal, 5,0 a 7,0, preconizada por Berchielli et al. (2006) para manutenção de boas condições do ambiente ruminal para eficiente processo fermentativo pelas bactérias celulolíticas. Segundo estes autores, dietas com elevada relação volumoso:concentrado (80:20) contribuem para elevar o pH do LR de neutro a alcalino. A concentração de $N-NH_3$ do LR apresentou-se superior ao valor mínimo sugerido por Griswold et al. (2003), não limitante à fermentação microbiana (5 mg/dL de LR).

A fração solúvel (fração *a*) da MS e PB tendeu a se elevar com a amonização com uréia (Tabela 4), tendo a fração *a* da MS superado a obtida por Carvalho et al. (2006) para fenos dos capins Colonião (10,40%), Tifton (12,69%) e Braquiária (12,31%) e aos obtidos por Nouala et al. (2004) para resíduo de cultura do milho (30,70%) e para o feno de amendoim forrageiro (30,40%), porém, foi inferior à obtida por estes autores para resíduo da cultura da uva (41,40%). Segundo Ezequiel & Galati (2007), estas diferenças na obtenção da fração *a* podem ocorrer, por influência, principalmente, do processo de lavagem aplicado em cada metodologia, pois a execução deste ainda não segue um padrão metodológico, o que pode resultar em perdas de partículas e, conseqüentemente, em super-estimativas da degradabilidade.

Tabela 4. Parâmetros de degradação, degradação potencial (DP) e degradação efetiva (DE) para as taxas de passagens 2, 5 e 8%/h, da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro do feno de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e da amonização

Tempos/Parâmetros	Adubação (kg de N/ha)					
	40		120		200	
	Níveis de amonização (% da MS)					
	0	3	0	3	0	3
Matéria seca						
<i>a</i> * (%)	30,98	34,45	31,94	35,03	32,04	36,08
<i>b</i> (%)	40,36	47,78	41,68	47,57	41,69	45,58
<i>c</i> (%)	5,23	5,45	4,81	4,72	4,91	4,65
DP (%)	70,15	81,01	71,98	80,59	72,22	79,70
DE (2%/h)	60,18	69,40	61,38	68,44	61,66	67,95
(5%/h)	51,61	59,37	52,38	58,13	52,70	58,04
(8%/h)	46,93	53,81	47,59	52,68	47,90	52,83
R ²	0,9765	0,9816	0,9920	0,9911	0,9733	0,9731
Proteína bruta						
<i>a</i> (%)	42,45	68,94	45,84	66,01	40,71	65,66
<i>b</i> (%)	32,94	17,68	30,24	20,62	35,39	21,75
<i>c</i> (%)	2,83	6,43	4,96	6,63	6,52	6,69
DP (%)	70,88	86,38	74,93	86,36	75,70	87,16
DE (2%/h)	61,75	82,43	67,39	81,85	67,79	82,40
(5%/h)	54,36	78,89	60,90	77,76	60,74	78,11
(8%/h)	51,06	76,82	57,41	75,35	56,60	75,57
R ²	0,9683	91,7300	0,9582	95,7200	0,9751	0,9767
Fibra em detergente neutro						
<i>a</i> (%)	12,29	6,40	9,80	7,51	7,84	16,57
<i>b</i> (%)	52,13	69,95	58,17	70,15	59,47	62,91
<i>c</i> (%)	5,53	5,46	4,49	4,45	4,82	4,08
DP (%)	63,18	74,69	65,16	74,12	65,11	75,80
DE (2%/h)	50,57	57,60	50,04	55,91	49,87	58,79
(5%/h)	39,67	42,91	37,32	40,54	37,03	44,84
(8%/h)	33,60	34,77	30,71	32,58	30,20	37,82
R ²	0,9735	0,9899	0,9825	0,9904	97,1000	0,9744

¹Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna, para o mesmo constituinte bromatológico (MS, PB e FDN), não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * *a* = fração solúvel em água (%); *b* = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (%); *c* = taxa de degradação da fração *b* (%/h).

A amonização com uréia influenciou (P<0,05) a degradação da MS e PB, verificando-se ainda interação (P<0,05) desta com a adubação nitrogenada e com o tempo de incubação para degradação da FDN (Tabelas 4, 5 e 6). Assis et al. (1999) não constataram efeito da adubação nitrogenada sobre a degradação da MS, porém, observaram influência da adubação sobre a degradação da PB e FDN, e justificam que este efeito ocorreu em virtude da forragem obtida sob menor nível de adubação (0 kg de N/ha) conter menores teores destes nutrientes que a

forragem obtida com aplicação de 400 kg de N/ha, não observando diferença para o teor de MS.

A amonização com 3% de uréia resultou em maior ($P < 0,05$) degradação da MS e da PB ($54,50 \pm 19,57$ e $75,44 \pm 9,04\%$, respectivamente) que a obtida para o feno do restolho da cultura do milho não tratado ($48,68 \pm 17,21$ e $56,49 \pm 13,33\%$, respectivamente) (Tabela 5). Quanto à degradação da MS, Nouala et al. (2004) obtiveram 67,60% para feno de amendoim forrageiro incubado no rúmen por 96 h, e Carvalho et al. (2006) obtiveram, 71,07% para feno de capim-colonião, 71,38% para feno de capim-Tifton e 73,00% para feno de capim-braquiária, incubados no rúmen por 72 h.

A amonização aumentou ($P < 0,05$) a degradação da PB em 33,35%, em relação ao feno não amonizado (Tabela 5), o que pode ser explicado pela elevação do teor de PB, em virtude da adição de nitrogênio não protéico, e pela diminuição dos teores de NIDA no feno amonizado, indicando maior disponibilidade da PB.

Tabela 5. Médias da degradação ruminal (%) da matéria seca (Deg MS), proteína bruta (Deg PB) e fibra em detergente neutro (Deg FDN) do feno de restolho da cultura do milho em função da adubação nitrogenada e da amonização

Adubação (kg de N/ha)	Deg MS	Deg PB	Deg FDN
40	51,29 ^{A*}	65,48 ^A	36,09 ^{AB}
120	51,44 ^A	66,03 ^A	34,05 ^B
200	52,04 ^A	66,38 ^A	37,84 ^A
Amonização (% da MS)	Deg MS	Deg PB	Deg FDN
0	48,68 ^B	56,49 ^B	33,57 ^B
3	54,50 ^A	75,44 ^A	38,41 ^A

*Médias seguidas por letras iguais para o mesmo constituinte bromatológico (MS, PB e FDN), maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

A adubação nitrogenada com 200 kg de N/ha resultou em $37,84 \pm 25,52\%$ de degradação da FDN, valor superior ($P < 0,05$) ao obtido com 120 kg de N/ha ($34,05 \pm 27,00\%$), sendo ambos semelhantes ao obtido com 40 kg de N/ha ($36,09 \pm 26,46\%$). A amonização com 3% de uréia resultou em $38,41 \pm 27,72\%$ de degradação da FDN, o que corresponde ao incremento de 14,42% em relação ao feno não amonizado (Tabela 5). Paiva et al. (1995c) também observaram aumento na degradação da FDN com a amonização da palhada de milho.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da adubação nitrogenada sobre a degradação da FDN do feno não amonizado, no entanto, quando da amonização com 3% de uréia, a degradação da FDN do feno do restolho da cultura do milho adubada com 200 kg de N/ha ($42,68 \pm 27,11\%$) mostrou-se superior ($P < 0,05$) às demais. A fração solúvel (fração *a*) e a degradação da FDN

no tempo 6 h foram semelhantes ($P>0,05$) para os fenos amonizado e não amonizado, porém, a degradação da FDN nos tempos 24 e 72 h de incubação foram superiores ($P<0,05$) para o feno amonizado. Quando da amonização do feno com uréia, houve diferença ($P<0,05$) na degradação da FDN para a fração *a* e nos tempos de incubação 6, 24 e 72 h, ao passo que, para o feno não tratado, a fração *a* e a degradação no tempo 6 h foram equivalentes ($P>0,05$), conforme Tabela 6.

Tabela 6. Médias da interação adubação nitrogenada x níveis de amonização e níveis de amonização x tempo de incubação para degradação da fibra em detergente neutro do feno de restolho da cultura do milho

Degradação da fibra em detergente neutro (FDN, %)				
Adubação nitrogenada (kg de N/ha) x níveis de amonização (% da MS)				
Adubação/Amonização	0	3		
40	34,71 ^{aA1}	37,46 ^{aB}		
120	33,01 ^{aA}	35,09 ^{aB}		
200	33,00 ^{bA}	42,68 ^{aA}		
Níveis de amonização (% da MS) x tempo de incubação (h)				
Amonização/Tempo	0	6	24	72
0	9,98 ^{cA}	14,70 ^{cA}	45,13 ^{bB}	64,48 ^{aB}
3	10,16 ^{dA}	17,09 ^{cA}	51,53 ^{bA}	74,87 ^{aA}

¹Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

O incremento da degradação da FDN com a amonização do feno de restolho de milho pode estar relacionado à ação da amônia sobre os constituintes da FDA, provavelmente, na quebra de ligações inter-moleculares de celulose, uma vez que houve redução do teor de FDA quando da amonização do feno.

A taxa de degradação (*c*) da fração *b* da MS foi superior a 2%/h, dentro da faixa de 2,0 a 6,0%/h, considerada por Sampaio (1988) ideal para volumosos de boa qualidade e, ainda, foi superior à obtida por Paiva et al. (1995c) para palhada de milho. O aumento na solubilidade da PB com a amonização pode ser explicado pela adição de NNP advindo da uréia utilizada no tratamento do feno, sendo este prontamente solúvel no ambiente ruminal. Segundo Silva et al. (2007), a utilização do nitrogênio depende da disponibilidade dos CNF na forragem, o que pode explicar a elevada solubilidade da PB no feno não amonizado. O teor de NIDA (% do N total) também pode explicar esses resultados, uma vez que nesta pesquisa, apenas 14,03±2,03% do N total estava indisponível.

A fração solúvel da FDN diminuiu com a adubação com 40 e 120 kg de N/ha e, também, com a amonização do feno nestes níveis de adubação, porém, aumentou com a

amonização do feno do restolho da cultura do milho adubada com 200 kg de N/ha, com grande participação da fração *b*, com taxa de degradação (*c*) superior a 4,00%/h (Tabela 4). Taxa de degradação da FDN acima de 4,00%/h também foi obtida por Carvalho et al. (2006) para fenos dos capins colonião, Tifton e braquiária. Embora o NNP seja fonte de N utilizada pelos micro-organismos celulolíticos (Russell et al., 1992), para crescimento desta população e eficiência de utilização da fibra, estes autores ressaltam que a utilização de amônia no rúmen não é melhorada quando se tem elevada velocidade de degradação do alimento que contém nitrogênio, em virtude da possível ocorrência de produção e absorção excessiva de amônia, o que pode aumentar a excreção urinária de uréia e causar efeitos diretos sobre a utilização da fibra, reduzindo a degradação desta.

A degradação efetiva (DE) da MS, PB e FDN aumentou com a amonização do feno de restolho da cultura do milho (Tabela 4). Com o aumento da taxa de passagem (2, 5 e 8%/h), a DE da MS, PB e FDN do feno de restolho de milho obtido sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e amonizado ou não com uréia diminuiu, ou seja, quanto maior a taxa de passagem do alimento, menor a permanência no trato digestório e menor o tempo para a ação dos micro-organismos ruminais sobre as partículas do alimento, sendo o mesmo comportamento observado por Carvalho et al. (2006) para os fenos dos capins colonião, Tifton e braquiária.

Conclusões

A amonização do feno de restolho da cultura do milho sob adubação com 40 e 120 kg de N/ha promove redução dos constituintes da parede celular. O teor de PB, a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da MS e PB são incrementados com a amonização do restolho da cultura do milho com 3% de uréia na MS.

Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK: CAB International, 1993. 159p.

ALFAYA, H.; SUÑÉ, L.N.P.; SIQUEIRA, C.M.G.; SILVA, D.J.S.; SILVA, J.B.; PEDERZOLLI, E.M.; LÜEDER, W.E. Efeito da Amonização com Uréia sobre os Parâmetros de Qualidade do Feno do Capim-Annoni 2 (*Eragrostis plana* Nees). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.842-851, 2002 (suplemento).

ASSIS, M.A.; SANTOS, G.T.; CECATO, U.; DAMASCENO, J.C.; PETIT, H.V.; BETT, V.; GOMES, L.H.; DANIEL, M. Degradabilidade *in situ* de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.657-663, 1999.

BASTOS, E.A.; ANDRADE JR., A.S.; MEDEIROS, R.M. **Boletim agrometeorológico do ano de 2003 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos; 100).

BERCHIELLI, T.T.; ALEXANDRE, V.P.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7.ed., Viçosa: UFV, 2005. 611p.

BORGES, I.D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 115p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

CALIXTO JÚNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CANTO, M.W. Taxa de degradação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderryst) em função de níveis de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.493-502, 2007.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.125-132, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Segundo levantamento, novembro de 2009. Brasília: CONAB, 2009. 39p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq; Brasília: Embrapa-SCT, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Técnicas *in vitro* e *in situ* para estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Pirassununga, 2007. **Anais...** Pirassununga: USP, p. 16-71, 2007.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; BERNARDINO, F.S.; ROCHA, F.C. 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.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G. Leaf tissues degradation of signalgrass hay pretreated with urea and submitted to *in vitro* digestion. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.802-809, 2008.

GOMES, A.N.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; MEDEIROS, R.M. Evapotranspiração de referência mensal para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.560-564, 2005.

GRISWOLD, K.E.; APGAR, G.A.; BOUTON, J.; FIRKINS, J.L. Effects of urea infusion and ruminal degradable protein concentration on microbial growth, digestibility and fermentation in continuous culture. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.329-336, 2003.

GUEDES, R.S.; FERNANDES, A.R.; SOUZA, H.L.S. Crescimento e produção do sorgo para silagem em função doses de nitrogênio e de enxofre. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA e SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 6 e 12, Belém, 2008. **Anais...** Belém: UFRA/EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, p.1-5, 2008.

HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis: a laboratory manual**. Gainesville; FL: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2000. 76p. (Bulletin n. 339).

JOBIM, C.C.; SANTOS, G.L.; ROSITO, J.M.; NETO, J.S.; DENARDIN, C.E. Efeito da uréia sobre uma pastagem natural do Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Rurais**, v.18, n.3-4, p.355-367, 1988.

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal: Mitos e realidades**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.

LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p.421-428, 1978.

MAKKAR, H.P.S. Recommendation for quality control of in sacco nylon bag technique. In: FIRST RESEARCH COORDINATION MEETING OF THE FAO/IAEA COORDINATED RESEARCH PROJECT FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FOR USE OF NUCLEAR AND RELATED TECHNIQUES TO DEVELOP SIMPLE TANNIN ASSAYS FOR PREDICTING AND IMPROVING THE SAFETY AND EFFICIENCY OF FEEDING RUMINANTS ON TANNINIFEROUS TREE, Viena, 1999. **Proceedings...** Viena: FAO/IAEA, 1999. 3p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.3, p.2051-2069, 1988.

NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratórios: solo, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 316p.

NOUALA, F.S.; AKINBAMIJO, O.O.; SMITH, O.B.; PANDEY, V.S. Horticultural residues as ruminant feed in pri-urban area of the Gambia. **Livestock Research for Rural Development**, v.16, n.6, p.1-6, 2004.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C.; REGGAZI, A.J. 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.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.683-692, 1995a.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C.; REGGAZI, A.J. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os 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, 1995b.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C.; REGGAZI, A.J. 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.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.693-705, 1995c.

PEREIRA, V.L.A.; SILVA, V.M.; LIRA, M.A.; BATISTA, A.M.V.; BARBOSA, A.A. Composição bromatológica, consumo voluntário e digestibilidade do restolho de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) var. Sart) amonizado com uréia. **Revista Científica de Produção Animal**, v.6, n.2, p.9-15, 2004.

QUEIROZ FILHO, J.L.; MALHEIROS, J.R.; MARTINEZ, M.S.G.; OLIVEIRA FILHO, J.J. Efeito da idade do corte e níveis de nitrogênio sobre o valor nutritivo da *Brachiaria humidicola* na região do brejo paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.7, n.1-2, p.72-80, 1986.

QUEIROZ, A.C.; LEMENAGER, R.P.; HENDRIX, K.S.; FONTES, C.A.A. Efeito do tratamento da palha de trigo com amônia anidra sobre a degradabilidade *in situ* da matéria seca, taxa de passagem e concentração de ácidos graxos voláteis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.5, p.882-890, 1992.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T.; PEREIRA, J.R.A.; RUGGIERI, A.C. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 1. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.674-681, 2001a.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T.; PEREIRA, J.R.A.; RUGGIERI, A.C. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 2. Compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.682-686, 2001b.

ROMERO, N.R.; FEBRES, O.A.; GONZALEZ, B. Efeito da adição de uréia sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do feno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick colhida em diferentes idades. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v.12, n.2, p.52-58, 2004.

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, 2001. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, p.41-63, 2001.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2.ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.

SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. Reading: University of Reading, 1988. 214p. Tese (Doctor in Physiology) – University of Reading, 1988.

SAS, 2000. **Statistical Analysis Systems User's Guide**. Statistics Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SIEWERD, L. NUNES, A.P.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade da matéria seca de um campo natural de planossolo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n.3, p.157-162, 1995.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed., Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; CUNHA NETO, P.A.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.499-506, 2007.

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; PAZ, C.C.P.; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. **Ciência Agrotécnica**, v.32, n.2, p.474-480, 2008.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A.; SUMI, L.M.; BATISTA, L.A.R. **Método alternativo para determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. 21p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Boletim de Pesquisa, 4).

SUNDSTØL, F. Ammonia treatment of straw: Methods for treatment and feeding experience in Norway. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, n.2-3, p.173-187, 1984.

TOMICH, T.R.; SAMPAIO, I.B.M. A new strategy for the determination of forage degradability with an *in situ* technique through the use of one fistulated ruminant. **Journal of Agricultural Science**, v.142, p.589-593, 2004.

VAN RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (edsEds) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto agrônômico, 2001, 284p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G. Efeito dos níveis de uréia sobre o valor nutricional do feno de capim-Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.2, p.333-340, 2007.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

- Tecnologias de uso de uréia associadas a processos de conservação do restolho da cultura do milho mostram-se promissoras na melhoria da qualidade nutritiva da silagem e do feno para alimentação de ruminantes;
- Além de possuir elevado poder tampão, o que evita rápida queda do pH da massa ensilada, a uréia também possui a capacidade de inibir a proliferação de microrganismos indesejáveis, em virtude disso, a adição de uréia à silagem de restolho da cultura do milho obtido sob diferentes níveis de adubação nitrogenada favorece um padrão de fermentação diferente do observado para silagens convencionais, porém, sem comprometer a qualidade da silagem;
- A adição de uréia à silagem do restolho da cultura do milho não promove efeitos substanciais nos constituintes da fração fibrosa, porém, resulta em incremento do teor de proteína bruta (PB), em virtude da adição de nitrogênio não protéico (NNP), implicando também em redução no teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), incremento da degradabilidade *in situ* e da cinética de degradação da matéria seca (MS) e da PB, sendo indicada a adição de 3% de uréia, com base na MS;
- A amonização do feno do restolho da cultura do milho sob adubação com 40 e 120 kg de N/ha promove redução dos constituintes da parede celular, principalmente pela redução do complexo lignocelulose;
- A amonização do feno do restolho da cultura do milho resulta em incremento do teor de PB, pela adição de NNP e, conseqüentemente, reduz o teor de NIDA; e incrementa a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da MS e PB, com 3% de uréia na MS.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DOS ITENS 1 E 2

- BORGES, I.D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 115p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, p.63-145, 1993.
- CALIXTO JÚNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CANTO, M.W. Taxa de degradação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderryst) em função de níveis de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.493-502, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Segundo levantamento, novembro de 2009. Brasília: CONAB, 2009. 39 p.
- 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. **Animal Feed Science Technology**. v.18, p.283-293, 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204 p.
- EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Técnicas *in vitro* e *in situ* para estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Pirassununga, 2007. **Anais...** Pirassununga: USP, 2007. p.16-71.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento¹, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.11, p.2111-2115, 2009.
- GARCIA, R. Amonização de forrageiras de baixa qualidade e a utilização na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO DE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1., São Carlos, 1992. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA/UEPAE, 1992. p.83-97.
- 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.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C. et al. Leaf tissues degradation of signalgrass hay pretreated with urea and submitted to *in vitro* digestion. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.802-809, 2008.

GROSSI, S.F.; REIS, R.A.; EZEQUIEL, J.M.B. et al. Tratamento de volumosos com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.651-660, 1993.

GUILHERME, L.R.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 171 p.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDÖRFER, G.H. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.?, p.363-376, 2000.

LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**, v.11, n.132, p.50-57, 1985.

MAGGIO, M.A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido tropical**. 2006. 55f. Tese (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, 2006.

McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, v.13, n.49, p.49-52, 1977.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Willey & Sons, 1981. 226 p.

MELO, W.M.C.; PINHO, R.G.V.; PINHO, E.V.R.V. et al. Parcelamento da adubação nitrogenada sobre o desempenho de cultivares de milho para produção de silagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.3, p.608-616, 1999.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.

NEIVA, J.N.M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Características químicas da silagem de rolão de milho amonizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.461-465, 1998.

NEIVA, J.N.M.; VOLTOLINI, T.V. Produção e conservação de volumosos para reserva estratégica. In: NEIVA, A.C.G.R.; NEIVA, J.N.M. (Org.) **Do campus para o campo: tecnologias para a produção de leite**. Fortaleza: Expressão, 2006. 320p.

NYAATA, O.Z.; DORWARD, P.T.; KEATINGE, J.D.H. et al. Availability and use of dry season feed resources on smallholder dairy farms in central Kenya. **Agroforestry Systems**, v.50, n.3, p.315-331, 2000.

ØRSKOV, E.R.; Evaluation of fibrous diets for ruminants. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON FEEDINGS EVALUATION MODERN ASPECTS-PROBLEMS-FUTURE TRENDS, 1985, Aberdeen. **Proceedings...**, s.l.: Rowett Research Institute, 1986. p.38-41, 1980. (Rowett Research Institute. Feeds Publication, 1).

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

ØRSKOV, E.R.; The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production**, v.?, n.5, p.195-213, 1980.

OTIENO, K.; ONIM, J.F.M.; MATHUVA, M.N. A gunny-bag ensiling technique for small-scale farmers in Western Kenya. In: PASTURES NETWORK FOR EASTERN AND SOUTHERN AFRICA/AFRICAN RESEARCH NETWORK FOR AGRICULTURAL BY-PRODUCTS. **Utilisation of research results on forage and agricultural by-product materials as animal feed resources in Africa**. Proceedings of the first joint workshop held in Lilongwe, Malawi, 1988. Ethiopia: PANESA/ARNAB, 1990. p.671-688.

OTIENO, K.; ONIM, J.F.M.; SEMENYE, P.P. Feed production and utilisation by dual-purpose goats in smallholder production systems of western Kenya. In: STARES, J.E.S.; SAID, A.N.; KATEGILE, J.A. (Eds.), **The complementarity of feed resources for animal production in Africa**. Ethiopia: ILCA, 1992. p.321-338.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. 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.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.683-692, 1995a.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os 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, 1995b.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. 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.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.693-705, 1995c.

PHILLIP, L.E.; GARINO, H.J.; ALLP, I. et al. Effects of anhydrous ammonia on amino acid preservation and feeding value of high-moisture ear corn for growing steers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.65, n.2, p.411-417, 1985.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEDROSO, P. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de volumosos de baixa qualidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.4, p.486-493, 1995.

ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; FREITAS, A.W.P. et al. Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres**, v.53, n.306, p.228-233, 2006.

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, 2001. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.41-63.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: ____ (Eds.) **Corn silage production management and feeding**. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p.27-29.

SAMPAIO, I.B.M. Métodos estatísticos aplicados à determinação de digestibilidade *in situ*. In: TEIXEIRA, J.C. **Digestibilidade em ruminantes**. Lavras: UFLA, 1997. p.165-178.

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N. et al. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.474-480, 2008.

SUNDSTOL, F.; COXWORT, E.; MOWAT, D.N. Mejora de valor nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. **Revista Mundial de Zootecnia**, v.26, n.1, p.13-21, 1978.

TUAH, A.K. Utilisation of agricultural by-products for village and commercial production of sheep rations in Ghana. In: PASTURES NETWORK FOR EASTERN AND SOUTHERN AFRICA/AFRICAN RESEARCH NETWORK FOR AGRICULTURAL BY-PRODUCTS. **Utilisation of research results on forage and agricultural by-product materials as animal feed resources in Africa**. Proceedings of the first joint workshop held in Lilongwe, Malawi, 1988. Ethiopia: PANESA/ARNAB, 1990. p.57-69.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1984. 32p. (EMBRAPA-CNPGL. Circular Técnica, 21).

VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.73-108.

WILKINSON, J.M. Silage made from tropical and temperate crops. 2. Techniques for Improving the nutritive value of silage. **World Animal Review**, v.46, p.35-40, 1983.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.