

GLÁUCON CÉZAR CARDOSO

DESEMPENHO DE NOVILHOS SIMENTAL ALIMENTADOS COM RAÇÕES
CONTENDO PALHADA DE ARROZ AMONIZADA, SILAGEM DE SORGO,
CANA-DE-AÇÚCAR E URÉIA

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

GLÁUCON CÉZAR CARDOSO

DESEMPENHO DE NOVILHOS SIMENTAL ALIMENTADOS COM RAÇÕES
CONTENDO PALHADA DE ARROZ AMONIZADA, SILAGEM DE SORGO,
CANA-DE-AÇÚCAR E URÉIA

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

APROVADA: 07 de dezembro de 2000.

Prof. Dilermando Miranda da Fonseca

Prof. Sebastião C. Valadares Filho

Prof. Odilon Gomes Pereira
(Conselheiro)

Prof. Mário Fonseca Paulino
(Conselheiro)

Prof. Rasmão Garcia
(Orientador)

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), especialmente ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), concessão de bolsa de estudo.

À Companhia Mineira de Metais do grupo Votorantin, pelo financiamento desta pesquisa.

Ao Prof. Rasmô Garcia, pela amizade, pela competência, pelo profissionalismo, pelos ensinamentos, pela confiança, pelo estímulo, pela orientação e, sobretudo, por tudo que significa para área de Forragicultura e Pastagens, em nível prático.

Ao Prof. Odilon Pereira Gomes, pelo aconselhamento e pelas sugestões.

Ao Prof. Mário Fonseca Paulino, pelo exemplo de paciência e profissionalismo, pela competência e pelas sugestões apresentadas no sentido de aprimorar esta pesquisa.

Ao Prof. Paulo Roberto Cecon, pela disponibilidade, pela brilhante orientação estatística e pelas sugestões.

À Coordenação da Pós-Graduação em Zootecnia da UFV, na pessoa de Celeste Ottamar da Silva, pela inestimável ajuda, pelos incessantes e valiosos “lembretes” e pelo constante apoio no decorrer deste curso.

Ao querido irmão Arnaldo, ser humano forte e brilhante, pelo incondicional apoio, pelo incessante estímulo, pela humildade, pela invejável paciência e, especialmente, pela amizade fraterna.

À mamãe, pela educação.

A meu pai João, pelo amor.

Às queridas irmãs Lílian e Gláucian, que, apesar de distantes, estão sempre presentes.

Aos cunhados Heuzer, Wilma e Jair, pela agradável convivência.

Aos iluminados sobrinhos Thales, Giovanna e Larissa, pela sincera e contagiante alegria.

Ao Dr. Luciano Magalhães, gerente da unidade agrosilvipastoril da Companhia Mineira de Metais, por disponibilizar as dependências e toda a infraestrutura necessárias à perfeita condução deste experimento.

Aos funcionários do setor agropecuário da Companhia Mineira de Metais, Adevânio, Nice e Sérgio, “Dito”, Tiãozinho, Manuel e Edvan, pela ajuda no campo e pela amizade.

Aos engenheiros da Companhia Mineira de Metais Cláudio Ofugi, Raul e Vicente, pelo fornecimento de insumos e mão-de-obra e pelo constante apoio.

Aos funcionários do setor administrativo, Pedro, Gilson, Batista, Toninho, Marcos, Natal, Paulinho, Felício, Iraci e Sr. Oswaldinho, e da oficina mecânica da Companhia Mineira de Metais, Wantuir, pela competência.

Aos amigos Fernando e Pollianna Vasconcelos, pelo companheirismo em todas as horas, pela calorosa acolhida em Viçosa e pela eterna amizade.

Aos companheiros de república de Viçosa, Pollianna, Maurinha, Denise, Rivelino Rovetta (Tigrão), Adalberto (vovô), Toninho, Adrian e Sinésio, pela divertida convivência e pelas calorosas discussões.

Aos companheiros de república de João Pinheiro.

Aos colegas de curso Rivelino, Moacir, Luciano Mello, Joanis, Luciano Cabral, Edenio, Elisa, Andréia, Gilson, Sherlânea, Luciana Rennó, Aureliano, Kelvin, Cláudio Samara, André Sorriso, Guga, Joanis, Andréia, Moacir, Bevaldo, Fabiano, Cristina, Toninho Gesualdi, Marcos “Paraíba”, Marco Antônio, Alex,

Alexandre “Bodão”, Karina, Emerson, Héliida, Daniele (Dani), Miguel, Salete, José Luís (Zé Gotinha), Gilson, Emanuel, Elcivam, Virgínia, Eduardo Destéfani e Josvaldo, pela troca de conhecimentos e pela agradável convivência.

Ao Prof. “Juquinha”, pelo amor à vida acadêmica e pela perseverança.

Ao amigo Alexandre, pelo apoio incondicional na etapa final deste trabalho.

Aos demais professores do DZO/UFV que contribuíram para minha formação acadêmica, em especial, ao Prof. Dilermando Miranda da Fonseca, pelo inesquecível apoio no ingresso deste curso.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do DZ/UFV, Fernando e, especialmente, Monteiro, pelo apoio e pela valiosa ajuda durante as análises químicas.

Aos funcionários administrativos do DZO/UFV, Adilson, Celeste, Márcia, Paulon, Raimundo, Rosana e Venâncio, pela presteza.

BIOGRAFIA

GLÁUCON CÉZAR CARDOSO, filho de João Cardoso de Souza e Vane Augusta Faria de Souza, nasceu em Marilac, Minas Gerais, em 25 de junho de 1968.

Em julho de 1995, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

No período de agosto de 1995 a junho de 1997, desenvolveu projetos na área de bovinocultura de leite e corte, como autônomo.

Em agosto de 1997, iniciou o Programa de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo tese em 08 de dezembro de 2000.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Palha de arroz, características gerais.....	3
2.2. Tratamento químico na melhoria de alimentos fibrosos	5
2.3. Ação química da amônia sobre a matriz da parede celular	6
2.4. Efeito da amonização sobre o conteúdo de compostos nitrogenados e a retenção de nitrogênio.....	9
2.5. Efeito da amonização sobre os carboidratos da parede celular.....	12
2.6. Efeito da amonização sobre a digestibilidade <i>in vitro</i> e a degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca e dos constituintes da parede celular.....	14
2.7. Consumo e desempenho de animais alimentados com volumosos amonizados	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização do experimento.....	20
3.2. Obtenção dos volumosos	20

3.3. Amonização da palha de arroz.....	21
3.4. Ensaio com animais	22
3.4.1. Determinação das variações de peso dos animais.....	23
3.4.2. Determinação do consumo de volumoso.....	23
3.5. Coleta, preparo das amostras e análises bromatológicas.....	24
3.6. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Composição bromatológica dos alimentos utilizados.....	26
4.2. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS).....	28
4.3. Consumo de matéria seca, matéria seca digestível, proteína bruta e fibra em detergente neutro.....	29
4.4. Ganho em peso e conversão alimentar dos animais.....	32
5. RESUMO E CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
APÊNDICE.....	47

RESUMO

CARDOSO, Gláucun César. M.S. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2000. **Desempenho de novilhos Simental alimentados com rações contendo palhada de arroz amonizada, silagem de sorgo, cana-de-açúcar e uréia.** Orientador: Rasmu Garcia. Conselheiros: Odilon Gomes Pereira e Mário Fonseca Paulino.

Esta pesquisa foi conduzida na Fazenda Bom Sucesso da Companhia Mineira de Metais do Grupo Votorantim, no município de Paracatu - MG, com os objetivos de verificar alterações na composição químico-bromatológica do material tratado com amônia; avaliar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca do material tratado; e analisar o desempenho de novilhos submetidos a quatro tratamentos (palha de arroz tratada com amônia, palha não-tratada + uréia, cana-de-açúcar + uréia e silagem de sorgo). Foram utilizados 16 novilhos Simental, adultos, com idade e peso vivo médio de 420 kg e 20 meses, respectivamente, não-castrados, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O tratamento da palhada de arroz com 3% de amônia anidra promoveu alterações benéficas na composição bromatológica deste volumoso. O teor de proteína bruta da palhada amonizada elevou de 7,2 para 15,5%, com retenção de 51% do nitrogênio aplicado. A amonização reduziu os teores de NIDN/NT e NIDA/NT, aumentando a quantidade de nitrogênio disponível para a síntese de proteína microbiana. A amonização também diminuiu os teores de fibra em detergente neutro de 77,3 para 74,0% e de hemicelulose de 32,0 para 26,5%. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da palhada de arroz amonizada sofreu incremento de

16,3 unidades porcentuais. A palhada de arroz amonizada e a silagem de sorgo foram os volumosos que proporcionaram os maiores consumos de MS, MSD e FDN, enquanto a cana-de-açúcar + uréia foi o volumoso menos consumido. O consumo total de MS, que variou de 7,1 a 10,0 kg/dia, diferiu ($P < 0,05$) entre os tratamentos, verificando-se maiores consumos para os animais que receberam rações com palhada de arroz amonizada e silagem de sorgo, que, por sua vez, não diferiram entre si ($P > 0,05$). Os consumos de MS, MSD, PB e FDN, proporcionados pela palhada de arroz amonizada, foram, respectivamente, 30, 78, 56 e 21% superiores aos obtidos pela palhada de arroz não-tratada, mas suplementada com uréia (100 g/dia). Observou-se maior ($P < 0,05$) ganho de peso para os animais que receberam palhada de arroz amonizada (1,59 kg/dia) em relação à palhada mais uréia (1,25 kg/dia) e cana-de-açúcar mais uréia (1,11 kg/dia), sendo que estas duas últimas não diferiram da silagem de sorgo (1,42 kg/dia), que apresentou ganhos semelhantes ($P > 0,05$) aos obtidos para a palhada amonizada. De posse dos resultados obtidos, concluiu-se que o tratamento com amônia anidra melhorou o valor nutritivo da palhada de arroz, especialmente com relação aos teores de proteína bruta e à digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A melhoria do valor nutritivo da palhada de arroz amonizada resultou em maior consumo voluntário deste volumoso e, conseqüentemente, maior ganho diário de peso vivo dos animais, em relação à palhada de arroz não-tratada e suplementada com uréia.

ABSTRACT

CARDOSO, Gláucen César. M.S. Universidade Federal de Viçosa, December 2000. **Performance of Simental steers fed diets with sorghum silage, sugar cane and rice straw treated or not with anhydrous ammonia.** Adviser: Rasmô Garcia. Committee members: Odilon Gomes Pereira and Mário Fonseca Paulino.

This research was carried out at Bom Sucesso Farm of Companhia Mineira de Metais do Grupo Votorantim, at Paracatu - MG, to verify the changes on chemical composition of the material treated with ammonia; to evaluate the in vitro dry matter digestibility of treated material; and to analyze the performance of steers fed four diets (rice straw treated with ammonia, non treated straw + urea, sugar cane + urea and sorghum silage). Sixteen Simental steers, adult, averaging 420 kg and 20 months old, were assigned to a completely randomized design, with four replicates. Rice straw with 3% anhydrous ammonia treatment positively affected the chemical composition of this roughage. Ammoniated straw crude protein content increased from 7.2 to 15.5%, with 51% nitrogen retention. Ammoniation reduced NIDN/NT and NIDA/NT contents, increasing available nitrogen amount for the microbial protein synthesis. Ammoniation also decreased the neutral detergent fiber contents from 77.3 to 74.0% and hemicelullose from 32.0 to 26.5%. In vitro dry matter digestibility (IVDMD) of ammoniated rice straw showed an increased 16.3%. Ammoniated rice straw and sorghum silage were the roughages that showed higher DM, DDM and NDF contents, while sugar cane + urea was the

less ingested roughage. Total DM intake, that ranged from 7.1 to 10.0 kg/day, differ ($P < .05$) among treatments, and the higher intakes were observed for the animals fed diets with ammoniated rice straw and sorghum silage, that did not differ ($P > .05$). DM, DDM, CP and NDF intakes, obtained with ammoniated rice straw, were, respectively, 30, 78, 56 and 21% higher than those obtained with non treated rice straw, but supplemented with urea (100 g/day). Higher ($P < .05$) weight gain was observed for animals fed ammoniated rice straw (1.59 kg/day) in relation to those fed straw + urea (1.25 kg/day) and sugar cane + urea (1.11 kg/day), and the last one did not differ from sorghum silage (1.42 kg/day), that showed similar gains ($P > .05$) in relation to ammoniated straw. It was concluded that the treatment with anhydrous ammonia improved the rice straw nutritive value, especially in relation to crude protein contents and to *in vitro* dry matter digestibility. Ammoniated rice straw nutritive value improvement resulted in higher voluntary intake of this roughage and, consequently, in higher daily live weight gain of animals, in relation to non treated and supplemented with urea rice straw.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de ter o segundo maior rebanho do mundo e das tecnologias já existentes, a bovinocultura de corte brasileira, em geral, apresenta modestos índices de produtividade. O desempenho dos animais é razoável na estação chuvosa, com a pastagem em boas condições, observando-se na estação seca carência alimentar, causada pela baixa qualidade do pasto, resultando em perda de peso do rebanho. Esta situação contrastante ocorre entre os períodos de seca e chuva e deixa seqüelas nutricionais nestes animais, culminando em baixos índices zootécnicos, como baixa taxa de fertilidade, alta taxa de mortalidade e abate tardio dos animais, além de animais com qualidade de carcaça inferior e de alto custo de produção. Estes, entre outros problemas, aliados à crescente demanda de alimentos, inclusive de carne bovina, ao crescimento e à maior exigência do mercado consumidor e à competição com carnes oriundas de outros países e com carnes de outras espécies – como suínos e aves –, sugerem mudanças em determinados segmentos da bovinocultura de corte brasileira para melhorar seus índices de produtividade.

A atividade de confinamento, de alto custo, poderá mostrar melhor viabilidade econômica, se forem utilizados volumosos de baixo custo, principalmente os restos de culturas anuais e resíduos industriais devidamente melhorados com tratamentos alternativos.

Grande produção de resíduos culturais tem forçado pesquisadores a avaliarem sistemas mais eficientes para sua utilização, que não sejam,

simplesmente, o seu retorno ao solo, como adubo ou cobertura morta para o plantio direto.

Entre os fatores que limitam a utilização desses resíduos na sua forma *in natura* para a alimentação de ruminantes, destacam-se a baixa disponibilidade de compostos nitrogenados, os elevados teores de carboidratos, os altos teores de lignina e a baixa digestibilidade da matéria seca. Esses fatores, em conjunto, restringem o consumo desses volumosos, que, por sua vez, resultam em baixo desempenho animal.

Entre as diferentes formas de tratamentos químicos, físicos e biológicos existentes, a amonização de volumosos tem sido uma alternativa bastante discutida. Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado que a amonização, além de promover incrementos nos teores de compostos nitrogenados, reduz os teores de fibra, principalmente de hemicelulose, melhorando a digestibilidade dos materiais tratados, contribuindo para maiores consumo e desempenho dos animais. Segundo SUNDSTØL et al. (1978), a amônia anidra apresenta metodologia de simples aplicação, podendo ser executada nas fazendas.

Entre os diferentes tipos de resíduos e de restos culturais, a palha-de-arroz, objeto de trabalho deste experimento, largamente produzida no Brasil, pode ser mais uma opção para os produtores de carne, como suplementação volumosa a pasto na época de escassez de alimentos, ou como volumoso exclusivo em confinamentos em regiões ou propriedades onde este resíduo é abundante.

Diante do volume de palha de arroz, 30 milhões de toneladas (FAO, 1996), que anualmente é produzido no Brasil e do grande potencial de aproveitamento deste volumoso na alimentação de bovinos, conduziu-se um experimento objetivando:

- Avaliar o efeito do tratamento da palhada de arroz com amônia anidra sobre os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, retenção de nitrogênio e digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

- Avaliar o consumo de nutrientes, o ganho em peso e a conversão alimentar de novilhos Simental alimentados com dietas contendo palhada de arroz com ou sem amônia anidra, silagem de sorgo e cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Palhada de arroz, características gerais

Face à grande produção agrícola mundial e à diversidade das agroindústrias, anualmente são geradas milhões de toneladas de alimentos volumosos que podem ser aproveitados sob diferentes formas na alimentação animal.

Segundo dados da FAO (1996), o Brasil é o maior produtor de arroz do continente americano, gerando cerca de 30 milhões de toneladas de palhada em uma área cultivada de 10 milhões de hectares.

A palhada de arroz, resíduo gerado após a colheita do grão, é importante fonte de energia e tem grande potencial de utilização como volumoso, principalmente na alimentação de ruminantes (RAHAL et al., 1997). Todavia, este volumoso apresenta baixos conteúdos de compostos nitrogenados, minerais e carboidratos não-fibrosos, além de possuir elevados teores de sílica, característica que contribui para reduzir a sua digestibilidade (VAN SOEST, 1994).

Segundo SHEN et al. (1998), durante o crescimento vegetativo, a sílica é absorvida do solo na forma de ácido mono-sílico e reage com O-fenol, um precursor da síntese de lignina, sendo depositado na parede celular dos feixes vasculares, tecido xilemático, como componente estrutural. Já durante o estágio de maturação do grão, a sílica é transportada na forma de ácido monossílico e ácido dissílico para as células da epiderme da folha e bainha, acumulando-se principalmente na forma de opalina junto à camada de cutícula

na parede das células da epiderme. Apesar deste processo ser considerado um mecanismo de defesa, protegendo a planta contra a perda excessiva de água durante dias quentes e contra o ataque de pragas, e funcionar como uma barreira física, evitando a penetração de agentes patogênicos, de forma a aumentar a rusticidade da planta, exerce influência negativa sobre a degradabilidade da palhada de arroz (SHEN et al., 1998; VAN SOEST, 1994).

De modo geral, as palhadas obtidas após colheita dos grãos de cereais podem apresentar ampla variação na sua composição bromatológica e digestibilidade. FERREIRA et al. (1993), em estudos com palhada de arroz, constataram valores de 76,7% para a fração fibra em detergente neutro (FDN) e 34,5% para a DIVMS. Assim, REIS et al. (1995), em estudos nos quais se avaliaram os efeitos da inclusão de feno de palhada de arroz na dieta de bovinos confinados, encontraram valores de 74,4% para a FDN e 41,1% para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) deste volumoso. RAHAL et al. (1997), citando vários autores, relataram que as diferenças observadas na digestibilidade e no consumo deste volumoso podem ser atribuídas às características genéticas de cada cultivar, bem como às diferentes práticas de manejo realizadas durante o crescimento da cultura ou durante a colheita.

Em estudos com diferentes cultivares de arroz, SHEN et al. (1998) verificaram que a composição bromatológica e a qualidade da palhada de arroz sofreram alterações, em função da variedade e da estação de cultivo. Esses autores relataram que condições climáticas como temperatura, precipitação, luminosidade, comprimento do dia e doses de fertilizantes contribuíram para diferenças na produção de grãos e na composição bromatológica da palhada entre as diferentes estações de cultivo

Nesse contexto, tem-se que a utilização de subprodutos agrícolas não-submetidos a tratamentos que modifiquem suas características bromatológicas, na alimentação de ruminantes, apresenta baixa digestibilidade e, conseqüentemente, elevado tempo de permanência no trato gastrointestinal, o que resulta em reduzido consumo de matéria seca e baixo desempenho animal.

2.2. Tratamento químico na melhoria de alimentos fibrosos

Nas últimas décadas, inúmeras formas de tratamento químico foram propostas com objetivo de melhorar a qualidade dos alimentos fibrosos e aumentar a sua participação na dieta dos ruminantes. Este tipo de tratamento pode ser diferenciado em duas categorias, aqueles que utilizam agentes hidrolíticos como hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio, uréia, amônia, entre outros, e aqueles que usam agentes oxidativos – dióxido de enxofre, peróxido de hidrogênio e ozônio.

Os agentes hidrolíticos são caracterizados, principalmente, por promoverem hidrólise parcial da parede celular, por meio da ruptura de ligações éster entre polissacarídeos e entre hemicelulose e lignina, sem, contudo, remover lignina. Também acredita-se que possa haver rompimento de pontes de hidrogênio da molécula de celulose (FAHEY, 1993). Essas alterações resultariam em desestruturação da matriz da parede celular, que, por sua vez, facilitaria o ataque dos microrganismos aos carboidratos fibrosos das forragens tratadas. Já os agentes oxidativos, além de solubilizar hemicelulose, podem acarretar redução no conteúdo de lignina (LEAL et al., 1994).

A melhoria no valor nutricional das palhadas pode ser obtida pelo tratamento com álcali forte, amônia anidra ou uréia como fonte de amônia, resultando em aumento da digestibilidade e do teor de nitrogênio total e na preservação de resíduos úmidos, pelo controle de crescimento microbiano (VAN SOEST, 1994).

Apesar de a literatura mencionar diferentes tratamentos químicos, como NaOH, NH_3OH , uréia, amônia líquida e amônia anidra, a maioria destes já não são mais utilizados ou têm uso limitado a algumas regiões. Tal fato pode ser atribuído a diversos fatores: elevado custo de tratamento, dificuldade de manuseio, riscos de contaminação ambiental e falta de uniformidade nos resultados.

Entre os diversos tratamentos químicos estudados, aqueles utilizando reagentes alcalinos são os que apresentam maior potencial para melhoria do valor nutritivo de materiais volumosos; dentre estes, os que utilizam hidróxido de sódio são mais eficientes. Todavia, REXEN e KNUDSEN (1984) fazem restrições à utilização desse produto, devido ao elevado pH do material tratado,

que pode levar à redução no consumo e risco de contaminação ambiental, causado pelo acúmulo de íons sódio no solo. Além disso, o excesso de Na deixado no material pode acarretar maior atividade diurética dos animais, alterando também o metabolismo de outros minerais, como o Ca e Mg.

Assim, a amonização de volumosos utilizando uréia e amônia anidra é uma alternativa à utilização de outros agentes hidrolíticos, em razão de ser de fácil aplicação, não poluir o ambiente, fornecer nitrogênio não-protéico, além de conservar forragens com alto teor de umidade (SUNDSTØL e COXWORTH, 1984; WOOLFORD e TETLOW, 1984; e JOY et al., 1992). Trabalhos de pesquisa utilizando capins velhos, palhadas e subprodutos da agroindústria também têm evidenciado efeitos positivos da aplicação de amônia sobre a fração fibrosa desses volumosos (CHERMITI et al., 1994). De modo geral, tais pesquisas enfatizam que o aumento de compostos nitrogenados, juntamente com alterações na estrutura física da parede celular, principalmente solubilização de hemicelulose, contribui para melhor fermentação da fibra pelos microrganismos, aumentando a digestibilidade e o consumo, os quais, por sua vez, podem melhorar o desempenho animal.

2.3. Ação química da amônia sobre a matriz da parede celular

Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado efeito da amonização sobre a fração fibrosa de diferentes volumosos (REIS et al., 1995; ROSA et al., 1998). De modo geral, duas teorias explicam o efeito da amônia sobre os constituintes da parede celular das forragens. A primeira, denominada amonólise, baseia-se no rompimento de ligações ésteres entre moléculas de hemicelulose e entre hemicelulose e lignina, por ação direta da amônia, resultando na formação de amida. A segunda teoria envolve uma hidrólise alcalina resultante da reação entre o hidróxido de amônio, formado pela alta afinidade entre a amônia e a água, e as ligações do tipo éster presentes na parede celular.

Em estudos com feno de festuca alta, BUETTNER et al. (1982) confirmaram a ação da amônia sobre as ligações do tipo éster. Os autores constataram que a amonização promoveu grande redução na absorvância para os comprimentos de onda relativos às ligações éster e incremento nas ligações

do tipo amida. Tal fato sugere que a molécula de amônia, por meio de uma reação de amonólise, seja responsável pelo aumento tanto das ligações amida quanto da digestão da fibra.

Também GOTO et al. (1993), em estudos com colmos de palhada de cevada, colhidos 24 semanas pós-plantio, tratados ou não com 3% de amônia anidra a 80°C, por 20 horas (termoamonização), verificaram maior concentração de ácidos orgânicos na fração solúvel em água, para a palhada de cevada tratada. A concentração de ácido acético, nessa fração, foi quatro vezes maior para os colmos amonizados, quando comparado aos não-tratados. Segundo os autores, uma vez que as bandas de absorção para éster de acetil diminuíram na fração insolúvel dos colmos de cevada amonizados com 3% de amônia anidra, grande parte do ácido acético encontrado na fração solúvel pode ser atribuída à remoção de grupos acetil dos polissacarídios da parede celular, pela hidrólise alcalina.

Os resultados de diversos trabalhos têm indicado que a amonização utilizando amônia anidra, uréia ou amônia líquida provoca significativa redução no conteúdo de fibra detergente neutro (FDN). Essa redução, na maioria das vezes, está associada à solubilização parcial da fração hemicelulose do material amonizado (FERREIRA et al., 1990; REIS et al., 1995). Entretanto, alguns autores não têm constatado esse fato, o que pode ser decorrente de vários fatores que interferem no processo de amonização: níveis de aplicação, períodos de amonização, temperatura ambiente, umidade e qualidade do material.

Um dos primeiros aspectos a ser estudado neste tipo de tratamento foram os efeitos dos níveis de amônia sobre a qualidade de diferentes palhadas. Assim, com base em grande número de estudos desenvolvidos por vários autores, SUNDSTØL e COXWORTH (1984) concluíram que a dose ótima de amônia aplicada estava em torno de 3 a 4% (base da MS). Mesmo que ocorra algum efeito benéfico, aumentar os níveis de NH_3 acima de 4% dificilmente seria justificável, uma vez que o nível ótimo econômico está em torno de 2,5 a 3,5%.

A duração do tratamento é, pois, um fator de grande importância no efeito da amonização sobre o material tratado. Para forragens de baixa qualidade, tratadas com 3 a 4% de NH_3 na MS, SUNDSTØL et al. (1978) e

BORHAMI e SUNDSTØL (1982) recomendaram os seguintes tempos de tratamento: menos de 5°C, mais de 8 semanas; de 5 a 15°C, de 4 a 8 semanas; de 15 a 30°C, de uma a quatro semanas; mais de 30°C, menos que uma semana de tratamento.

Em estudos com palhada de milho amonizada com diferentes níveis de amônia anidra (0, 2 e 4% base da MS), em combinação com três períodos de amonização, PAIVA et al. (1995c) constataram que os coeficientes da degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), da fibra em detergente neutro (DISFDN) e da fibra em detergente ácido (DISFDA) aumentaram em função dos níveis crescentes de amônia anidra e do prolongamento dos períodos de amonização. Os autores relataram que as melhores alternativas foram verificadas para as combinações de 2% de amônia e 35 dias de período de amonização ou 4% de amônia e sete dias de período de amonização.

Em um estudo bastante amplo, SCHNEIDER e FLACHOWSKY (1990), avaliando os efeitos de 144 diferentes condições de tratamento – níveis de amônia anidra (0; 1,5; 3,0; e 4,5% base da MS), teores de umidade (12, 30 e 45%), temperatura (20, 40, 60 e 80°C) e períodos de amonização (7, 14 e 28 dias) – sobre a composição bromatológica e DISMS da palhada de trigo, constataram que, similarmente para o conteúdo de N total, as variáveis nível de amônia, umidade, e temperatura foram, nessa ordem, os fatores que mais influenciaram na DISMS. Nas condições desta pesquisa, os maiores incrementos na DISMS foram observados quando se aplicaram 3 a 4,5% de amônia anidra na palha contendo 30% de umidade.

Embora a umidade seja importante na retenção de N, aumento demasiado no conteúdo de umidade do material pode levar a acréscimo na temperatura e, conseqüentemente, à formação dos polímeros de “Maillard”, que são substâncias resistentes à digestão (BORHAMI e SUNDSTØL, 1982).

A resposta dos volumosos de baixa qualidade submetidos à amonização, utilizando diferentes fontes de nitrogênio, tem se mostrado superior àquelas dos materiais de maior valor nutritivo (SUNDSTØL e COXWORTH, 1984).

Ao submeterem palhada de arroz, proveniente de diferentes cultivares, ao tratamento com 3 e 4% de uréia (base da MS), durante um período de 21 dias, RAHAL et al. (1997) relataram que a melhoria na degradabilidade *in situ*

da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro foi mais pronunciada para aqueles cultivares que apresentaram menor degradabilidade antes de serem submetidos aos tratamentos.

As alterações na fração fibrosa de volumosos submetidos aos tratamentos hidrolíticos são mais acentuadas em plantas da família Gramineae, que são monocotiledôneas. Já as plantas dicotiledôneas parecem ser menos responsivas a esta forma de tratamento. De acordo com FAHEY (1993), este fato deve estar relacionado à menor quantidade de ligações ésteres presentes no complexo hemicelulose-lignina das dicotiledôneas.

2.4. Efeito da amonização sobre o conteúdo de compostos nitrogenados e a retenção de nitrogênio

Os baixos índices de digestibilidade e consumo de MS observados em animais recebendo dieta à base de alimentos fibrosos, como restos de cultura e subprodutos da agroindústria, estão relacionados, entre outros fatores, aos baixos teores de nitrogênio, bem como a sua baixa disponibilidade aos microrganismos do rúmen. COELHO DA SILVA (1984) relata que, na maioria das vezes, os teores de PB dos resíduos fibrosos não chegam a atender a metade das exigências dos ruminantes, em regime de engorda, em ritmo de moderado a baixo desempenho.

Além de promover efeitos benéficos sobre os constituintes da parede celular de diversos alimentos volumosos, a amonização, utilizando amônia anidra, amônia líquida, hidróxido de amônia e uréia, tem a peculiaridade de elevar os teores de compostos nitrogenados dos materiais amonizados, fato não constatado para os demais tratamentos químicos. De acordo com VAN SOEST (1994), o fornecimento extra de compostos nitrogenados (N) provenientes da amonização pode aumentar a digestibilidade das palhadas de cereais e outros alimentos fibrosos, por suprir a deficiência de N no rúmen.

Os aumentos nos teores de nitrogênio de materiais amonizados são consistentes em inúmeros trabalhos de pesquisa realizados com diferentes tipos de alimentos (REIS et al., 1990; PAIVA et al., 1995a; e BALLETT et al., 1997).

FERREIRA et al. (1990), utilizando palhada de arroz tratada com 0, 2 e 4% de amônia anidra (base da MS), durante 30 dias de amonização, encontraram valores de 7,6; 11,2; e 12,5% de PB para os respectivos níveis de amônia. Já REIS et al. (1995), utilizando palhada de arroz e feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, obtidos após colheita das sementes, tratados com 3% de amônia anidra por 34 dias, verificaram que os teores de PB foram aumentados de 5,7 para 13,2% na palhada de arroz e de 2,3 para 9,3% no feno de *B. brizantha*. Os incrementos nos teores de PB registrados neste experimento foram de 231 e 404% para a palhada de arroz e o feno de *B. brizantha*, respectivamente.

Apesar de a literatura relatar aumentos expressivos no conteúdo de compostos nitrogenados de forragens amonizadas, a retenção do nitrogênio adicionado sofre grande variação, o que pode ser atribuído aos diversos fatores que influenciam o processo de amonização, comentados anteriormente.

Em estudos nos quais se avaliaram os efeitos dos níveis de amônia anidra (0, 2, e 4% base da MS) e períodos de amonização (7, 21 e 42 dias) sobre os teores de nitrogênio total (NT) e retenção de nitrogênio (RN), PAIVA et al. (1995a) verificaram que os aumentos nos teores de NT variaram de 140% para o nível de 2% de amônia anidra, independente do período de amonização, a 220% para o nível 4% de amônia anidra e 35 dias de amonização. Nessa pesquisa, foi constatado também que, independente dos períodos de amonização, os valores médios de RN, nos níveis de 2 e 4%, foram, respectivamente, de 43,8 e 30,8%. Já SOUZA (1999), ao tratar casca de café com diferentes níveis de amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2% base da MS) e dois teores de umidade (16 e 30%), por um período de 82 dias de amonização, verificaram que, independente do teor de umidade, a RN foi de 96, 94 e 89%, respectivamente.

Uma vez que os compostos nitrogenados são retidos por meio de uma reação da amônia com a água dos materiais e, ou, de uma reação de amonólise, comentados anteriormente, a RN seria, portanto, limitada primeiramente pelo teor de umidade do material, bem como pelo número de ligações ésteres suscetíveis à reação de amonólise. Ao tratar palhada de trigo com amônia anidra (1,5; 3,0; e 4,5%, base da MS), SCHNEIDER e FLACHOWSKY (1990) observaram RN de 89, 67 e 51%, respectivamente.

Estes autores constataram também melhoria na retenção de nitrogênio, quando o conteúdo de umidade da palhada foi elevado de 12 para 30%. DRYDEN e LENG (1986) relataram que parte do N adicionado via amonização é dissolvida no conteúdo de água livre das forragens e outra parte permanece ionicamente ligada aos ânions presentes no material. Assim, a quantidade de N que permanece retido, após o material tratado sofrer aeração, dependerá primariamente do número de sítios de ligação e do conteúdo de umidade, e não do nível de aplicação de amônia.

O aproveitamento do nitrogênio não-protéico na síntese de proteína microbiana irá depender também da forma em que este N se encontra retido nos volumosos amonizados. Uma vez que o nitrogênio solúvel em água pode ser facilmente assimilado pelos microrganismos ruminais, a disponibilidade do N ligado à parede celular é que determinará a disponibilidade de nitrogênio total para o animal (GORDON e CHESSON, 1983). O nitrogênio adicionado via amonização pode ser incorporado em três formas distintas, a saber: nitrogênio não-amoniaco solúvel em água, sais de amônia solúveis em água e nitrogênio não-amoniaco insolúvel em água (GORDON e CHESSON, 1983).

Ao submeterem diferentes volumosos à amonização, HASSEN e CHENOST (1992) verificaram que tanto a retenção de nitrogênio quanto a proporção na qual o N retido variaram entre os diferentes volumosos testados, de modo que do nitrogênio retido 37 e 72% foram solúveis em água, 39 e 9% permaneceram ligados à parede celular e, 24 e 20% do N foi solúvel em detergente neutro para as palhadas de trigo e milho amonizadas, respectivamente. DRYDEN e KEMPTON (1984) relataram que grande parte do N retido na parede celular pode estar ligado à fração FDA, principalmente com a lignina.

De acordo com LICITRA et al. (1996), o nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, é digestível, sendo, porém, de lenta degradação no rúmen. Já o nitrogênio retido na forma de NIDA é praticamente indigestível, estando geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação.

Alguns trabalhos têm evidenciado aumentos nos teores de NIDN e NIDA das forragens, quando submetidas ao processo de amonização,

aumentando a indisponibilidade de nitrogênio nesses materiais (BIRKELO et al. 1986; VAN SOEST e MASON, 1991).

Apesar de alguns trabalhos relatarem aumentos nos teores de NIDN e NIDA, vários trabalhos de pesquisa têm reportado aumento na disponibilidade de N das forragens amonizadas. SOUZA (1999), em estudos com casca de café tratada com amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2%, base da MS) e dois teores de umidade (16 e 30%), encontraram valores médios de 33, 19, 19 e 16% para as relações de NIDN/NT e de 26, 14, 12 e 11% para NIDA/NT, respectivamente, para as doses de amônia adicionadas. Estimando a quantidade de nitrogênio disponível ($ND = NT - NIDA$), esse autor verificou valores médios de ND de 1,3; 3,1; 3,7; e 4,2%, nas doses de 0,0; 2,2; 3,2; e 4,2% de amônia anidra, respectivamente, e a adição de nitrogênio não-protéico, via tratamento com amônia, promoveu diluição do conteúdo de NIDN e NIDA, aumentando a quantidade de N disponível para a síntese de proteína microbiana. Resultados semelhantes foram registrados por REIS et al. (1990) e SOUZA et al. (1998).

2.5. Efeito da amonização sobre os carboidratos da parede celular

A parede celular das plantas forrageiras, considerada uma das principais fontes de energia para os ruminantes, apresenta-se como uma estrutura dinâmica, consistindo principalmente de polissacarídeos, proteína e lignina. Esses polímeros estão associados a pequenas quantidades de outros componentes, como grupos acetil, ácidos fenólicos (p-cumárico e ferúlico), ácidos urônicos e outros tipos de compostos aromáticos, formando uma complexa estrutura tridimensional, na qual estão presentes vários tipos de ligações e interações que dificultam ainda mais a degradação dos carboidratos fibrosos pelos microrganismos ruminais (AMAN, 1993; JUNG e DEETZ, 1993).

A amonização pode modificar o conteúdo e a proporção dos constituintes da parede celular, geralmente diminuindo os teores de fibra em detergente neutro e de hemicelulose. A ação degradadora dos álcalis sobre as ligações ésteres entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular expõe mais a hemicelulose e a celulose aos microrganismos ruminais, o que contribui para o aumento da digestibilidade (VAN SOEST, 1994; REIS et al. 1997).

A lignina e os ácidos fenólicos esterificados são os principais fatores químicos que limitam a digestão ruminal dos constituintes da parede celular (JUNG, 1989). GOTO et al. (1993) observaram que a amônia fragiliza as estruturas internas e externas da parede celular, afetando os conteúdos de ácidos fenólicos e grupos acetil dos polissacarídeos da parede celular e facilitando o acesso de microrganismos do rúmen à parede celular.

A suposição de que as forragens amonizadas propiciariam melhores condições para a colonização de microrganismos ruminais foi confirmada por SILVA e ØRSKOV (1988). Nessa pesquisa, a palhada de cevada amonizada apresentou maior degradabilidade *in situ* e maior número de bactérias celulolíticas aderentes à parede celular que a não-tratada.

Em estudos com palhada de milho tratada com três níveis de amônia anidra (0, 2 e 4%, base da MS) e quatro períodos de amonização (7, 21 e 35 dias), PAIVA et al. (1995b) constataram que os valores de FDN e hemicelulose foram reduzidos com os aumentos dos níveis de amônia anidra e dos períodos de amonização. As solubilizações médias foram da ordem de 1,4 e 4,1% para FDN e de 4,0 e 9,5% para a hemicelulose na palhada tratada com 2 e 4% de amônia anidra, respectivamente. Também FERREIRA et al. (1990), trabalhando com palhada de arroz amonizada com 0, 2 e 4% de amônia anidra (base da MS) e quatro períodos pós-tratamento (0, 20, 40 e 60 dias), relataram que a amonização promoveu solubilização parcial dos constituintes da parede celular. Os teores de FDN e hemicelulose foram de 76,7; 74,7; e 72,8 e de 22,1; 20,2; e 17,8 para os respectivos níveis de amônia utilizados. Os autores informaram ainda que, apesar de os períodos pós-tratamento terem resultado em algumas modificações nas frações de FDN, hemicelulose, lignina e DIVMS, estas mudanças foram muito pequenas, podendo-se inferir que as palhadas tratadas mantiveram relativamente constante os benefícios alcançados durante o período de tratamento.

Apesar de alguns trabalhos terem encontrado alterações nos teores de FDA (BIRKELO et al., 1986; GROSSI, et al., 1993; e HAI e SINGH, 1994), celulose (REIS et al., 1993; PIRES et al., 1998) e lignina (GIVENS et al., 1988; BROWN E ADJEI, 1995), a maioria das pesquisas tem relatado que a amonização utilizando amônia anidra, amônia líquida ou uréia não resulta em

alterações nos teores de FDA, celulose e lignina (BEN SALEM et al., 1994; LINES e WEISS, 1996; MOREIRA et al., 1996; e PIRES et al., 1996).

Os aumentos nos teores de FDA, celulose e lignina em forragens amonizadas podem ocorrer devido ao efeito de concentração causado pela diminuição de um ou mais constituintes da matriz fibrosa da parede celular (SOLAIMAN et al., 1979; GIVENS et al., 1988). Aumentos nos teores de FDA e lignina, em volumosos amonizados, ocorrem também devido à formação de polímeros insolúveis, a partir da reação de Maillard, que se acumulam nas fibras ácidas e, ou, à retenção do nitrogênio adicionado a essas frações (VAN SOEST e MASON, 1991; GOTO et al., 1993). Já a redução nos teores de FDA de materiais amonizados pode estar associada com a solubilização da lignina e celulose, em decorrência do decréscimo da cristalinidade da celulose, além da expansão e saponificação das ligações ésteres do complexo hemicelulose-lignina (LEAL et al., 1994).

2.6. Efeito da amonização sobre a digestibilidade *in vitro* e a degradabilidade *in situ* da matéria seca e dos constituintes da parede celular

O conhecimento da digestibilidade de volumosos submetidos a amonização é de suma importância, quando se pretende avaliar a eficiência da amonização. Uma vez que digestibilidade e consumo de forragens estão diretamente correlacionados, o conhecimento da extensão e da taxa de degradação de forragens amonizadas permitirá obter estimativas do consumo desses alimentos e, conseqüentemente, do desempenho dos animais.

No geral, alimentos volumosos como palhadas de cereais, resíduos da agroindústria e outros restos de cultura apresentam altos teores de ácidos fenólicos e lignina, os quais, por sua vez, interagem de diversas maneiras com os constituintes da parede celular, dificultando a degradação da hemicelulose e celulose.

De acordo com JUNG (1989), o mecanismo pelo qual a lignina exerce efeito negativo na degradação da parede celular ainda não tem sido completamente entendido, todavia, parte do seu efeito é atribuído a uma proteção física dos polissacarídeos da parede celular à hidrólise enzimática. Já

os ácidos fenólicos da parede celular, principalmente p-cumárico e ferúlico, além de promoverem a ligação entre hemicelulose e lignina, também fazem ligações cruzadas entre polissacarídeos, aumentando a rigidez estrutural e reduzindo a taxa de degradação desses polissacarídeos (JUNG e DETEEZ, 1993). Assim, CHEN et al. (1996) afirmaram que a quebra das ligações entre os ácidos hidroxicinâmicos e esses polímeros poderia relaxar a matriz da parede celular, aumentando a digestibilidade dos carboidratos fibrosos.

Diversos estudos têm mostrado que a amonização de volumosos de baixa qualidade pode melhorar de maneira significativa a digestibilidade da MS e dos constituintes da parede celular dessas forragens (BROWN e ADJEI, 1995; REIS et al., 1995; RAHAL et al., 1997; e ROSA et al., 1998). Assim, BEN SALEM et al. (1994), utilizando palhada de sorgo, verificaram que, após 48 horas de incubação, em rúmen de carneiros, a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) variou de 51,4 para 58,3 e 67,7% para palhada não-tratada, amonizada com uréia (5,3%, base da MS) ou amônia anidra (3,0%, base da MS), respectivamente. Nesse estudo foi constatado também que o coeficiente de digestibilidade da palhada aumentou de 45,4 para 60,7 e 65,1% na fração fibra em detergente neutro (FDN) e de 50,2 para 63,2 e 66,7% na fração fibra em detergente ácido (FDA), quando foram fornecidas palhadas não-tratada e amonizada com uréia ou amônia anidra, respectivamente.

O aumento na degradabilidade da parede celular de forragens amonizadas parece estar associado a pequenas mudanças na sua composição. Segundo GOTO e YOKOE (1996), há dois efeitos distintos que, juntos, agem para aumentar a degradabilidade de palhadas tratadas com amônia. Com relação ao primeiro, menciona-se a amônia agindo como um álcali e promovendo pequenas quebras nos interpolímeros que ligam estruturas contendo ligações do tipo éster. Isso resultaria em rompimento da estrutura da parede celular e aumento na sua hidratação. O segundo refere-se à habilidade da amônia em formar complexo com a celulose, reduzindo a sua cristalinidade, através de rompimentos das pontes de hidrogênio; aumentando a sua fragilidade; e proporcionando melhor digestão enzimática. Esses fatores, em conjunto, provocam fragmentação mais rápida do material ingerido e melhoram a eficiência dos microrganismos no ataque às partículas.

PAIVA et al. (1995c), em estudos com palhada de milho tratada com amônia anidra (0, 2 e 4%, base da MS), também constataram melhoria na degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e dos constituintes da parede celular, registrando após 48 horas de incubação ruminal valores de 39 e 36, 48 e 47 e 53 e 51% para a DISMS e da FDN (DISFDN), respectivamente, para as doses de 2 e 4% de amônia, durante 35 dias de amonização.

Também GROSSI et al. (1993), ao tratarem palhada de aveia e de triticales com 3% de amônia anidra e 5,4% de uréia (base da MS), verificaram aumentos de 19,6 e 10,3 unidades percentuais na DIVMS para a palhada de aveia e de 25,6 e 27,9 para a de triticales, respectivamente, para os volumosos tratados com amônia e uréia. Nem sempre a amonização tem promovido aumento na digestibilidade de forragens, o que pode estar relacionado, entre outros, à qualidade e ao tipo do volumoso utilizado.

Em estudos com colmos de milho tratados com 3% de amônia anidra (base da MS), GOTO et al. (1993) verificaram que a amonização fragilizou as estruturas internas e externas da parede celular, afetando também o conteúdo de ácidos fenólicos, ácidos urônicos e grupos acetil dos polissacarídeos da parede celular. Esses autores sugerem que tais mudanças favoreceram a acessibilidade dos microrganismos ruminais à parede celular.

Em experimento realizado com carneiros, OKAMOTO e MIYAZAKI (1990) obtiveram diferentes respostas em relação à dinâmica de digestão, quando esses animais foram alimentados com palhada de arroz amonizada e não-amonizada. Esses autores encontraram menor *pool* de MS e FDN ($\text{g/kg}^{0,75}$) presentes no rúmen às 0, 2, 6 e 12 horas pós-alimentação na palhada tratada. Observaram também maior redução no tamanho de partículas nesse material às 6 horas após alimentação, enquanto na palhada não-tratada esse valor permaneceu tão alto quanto aquele observado 2 horas após a alimentação. Com base nestes resultados, os autores sugeriram que a amonização acelerou a quebra de partículas durante a mastigação e digestão ruminal, promovendo, assim, maior taxa de desaparecimento das partículas do rúmen, o que, por sua vez, resultou em maior consumo.

2.7. Consumo e desempenho de animais alimentados com volumosos amonizados

Entre os diversos fatores que podem alterar o valor nutritivo da forragem, o consumo é a variável, que talvez, melhor explique as diferentes respostas obtidas em relação ao desempenho animal. De acordo com BURNS et al. (1994), a quantidade diária de matéria seca consumida pelo animal é de fundamental importância para fazer inferências nutricionais sobre o alimento e sobre a resposta animal.

MERTENS (1994) relatou que o desempenho animal depende primariamente do consumo de nutrientes digestíveis e metabolizáveis. Entretanto, diversos fatores podem alterar o consumo, entre os quais se destacam aqueles relacionados à dieta – teor de FDN, efetividade da fibra e densidade energética – e ao animal, como espécie, estágio fisiológico, controle neural, entre outros. Esses fatores, aliados a fatores externos, tornam o consumo uma variável difícil de ser estimada com exatidão.

Em sistemas de produção de ruminantes que utilizam forragens como a principal fonte de alimentos, a parede celular das plantas ou uma medida analítica, a fibra, tem sido considerada um dos principais fatores controlando o consumo destes animais. JUNG e ALLEN (1995) relataram que redução na concentração de constituintes da parede celular pode melhorar o consumo e a densidade energética das forragens, sendo que a maior digestibilidade da parede celular poderia melhorar a disponibilidade de energia desses materiais.

Várias pesquisas têm mostrado que, além de aumentar os teores de PB, a amonização também promove alterações benéficas sobre os constituintes da parede celular. Esses fatores, em conjunto, agem de forma positiva melhorando a digestibilidade, que, por sua vez, contribui para aumentar o consumo e o desempenho dos animais alimentados com materiais amonizados.

Em estudos com vacas de corte em gestação, alimentadas com palhada de trigo tratada com amônia anidra (0 e 3%) na dieta, QUEIROZ et al. (1992) observaram que a ingestão de matéria seca foi 13% superior para as vacas que receberam palhada amonizada. Este maior consumo foi atribuído ao aumento da fragilidade da palhada, como consequência de desestruturação da

parede celular causada pela amonização. Além disso, a redução do teor de FDN, observada na palhada amonizada, pode ter contribuído para melhor acomodação do material dentro do retículo-rúmen, permitindo, assim, aumento na ingestão do volumoso.

Em um trabalho realizado com novilhos Nelore, TEIXEIRA (1990) verificou ganhos médios diários de 373 g para os animais que consumiram palhada de milho, sabugo e capim-elefante em estágio de maturação avançado tratado com amônia. Porém, os animais recebendo os mesmos volumosos sem amonização apresentaram perda de peso de, em média, 215 g/dia.

Em outro experimento com novilhas $\frac{1}{2}$ sangue Holandês/Zebu, GARCIA (1988) obteve ganhos de peso médio de 1,112 kg para animais alimentados com palhada de arroz tratada com amônia anidra (3% base da MS), 0,726 kg para animais alimentados com palhada de arroz + 90 g de uréia e 0,760 kg para aqueles consumindo apenas palhada não-tratada, sem uréia. Além destes volumosos, todos os animais receberam suplementação de 2,5 kg de MDPS e 2,5 kg de farelo de arroz.

Segundo NEIVA et al. (1998), a utilização de rolão de milho (RM) amonizado com 2,4% de amônia anidra (base da MS), na alimentação de bovinos em confinamento, apresentou resultados bastante animadores. O consumo de MS em gramas por unidade de tamanho metabólico (101,1 g/UTM) foi 11,8% maior para os animais que receberam RM amonizados. Os animais que receberam RM amonizado apresentaram ganho de peso de 0,950 kg/dia, comparado a 0,727 kg/dia obtido pelo RM não-amonizado. Nesse estudo, a relação volumoso (RM) concentrado foi de 70:30%, em base da MS. Os autores destacaram ainda que a ração concentrada utilizada para suplementar a dieta contendo RM não-amonizado foi constituída de 79,6% de fubá de milho (FM) e 16,4% de farelo de soja (FS) e para a dieta contendo RM amonizado, de 95,7% de FM e apenas 3,3% de FS, sendo, dessa forma, a que apresentou maiores chances de minimizar custos.

Apesar de haver variação dos resultados descritos na literatura, SUNDSTØL e COWORTH (1984) relataram que, quando o processo de amonização é bem sucedido, a DIVMO de materiais, como as palhadas, podem ter seu valor acrescido, em média, de 12 unidades porcentuais. Já o consumo

de matéria seca pode ser aumentado em até 22%, quando comparado a volumosos não-amonizados.

REIS et al. (1995) estudaram os efeitos da amonização (3% de amônia anidra) na composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da palhada de arroz e do feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, colhido após a queda das sementes e da suplementação energética destes volumosos, amonizados ou não, sobre o ganho de peso de bovinos. Nesse experimento, foram testados as seguintes rações: R₁ - palhada de arroz + 1,6 kg de concentrado; R₂ - palhada de arroz amonizada + 1,5 kg de concentrado; R₃ - feno + 1,6 kg de concentrado; R₄ - feno amonizado + 1,2 kg de concentrado.

Os autores afirmaram que a amonização foi um processo eficiente para melhorar a composição química dos volumosos estudados, promovendo redução nos teores de FDN e hemicelulose e aumento na DIVMS. Embora a amonização tenha resultado em aumento no consumo de matéria seca, os ganhos de peso de 500, 600, 340 e 710 g/dia, respectivamente, para as rações R1, R2, R3 e R4 e a conversão alimentar dos novilhos não foram afetados (P>0,05) pela amonização e pela suplementação protéica/energética. Todavia, deve ser ressaltado que os animais alimentados com a dieta à base de feno amonizado apresentaram ganho adicional de 370 g/dia em relação aos que consumiram feno não-tratado. Além disso, a palhada de arroz amonizada permitiu a substituição de 0,96 kg de suplemento protéico (farelo de algodão) por animal/dia. Do mesmo modo, nas dietas à base de feno, foi possível a substituição de 0,6 kg de farelo de algodão por animal/dia, sem comprometer o ganho em peso dos animais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido nas dependências da Companhia Mineira de Metais (CMM), empresa do Grupo Votorantin, na região de Paracatu, Noroeste do Estado de Minas Gerais, no período de abril a novembro de 1998. O trabalho de pesquisa foi constituído de um período pré-experimental de 15 dias e um experimental de 63 dias, dividido em três períodos de 21 dias.

3.2. Obtenção dos volumosos

O feno de palhada de arroz foi produzido após a colheita do grão por colheitadeira automotriz, no mês de março de 1998, na Fazenda Riacho pertencente à CMM, fazendo-se o corte das plantas a 10 cm acima do nível do solo. Após desidratação, o feno foi enfardado e condicionado em galpão, até que fosse tratado com amônia anidra. Os fardos possuíam tamanho médio de 30 x 40 x 70 cm e pesavam aproximadamente 8,6 kg.

A silagem de sorgo (híbrido BR-601) utilizada neste experimento foi produzida na própria fazenda. O sorgo foi colhido por ensiladeiras móveis, de acoplamento lateral ao trator e transportado em carretas graneleiras até o local de ensilagem, onde foi armazenado em silos tipo superfície, construídos próximos ao local do confinamento. O material foi compactado por tratores e coberto por lona plástica, para dar condições adequadas ao processo de

fermentação. Foram construídos quatro silos de 50 t cada um, dos quais foi tirado o volumoso para este experimento.

A cana-de-açúcar foi colhida duas vezes ao dia, da qual foi tirado volumoso suficiente para uso no experimento.

3.3. Amonização da palha de arroz

Na aplicação da amônia anidra, foram utilizados botijões com capacidade de 80 kg de peso líquido. Separadamente, os botijões foram pesados em balança com capacidade de 200 kg, antes e após a aplicação. A quantidade aplicada foi controlada pela diferença de peso inicial e final dos botijões. Os cilindros foram colocados na posição invertida e apoiados num suporte, sobre a balança, para facilitar a saída de amônia. A conexão entre o cilindro e os pontos de aplicação nas medas foi feita com mangueiras plásticas de alta resistência.

Foram construídas duas medas no campo contendo 310 fardos de palhada de arroz cada uma, totalizando aproximadamente 5.200 kg de feno. As medas, com dimensões de 1,8 m de altura, 2,4 m de largura e 6,0 m de comprimento, foram cobertas por lona plástica preta e vedadas com terra nas extremidades, de modo a garantir eficiência no processo de amonização. O tratamento dos fardos com amônia foi feito em local aberto, permitindo que as medas fossem aquecidas diariamente, de forma natural, pela radiação solar.

O atraso para início do confinamento permitiu maior tempo de tratamento da palhada de arroz, oito semanas, que foi superior ao recomendado por SUNDSTØL (1978), de quatro semanas, de acordo com as condições locais de temperatura.

Foram coletadas amostras previamente à amonização, para determinações dos teores de MS, PB, FDN, FDA e DIVMS. No feno de palhada de arroz contendo cerca de 80,7% de MS, foram adicionados, com auxílio de regador, oito litros de água para cada 100 kg de forragem, visando elevar o teor de umidade para próximo de 25%, com objetivo de melhorar a eficiência do processo de amonização.

Foram colocados tubos de PVC com $\frac{3}{4}$ de polegada de diâmetro, conectados em ramificações na forma de "T" dentro das medas, os quais foram

perfurados ao meio com diâmetros de perfuração de 0,5 cm, a cada 15 cm, em toda a sua extensão. Estes tubos foram dispostos entre os fardos para possibilitar difusão rápida e uniforme da amônia anidra ao longo da meda. Após a colocação da primeira camada de fardos, os tubos foram dispostos e concluiu-se a construção da meda, procedendo-se, então, à aplicação da amônia anidra (NH₃) no nível previsto de 3% base da MS.

3.4. Ensaio com animais

Foram utilizados 16 novilhos, Simental PO, criados nas fazendas da CMM, com peso vivo médio 400 kg, dispostos em baias individuais de 16 m². Todos os animais receberam uma dose subcutânea de vermífugo à base de Ivermectina, de acordo com o peso individual, no início do período pré-experimental.

Os tratamentos experimentais constituíram-se de:

T₁: Palhada de arroz + 100 g de uréia

T₂: Palhada de arroz (3% NH₃)

T₃: Silagem de sorgo

T₄: Cana-de-açúcar + 100 g de uréia

O concentrado utilizado no experimento foi composto por 73,5% de milho moído, 23,5% de farelo de soja e 3,0 kg de mistura mineral e apresentou a seguinte composição químico-bromatológica na base da MS: DIVMS, 90,6%; PB, 16,2%; FDN, 15,7%; e FDA, 10,9%. O concentrado foi adicionado sobre os volumosos nos cochos, dividido em duas vezes ao dia, conforme fornecimento dos volumosos.

A mistura mineral utilizada continha por kg do produto: fósforo (88 g); cálcio (120 g); sódio (126,00 g); enxofre (12,00 g); manganês (1300,00 mg); cobre (1530,00 mg), iodo (75,00 mg), ferro (1800,00 mg), selênio (15,00 mg), zinco (3630,00 mg), cobalto (55,50 mg) e nível máximo de flúor de 880,00 mg.

Para os tratamentos 1 e 4, a uréia foi dissolvida em água e adicionada aos volumosos com uso de regador, na quantidade de 100 g de uréia, por animal, fornecidos em duas vezes ao dia. Estes animais e os do tratamento 2

receberam também 50 g de gesso, como fonte de enxofre, para equilibrar o balanço com o nitrogênio não-protéico proveniente da uréia e amônia aplicadas.

A alimentação volumosa foi fornecida *ad libitum* em dois tratos diários – às 7h30 e 16h30, permitindo 10% de sobras. O concentrado (4 kg com 16% de PB) em todos os tratamentos foi fornecido aos animais em duas vezes, de acordo com a distribuição de volumosos.

A dieta foi balanceada tomando-se como base a cana-de-açúcar, para que os animais obtivessem ganho de peso da ordem de 1,0 kg/dia, segundo o NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (1988), que apresenta as exigências diárias para os animais de 450 de peso vivo, sendo 9,8 kg de MS, 6,1 kg de NDT e 1,176 kg de PB.

3.4.1. Determinação das variações de peso dos animais

As pesagens dos animais foram realizadas ao início e ao final de cada período experimental. As pesagens foram realizadas sempre pela manhã, às 7h30. Na tarde que antecedia a pesagem dos animais, todo alimento existente nos cochos foi removido para assegurar jejum mínimo de 12 horas.

3.4.2. Determinação do consumo de volumoso

A palhada amonizada foi retirada da meda pelo menos 24 horas antes de ser fornecida aos animais, para que pudesse perder o cheiro característico da amônia por aeração e permitir maior consumo pelos animais. Não se verificou, por meio de observações visuais, formação de bolores ou qualquer sinal de perda da palha, amonizada ou não, que pudessem desenvolver comportamento de rejeição pelos animais.

A silagem de sorgo foi retirada do silo duas vezes ao dia, momentos antes do fornecimento aos animais, para evitar fermentação aeróbica que pudesse promover a rejeição deste volumoso pelos animais. Da mesma forma, a cana-de-açúcar foi fornecida duas vezes ao dia, para que os animais não reduzissem o consumo devido à fermentação deste volumoso.

Todo o alimento fornecido foi pesado diariamente e o consumo em cada baia, anotado individualmente. Toda sobra foi pesada diariamente, com exceção dos tratamentos de palha de arroz, em que a sobra foi pesada semanalmente.

3.5. Coleta, preparo das amostras e análises bromatológicas

Foram coletadas diariamente amostras simples das sobras, dos volumosos e do concentrado fornecidos aos animais. Ao fim de cada período, agruparam-se estas amostras, obtendo-se de uma amostra composta para cada unidade experimental.

As amostras coletadas foram imediatamente colocadas em sacos plásticos, os quais foram vedados e guardados em uma câmara fria, até serem transportadas para o DZO-UFV, onde foram processadas.

Todas as amostras foram posteriormente analisadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. Com a finalidade de não perder o nitrogênio proveniente da amonização, realizou-se a pré-secagem de todas as amostras por liofilização. Logo após, procedeu-se à moagem das amostras em moinho tipo “Willey”, utilizando peneira de 20 “mesh”. Após a moagem, as amostras foram armazenadas em vidros, identificados, até o momento de serem submetidas às análise bromatológicas.

As análises de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, cinza e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram conduzidas segundo recomendações de SILVA (1990). Para a determinação da DIVMS, utilizou-se o método de uma etapa (48 horas). Já os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por LICITRA et al. (1996), sendo expressos como porcentagem do nitrogênio total.

Os dados percentuais para retenção de nitrogênio (RN) na palhada de arroz amonizada, em relação à não-amonizada, foram obtidos segundo os procedimentos descritos por PAIVA (1992), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$RN(\%) = [(\% NA - \% NB) / (\% NH_3 \times 0,8224)] \times 100$$

em que RN (%) é retenção de nitrogênio expressa em porcentagem do nitrogênio adicionado; %NA, porcentagem de N total no material amonizado; %NB, porcentagem de N total no material não-amonizado; %NH₃, porcentagem de amônia anidra utilizada no tratamento; e 0,8224, valor porcentual de N na amônia anidra.

3.6. Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando quatro tratamentos e quatro repetições. Na comparação as médias, utilizou-se o teste Tukey, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição bromatológica dos alimentos utilizados

Os resultados das análises químico-bromatológicas dos volumosos e do concentrado estão apresentados no Quadro 1.

O teor de PB da palhada de arroz não-amonizada (7,2%) está próximo dos valores encontrados na literatura para este volumoso (FERREIRA, 1990). O tratamento deste material com 3% de amônia anidra (base MS) elevou o seu teor de PB para 15,5%, o que representou incremento de 115%. Pode-se inferir que a amonização elevou o teor de PB da palha de arroz de um nível que foi suficiente apenas para suprir a demanda dos microrganismos do rúmen, para um nível capaz de proporcionar ganhos bastante satisfatórios, desde que não existam outros fatores limitantes ao desempenho dos animais.

Os aumentos nos teores de PB encontrados nesta pesquisa foram superiores aos obtidos por FERREIRA et al. (1990), que, ao tratarem palhada de arroz com níveis crescentes de amônia anidra (2 e 4%, base MS), verificaram incrementos no teor de PB de 47,7 e 64,4%, respectivamente, em relação à palha não-tratada. De acordo com GARCIA e PIRES (1998), os diferentes resultados encontrados na literatura, com relação ao aumento do teor de PB de materiais amonizados, podem ser decorrentes de fatores como níveis de amônia, período de amonização, temperatura ambiente, teor de umidade e qualidade do material tratado.

Quadro 1 - Composição químico-bromatológica da palhada de arroz (PA) e PA amonizada, silagem de sorgo, cana-de-açúcar e do concentrado utilizados no experimento

Parâmetros	Volumosos				
	Palha de arroz (PA)	PA amonizada	Silagem de sorgo	Cana-de-açúcar	Concentrado
MS (%)	80,7	78,1	25,1	29,9	84,8
PB ¹	7,2	15,5	6,9	2,6	16,2
NIDN/NT ²	32,80	49,51	37,19	55,47	-
NIDA/NT ²	11,67	12,23	15,75	26,89	-
DIVMS ¹	43,0	59,3	51,5	41,5	90,58
FDN ¹	77,3	74,0	73,6	67,2	15,7
FDA ¹	45,2	47,5	37,0	41,8	10,94
Hemicelulose ¹	32,0	26,5	36,6	25,4	-
Celulose ¹	36,0	36,9	29,5	30,9	-
Lignina ¹	6,7	7,4	6,7	8,7	1,55

¹ Valores em porcentagem da matéria seca.

² Valores em porcentagem da proteína bruta.

Com relação à retenção de nitrogênio (RN), verificou-se que 51% do N aplicado com a amonização ficou retido na palhada de arroz. Estes resultados foram superiores aos obtidos por FERREIRA et al. (1990), que encontraram RN de 35,4 e 23,9%, respectivamente, quando aplicaram 2 e 4% de amônia anidra em palhada de arroz.

Deve-se salientar que 64,1% do nitrogênio total da palhada não-amonizada encontravam-se na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN/NT) e 27,1%, na forma insolúvel em detergente ácido (NIDA/NT). De modo geral, os volumosos e subprodutos agrícolas são caracterizados por apresentar alto teor de nitrogênio ligado a componentes da parede celular (VAN SOEST, 1994).

A amonização promoveu efeitos benéficos sobre o conteúdo de compostos nitrogenados da palhada de arroz, reduzindo os teores de NIDN/NT e de NIDA/NT para 44,3 e 24,5%, respectivamente. Pode-se observar que o efeito foi mais marcante com relação ao NIDN/NT, para o qual houve diminuição de 20 unidades percentuais em relação à palhada não-amonizada.

Considerando que o nitrogênio disponível seja a diferença entre o nitrogênio total e o insolúvel em detergente ácido ($ND = NT - NIDA$), estima-se teor de PB disponível da palhada de arroz não-amonizada em 5,25% e da palhada amonizada em 11,7%, sendo, portanto, 123% superior ao encontrado na palhada não-amonizada.

Quanto aos constituintes da parede celular, observou-se que a palhada de arroz amonizada apresentou menores teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de hemicelulose que a palha não-amonizada (Quadro 1). Estes resultados estão de acordo com a literatura, pois diversos trabalhos (FERREIRA et al., 1990; PAIVA et al., 1995b; REIS et al., 1998, entre outros) têm mostrado que a amonização provoca reduções substanciais dos teores de FDN, devido à solubilização parcial de hemicelulose.

Os efeitos da amonização sobre os teores de fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina têm sido variáveis. Resultados de pesquisa têm mostrado aumentos, reduções ou inalterações nos teores de FDA, celulose e lignina. No presente trabalho, a amonização da palha de arroz resultou em pequeno aumento dos teores de celulose e lignina e, conseqüentemente, de FDA (Quadro 1). De acordo com GARCIA e PIRES (1998), os aumentos nos conteúdos de FDA, celulose e lignina, em forragens amonizadas, decorrem, provavelmente, do efeito de concentração causado pela diminuição de um ou mais constituintes da parede celular, mas também podem ser devidos à reação de Maillard e, ou, à retenção do N nessas frações. De fato, parte do aumento verificado nos teores destes constituintes pode ser explicado pela alteração dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido na palhada de arroz amonizada, de 0,31 para 0,61% da matéria seca.

4.2. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)

A amonização da palhada de arroz elevou sua DIVMS de 43,0 para 59,3%, proporcionando, portanto, incremento de 16,3 unidades porcentuais (Quadro 2). FERREIRA et al. (1990), avaliando os efeitos dos níveis de amônia anidra (0, 2 e 4%) sobre o valor nutritivo da palhada de arroz, encontraram valores de DIVMS, respectivamente, de 34,51; 44,99; e 48,03%.

Aumentos na DIVMS de volumosos tratados com amônia anidra são relacionados, geralmente, ao incremento no teor de nitrogênio total e à diminuição de hemicelulose, os quais promovem melhor atividade dos microrganismos do rúmen. Segundo GARCIA e PIRES (1998), alguns trabalhos mostraram também que a amonização causa expansão da celulose, facilitando, assim, o ataque da parede celular pelos microrganismos do rúmen. Boa parte dos aumentos registrados para os valores de DIVMS pode ser explicada pela quebra das ligações ésteres existentes entre carboidratos estruturais e entre carboidratos estruturais e lignina (GOTO et al. 1993; FLACHOWSKY et al. 1996).

4.3. Consumo de matéria seca, matéria seca digestível, proteína bruta e fibra em detergente neutro

No Quadro 2 são apresentados os valores obtidos para o consumo médio diário de matéria seca (CMS), matéria seca digestível (CMSD), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), nos diferentes tratamentos.

Como o concentrado foi fornecido na quantidade de 4,0 kg/dia, com base na matéria natural, para os diferentes tratamentos, o consumo do concentrado não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos, proporcionando, em média, 0,73% PV de MS, 0,71% PV de MSD, 0,12% PV de PB e 0,11% PV de FDN. Dessa forma, as diferenças no consumo total desses nutrientes ocorreram em função de seus consumos para os diferentes volumosos utilizados.

Quadro 2 - Consumos médios diários de matéria seca, matéria seca digestível, proteína bruta e fibra em detergente neutro, por novilhos Simental confinados, nos diferentes tratamentos

	Tratamentos			
	Palhada de arroz amonizada	Palhada de arroz + uréia	Silagem de sorgo	Cana + uréia
Consumo de matéria seca				
Total (kg/dia)	10,00 a	8,21 b	9,35 a	7,10 c
Total (% PV)	2,04 a	1,78 ab	2,02 a	1,61 b
Concentrado (% PV)	0,69 a	0,74 a	0,74 a	0,77 a
Volumoso (% PV)	1,35 a	1,04 b	1,28 a	0,84 c
Consumo de matéria seca digestível				
Total (kg/dia)	7,26 a	5,38 c	6,39 b	4,83 d
Total (% PV)	1,47 a	1,17 b	1,38 a	1,10 b
Concentrado (% PV)	0,67 a	0,72 a	0,72 a	0,75 a
Volumoso (% PV)	0,80 a	0,45 c	0,66 b	0,35 d
Consumo de proteína bruta				
Total (kg/dia)	1,58 a	1,16 b	0,96 c	0,88 d
Total (% PV)	0,32 a	0,25 b	0,21 c	0,20 c
Concentrado (% PV)	0,112 a	0,119 a	0,120 a	0,125 a
Volumoso (% PV)	0,208 a	0,133 b	0,090 c	0,076 c
Consumo de fibra em detergente neutro				
Total (kg/dia)	5,47 a	4,25 c	4,89 b	3,03 d
Total (% PV)	1,11 a	0,92 b	1,06 a	0,69 c
Concentrado (% PV)	0,108 a	0,115 a	0,116 a	0,121 a
Volumoso (% PV)	1,00 a	0,81 b	0,94 a	0,57 c

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O consumo total de MS, que variou de 7,1 a 10,0 kg/dia, diferiu ($P < 0,05$) entre os tratamentos, registrando-se maiores consumos para os animais que receberam rações com palhada de arroz amonizada e silagem de sorgo, que por sua vez não diferiram entre si ($P > 0,05$). As diferenças no consumo de MS dos volumosos resultaram em diferentes proporções volumoso/concentrado na dieta dos animais. A participação do volumoso na MS total consumida variou de 52,2%, para a cana + uréia, a 66,2%, para a palhada de arroz amonizada. O CMS total da ração contendo palhada de arroz tratada com amônia superou em 18% àquele obtido para a ração à base de palhada mais uréia. Isto pode ser atribuído ao efeito da amonização, melhorando o valor nutritivo deste volumoso, reduzindo os teores de FDN e FDA, bem como aumentando a DIVMS.

OKAMOTO e MIYAZAKI (1990), utilizando palhada de arroz, amonizada ou não, como única fonte de volumoso na alimentação de carneiros, concluíram que a amonização acelerou a redução no tamanho das partículas durante a mastigação e digestão ruminal. Essas mudanças contribuíram para aumentar a taxa de passagem do alimento, elevando, por conseqüência, o consumo de matéria seca.

Quanto ao consumo total de matéria seca digestível, em kg/dia, observou-se maior ingestão naqueles animais que receberam palhada de arroz amonizada (Quadro 2). Isto pode ser decorrente da maior ingestão de proteína, associado à elevada DIVMS desse volumoso, em relação aos demais.

O consumo total de proteína bruta, que variou de 0,88 kg/dia (cana-de-açúcar + uréia) a 1,58 kg/dia (palhada amonizada), diferiu entre os tratamentos, registrando-se maiores ingestões naqueles animais alimentados com palhada tratada com amônia (Quadro 2). Isto se deve ao maior teor protéico deste volumoso, visto que a contribuição da proteína bruta oriunda do concentrado foi a mesma para os quatro tratamentos.

Ao contrário do ocorrido para os consumos de MS e MSD, em que a silagem de sorgo foi superior à PA + uréia, esta última proporcionou maior consumo de PB que a silagem de sorgo, o que pode ser atribuído à suplementação da PA com a uréia, já que os dois volumosos possuíam teores de PB semelhantes. A participação dos volumosos no consumo total de PB variou de 38,0%, quando o volumoso fornecido foi a cana-de-açúcar + uréia, a 65,0%, quando o volumoso foi a PA amonizada. Mesmo com a suplementação da PA não-tratada com uréia (100

g/dia), o consumo de PB proporcionado pela PA amonizada foi ainda 56% superior ao deste volumoso.

O consumo total de fibra em detergente neutro (FDN) em relação ao PV, que variou de 0,69 (cana + uréia) a 1,11% PV (palhada amonizada), diferiu ($P < 0,05$) entre os tratamentos (Quadro 2), registrando-se menor consumo para aqueles animais que receberam cana-de-açúcar mais uréia, como fonte de volumoso. Essas diferenças no consumo de FDN não parecem ser devidas às diferenças no teor de FDN entre os volumosos, mas sim às diferenças quanto à qualidade da FDN desses volumosos. A cana-de-açúcar, embora apresente baixo teor de FDN em relação aos demais volumosos, devido à baixa taxa e extensão de degradação de sua fração fibrosa, provavelmente explique o menor consumo de FDN da ração suplementada com cana-de-açúcar mais uréia. O baixo consumo voluntário da cana-de-açúcar está associado à baixa degradação de sua fibra no rúmen, o que provoca acúmulo de fibra digerível neste compartimento, limitando, assim, o consumo pelo enchimento (Orskov e Hovell, 1978, citados por PEREIRA, 1995). De fato, vários trabalhos mostram baixa degradação da fração fibrosa da cana-de-açúcar; assim, AROEIRA et al. (1993) verificaram que a degradação do conteúdo de FDN deste volumoso foi de apenas 43,7% após 72 horas de incubação ruminal.

O aumento de 21% no consumo de FDN da palhada de arroz amonizada, em relação à palhada não-amonizada, foi inferior ao verificado para o consumo de MS (30%). O menor incremento no consumo de FDN, comparado ao aumento no consumo de MS, promovido pela amonização, pode ser parcialmente explicado pelo menor teor de FDN presente na PA amonizada, em relação à não-tratada.

4.4. Ganho em peso e conversão alimentar dos animais

No Quadro 3, são apresentadas as médias dos pesos vivos inicial e final dos animais e os resultados obtidos para ganho de peso e conversão alimentar e protéica das rações fornecidas.

Observou-se maior ($P < 0,05$) ganho de peso diário para os animais que receberam palhada de arroz amonizada em relação à palhada mais uréia e cana-de-açúcar (Quadro 3), sendo que estas duas últimas não diferiram da silagem de sorgo, que apresentou ganhos semelhantes ($P > 0,05$) aos obtidos para a palhada amonizada.

Quadro 3 - Médias dos pesos vivos (PV) inicial e final, ganhos de peso vivo total e diário, conversão alimentar (CA) e conversão protéica (CP) de novilhos Simental confinados, nos diferentes tratamentos

Parâmetros	Tratamentos			
	Palhada de arroz amonizada	Palhada de arroz + uréia	Silagem de sorgo	Cana + uréia
PV inicial (kg)	439,5	419,0	412,7	410,7
PV final (kg)	539,8	497,5	502,0	481,0
Ganho de PV (kg)	100,3	78,5	89,3	70,3
Ganho diário de PV (kg/dia)	1,59 a	1,25 b	1,42 ab	1,11 b
CA (kg de MS/kg de ganho)	6,36 a	6,64 a	6,71 a	6,42 a
CP (kg de PB/kg de ganho)	1,00	0,94 a	0,69 b	0,80 ab

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O ganho diário de peso vivo dos animais alimentados com PA amonizada foi 27,8% superior ao obtido pelos animais alimentados com PA + uréia, valor muito próximo aos 30% encontrados, quando se comparou o consumo de MS destes volumosos. Portanto, o efeito da amonização, melhorando o valor nutritivo da palhada tratada, particularmente sua DIVMS, resultou em maior consumo deste volumoso e, conseqüentemente, em melhor desempenho dos animais.

Melhores desempenhos de animais alimentados com forragens tratadas com amônia anidra, em relação a animais alimentados com forragens suplementados com uréia, também foram observados por vários autores, SAENGER et al. (1982), KLEE e VIDAL (1986) e TEIXEIRA (1990), utilizando palhada de milho, palhada de trigo e palhada de milho mais sabugo e capim-elefante picado. Observaram-se maiores ganhos de peso vivo e altos consumos de MS em novilhos alimentados com essas forragens tratadas com amônia anidra, em relação a uréia. Os autores atribuem isso aos aumentos na digestibilidade dos constituintes da parede celular nas forragens tratadas com amônia anidra.

De modo geral, os elevados ganhos de peso vivo verificados neste experimento (superiores a 1,1 kg/dia) podem ser atribuídos à elevada

quantidade de concentrado fornecida aos animais (4,0 kg/dia, com base na matéria natural), que representou de 33,8 a 47,8% da MS consumida, e, também, ao elevado potencial genético dos animais utilizados no experimento, novilhos PO, da raça Simental.

De acordo com MINSON e WILSON (1994), a quantidade de matéria seca que o animal consome diariamente é o principal fator nutricional controlando a produção animal, quando o alimento em excesso é oferecido. Como as diferenças encontradas para o consumo total de MS foram proporcionadas pelas diferenças no consumo de MS dos volumosos, pode-se inferir que as diferenças verificadas para o ganho de peso vivo ocorreram principalmente em função dos fatores que restringiram o consumo de MS dos volumosos. A não-constatação de diferenças entre os tratamentos, quanto à conversão alimentar (Quadro 3), parece confirmar esta hipótese.

Com relação à conversão protéica, verificou-se que os animais alimentados com silagem de sorgo foram aqueles que apresentaram maior eficiência de utilização da PB (Quadro 3). Já a conversão protéica dos animais alimentados com cana-de-açúcar + uréia não diferiu ($P > 0,05$) daquelas obtidas para os demais tratamentos.

No Quadro 5, são apresentados os resultados das correlações entre o ganho diário de peso vivo e os consumos diários de MS, MSD, PB e FDN (% PV), fornecidos pelos volumosos. Verificou-se que o ganho diário de peso vivo dos animais em confinamento foi significativamente correlacionado a todas as modalidades de consumo analisadas, sendo que o mais elevado coeficiente de correlação foi verificado entre o ganho de peso vivo e o consumo de matéria seca digestível ($R=0,75$; $P < 0,01$). Isto significa que o ganho de peso vivo dos animais foi proporcional ao consumo de volumoso, especialmente ao consumo de MSD. Esta constatação parece indicar que a DIVMS dos volumosos foi fator de grande importância, influenciando o consumo de MS e, conseqüentemente, o desempenho dos animais em confinamento. De fato, analisando-se os valores de DIVMS dos volumosos, verificou-se que a PA amonizada e a silagem de sorgo foram os que apresentaram maiores valores de DIVMS e, também, os maiores consumos de MS e ganho diário de peso vivo.

Quadro 4 - Correlações entre o ganho diário de peso vivo e os consumos diários de matéria seca, matéria seca digestível, proteína bruta e fibra em detergente neutro, dos volumosos utilizados no confinamento

Consumo de volumoso (% PV)	R ¹	P > R ²
Matéria seca (MS)	0,6838	0,0036
Matéria seca digestível (MSD)	0,7524	0,0008
Proteína bruta (PB)	0,5675	0,0217
Fibra em detergente neutro (FDN)	0,6757	0,0041

¹ Coeficiente de correlação de Pearson.

² Nível de significância de R.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O experimento foi conduzido na Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais (CMM), localizada no noroeste do Estado de Minas Gerais, no período de abril a novembro de 1998. Este experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o consumo, o ganho em peso e a conversão alimentar de novilhos alimentados com dietas contendo palhada de arroz amonizada, palhada de arroz + uréia, cana-de-açúcar + uréia e silagem de sorgo, como volumosos.

Para o tratamento da palhada de arroz com amônia anidra, foram feitas duas medas, que foram cobertas com lonas plásticas e tratadas com 3% de amônia anidra na MS, durante cinco semanas.

No ensaio com animais, foram utilizados 16 novilhos Simental PO, com peso vivo médio de 400 kg, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos experimentais foram constituídos pelas seguintes dietas: (T1) palhada de arroz + 100 g de uréia + 4 kg de concentrado; (T2) palhada de arroz amonizada + 4 kg de concentrado; (T3) silagem de sorgo + 4 kg de concentrado; e (T4) cana-de-açúcar + 100 g de uréia + 4 kg de concentrado. Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia, sendo os volumosos fornecidos *ad libitum*, permitindo 10% de sobras. Todos os alimentos fornecidos aos animais, bem como suas sobras, foram pesados diariamente. O período pré-experimental teve duração de 15 dias e o de avaliações, 63 dias,

dividido em três períodos de 21 dias, fazendo-se as pesagens dos animais no início do experimento e ao final de cada período.

O tratamento da palhada de arroz com 3% de amônia anidra promoveu alterações benéficas na composição bromatológica deste volumoso. O teor de proteína bruta da palhada amonizada aumentou de 7,2 para 15,5%, com retenção de 51% do nitrogênio aplicado. A amonização reduziu os teores de NIDN/NT de 64,1 para 44,3% e de NIDA/NT de 27,1 para 24,5%, aumentando a quantidade de nitrogênio disponível para a síntese de proteína microbiana. A amonização também reduziu os teor de fibra em detergente neutro (FDN) de 77,3 para 74,0% e de hemicelulose de 32,0 para 26,5% e causou pequena elevação nos teores de celulose, lignina e fibra em detergente ácido. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da palhada de arroz amonizada sofreu incremento de 16,3 unidades percentuais, em relação ao material não-tratado.

O concentrado foi fornecido na mesma quantidade (4,0 kg/dia, na matéria natural), nos diferentes tratamentos, de modo que as diferenças verificadas quanto aos consumos totais de MS, MSD, PB e FDN ocorreram em função do consumo desses nutrientes no volumoso. A palhada de arroz amonizada e a silagem de sorgo foram os volumosos que proporcionaram maiores consumos de MS, MSD e FDN, enquanto a cana-de-açúcar + uréia foi o volumoso menos consumido. Para o consumo de PB, observou-se a seguinte seqüência decrescente: palhada de arroz amonizada > palhada de arroz + uréia > silagem de sorgo e cana-de-açúcar + uréia.

O consumo total de MS, que variou de 7,1 a 10,0 kg/dia, diferiu ($P < 0,05$) entre os tratamentos, observando-se maiores consumos para os animais que receberam rações com palhada de arroz amonizada e silagem de sorgo, que, por sua vez, não diferiram entre si ($P > 0,05$).

O consumo de MS, MSD, PB e FDN, proporcionado pela palhada de arroz amonizada, foi, respectivamente, 30, 78, 56 e 21% superior ao obtido pela palhada suplementada com uréia.

Observou-se maior ($P < 0,05$) ganho de peso para os animais que receberam palhada de arroz amonizada (1,59 kg/dia) em relação à palhada mais uréia (1,25 kg/dia) e cana-de-açúcar + uréia (1,11 kg/dia), sendo que estas duas últimas não diferiram da silagem de sorgo (1,42 kg/dia), que

apresentou ganhos semelhantes ($P>0,05$) aos obtidos para a palhada amonizada.

De posse dos resultados obtidos, pode-se concluir, para as condições deste experimento, que o tratamento com amônia anidra melhorou o valor nutritivo da palhada de arroz, especialmente com relação aos teores de proteína bruta e à digestibilidade *in vitro* da matéria seca, resultando em maiores consumo voluntário e ganho diário de peso vivo dos animais, em relação à palhada de arroz não-tratada e suplementada com uréia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAN, P. Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. In: JUNG, H.G., BUXTON, R.D., HATFIELD, R.D., RALPH, J. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**, 1993. p.183-196.
- AROEIRA, L.J.M., SILVEIRA, M.I., LIZIEIRE, R.S., MATOS, L.L. Digestibilidade balanço de nitrogênio e concentração de amônia no rúmen de novilhos mestiços alimentado com cana de açúcar e uréia mais farelos de arroz ou algodão. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.22, n.6, p.893-901, 1993.
- BALLET, N., BESLE, J. M., DEMARQUILLY, C. Effect of ammonia and urea treatments on digestibility and nitrogen content of dehydrated lucerne. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.67, p.69-62, 1997.
- BEN SALEM, H., NEFZAOU, A., ROKBANI, N. Upgrading of sorghum stover with anhydrous ammonia or urea treatments. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.48, n.1/2, p.15-26, 1994.
- BORHAMI, B.E.A., SUNDSTØL, F. Studies on ammonia treated straw. The effects of type and levels of ammonia, moisture content and treatment time on the digestibility in vitro an enzyme soluble organic matter of oat straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.7, p.45 – 51, 1982.
- BROWN, W.F., ADJEI, M.B. Urea ammoniation effects on the feeding value of guineagrass (*Panicum maximum*) hay. **J. Anim. Sci.**, v.73, n.10, p.3085-3093, 1995.

- BUETTNER, M.R., LECHTENBERG, V.L., HENDRIX, K.S., HERTEL, M.J. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*festuca arundinaceae* schreb) hay. **J. Anim. Sci.**, v.54, n.1, p.173-178, 1982.
- CÂNDIDO, M.J.D., OBEID, J.A., PEREIRA, O.G., CECON, P.R., ZAGO, C.P., GONTIJO NETO, M.M. Avaliação da produção e do valor nutritivo das silagens de cinco híbridos de sorgo. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** SBZ: Porto Alegre, 1999. CD-ROM.
- CHEN, J., FALES, S.T., VARGA, G.A. Biodegradability of free monomeric and cell-wall-bound phenolic acids in maize stover by two strains of white-rot fungi. **J. Sci. Food Agric.** v.71, p145-150, 1996.
- CHERMITI, A., TELLER, E., VANBELLE, M., COLLIGNON, G., MATATU, B. Effect of ammonia or urea treatment of straw on chewing behavior and ruminal digestion processes in non-lactating dairy cows. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.47, n.1/2, p.41-51, 1994.
- COELHO DA SILVA, J.F. O ruminante e o aproveitamento de alimentos fibrosos. **Inf. Agropec.**, v.119, n. p.8-15, 1984.
- DRYDEN, G.M., KEMPTON, T.J. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.10, n.1, p.65-75, 1984.
- DRYDEN, G.M., LENG, R.A. Treatment of barley straw with ammonia and sulfur dioxide gases under laboratory conditions. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.14, n.1/2, p.41-51, 1986.
- FAHEY, G.C., BOURQUIN, L. D., TITGEMEYER, E. C., ATWELL, D. G. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. In: JUNG, H.G., BUXTON, R.D., HATFIELD, R.D., RALPH, J. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**, 1993. p.715-766.
- FAO. **Production Yearbook**, Roma, v.51, n.142, p.64, 1997. (FAO Statistics Series, 142).
- FERREIRA, J.Q. **Efeito da amônia anidra sobre a qualidade da palha de arroz (*oryza sativa* L.) e do feno de aveia (*Avena strigosa* Schreb.)** Viçosa - MG: UFV, 1989. 110p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1989.

- FERREIRA, J.Q., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REIS, R.A. Efeito dos níveis de amônia anidra e dos períodos pós - tratamento sobre a qualidade dos fenos de aveia contendo alta ou baixa umidade. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.22, n.1, p.47-52, 1993.
- FERREIRA, J.Q., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., SILVA, D.J., REIS. Efeitos dos níveis de amônia anidra e dos períodos pós-tratamento sobre a qualidade da palha de arroz. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.19, n.1, p.39-43, 1990.
- GARCIA, R. Amonização de forragens de baixa qualidade e a utilização na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGRO-INDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. **Anais...** São Carlos, EMBRAPA/UEPAE, IICA, 1992. p. 83.
- GARCIA, R., PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, Viçosa, 1998. **Anais...** Viçosa: AMEZ, 1998. p.33-61.
- GIVENS, D.I., ADAMSON, A.H., COBBY, J.M. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley measurement "in vivo" and their prediction from laboratory measurements. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.19, n.1/2, p.173-184, 1988.
- GORDON, A.H., CHESSON, A. The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia - treated barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.8, n.2, p.147-153, 1983.
- GOTO, M., YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water - holding capacity. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.58, n.3/4, p.239-247, 1996.
- GOTO, M., YOKOE, Y., TAKABE, K., NISIKAWA, S., MORITA, O. Effects of gaseous ammonia on chemical and structural features of cell walls in spring barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.40, n.2/3, p.207-221, 1993.
- GROSSI, S.F., REIS, R.A., EZEQUIEL, J.M.B., RODRIGUES, L.R.A. Tratamento de volumosos com amônia anidra ou uréia. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.22, n.4, p.651-659, 1993.
- HASSEN, L., CHENOST, M. Tentative explanation of the abnormally high faecal nitrogen-excretion with poor-quality roughages treated with ammonia. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.38, n.1, p.25-34, 1992.

- HAI, N.V., SINGH, G.P. Effect of ammoniation through urea treatment of oat straw on the rumen degradability of fibre. **Indian J. Dairy Sci.**, v.47, n.3, p.176-180, 1994.
- JOY, M., ALIBÉS, X., MUÑOZ, F. Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.38, n.4, p.319-333, 1992.
- JUNG, H. G., Forage and their effects on fiber digestibility. **Agron. J.**, v.81, p.33-38, 1989.
- JUNG, H. G., ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.73 n.2, p.2774-2790, 1995.
- JUNG, H.G., DEETZ, D.A. Cell wall polysaccharide interactions and degradability. In: JUNG, H.G., BUXTON, R.D., HATFIELD, R.D., RALPH, J. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**, 1993. p.315-346.
- KLEE, G.G., VIDAL, A.V. Efectos del tratamiento con amoniaco anidro de la paja de trigo en los aumentos de peso y consumo de novillos holandeses. **Agricultura Técnica Chile**, v.46, n.1, p.3-8, 1986.
- LEAL, M., SHIMADA, A., HERNÁNDEZ, E. The effect of NH₃ and/or SO₂ on the compositional and histological characteristics of sorghum stover. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.47, n.1/2, p.141-150, 1994.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Anim. Feed. Sci. Technol.**, p.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LINES, L.W., WEISS, W.P. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal, and animal protein meal by lactating cows. **J. Dairy Sci.**, v.79, n.11, p.1992-1999, 1996.
- MERTENS, D.R. Regulation on forage intake. In: FAHEY JR., G.L. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. American society of agronomy. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.450-493.
- MINSON, D.J., WILSON, J.R. Prediction of intake as an element of forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.533-563.

- MOREIRA, V.R., SILVA, H.C.M., GONÇALVES, L.C., RODRIGUEZ, N.M., LENOIR, M.A.Q.L., ALVES, J.A. Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* tratado com hidróxido de sódio ou amônia anidra, ou misturado à calotropis procera - II. Fibra e energia bruta. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.21-26.
- NEIVA, J.N.M., GARCIA, R., VALADARES FILHO, S.C., PEREIRA, O.G., PIRES, A.J.V., SILVA, H.A. Desempenho de bovinos de corte alimentados com dietas à base de silagens de milho amonizados. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.3, p.466-473, 1998.
- OKAMOTO, M., MIYAZAKI, H. Particule size reduction of reticulo-ruminal contents in sheep fed rice straw and ammoniated rice straw. **Japan. J. Zootec. Sci.**, v.61, n. 5, p.424-427, 1990.
- PAIVA, J.A.J. **Níveis de Amônia anidra, períodos de amonização e de aeração sobre a composição químico-bromatológica e a degradabilidade “in situ” da palha de milho (*Zea mays* L.).** Viçosa: UFV, 1992. 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REGAZZI, 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. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.24, n.5, p.673-681, 1995a.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REGAZZI, 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.). **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.24, n.5, p.683-692, 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. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.24, n.5, p.693-705, 1995c.
- PEREIRA, O.G. **Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sob as formas integral, sacharina e colmo desidratado, para bovinos e ovinos.** Viçosa: UFV, 1995. 114p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- PIRES, A.J.V., GARCIA, R., CECON, P.R., VALADARES FILHO, S.C., NEIVA, J.N.M., NASCIMENTO, A.S. Amonização da quirera de milho com alta umidade. II. Constituintes da parede celular e DIVMS. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.338-340.
- PIRES, A.J.V., GARCIA, R., SILVA, F.F., PEIXOTO, C.A.M., OLIVEIRA, T.N. Qualidade de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tratadas com uréia e/ou sulfeto de sódio. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.61-63.
- RAHAL, A., SINGH, A., SINGH, M. Effect of urea treatment and composition on, and prediction of nutritive value of rice straw of different cultivars. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.68, n.1/2, p.165-182, 1997.
- REIS, R.A., ANDRADE, P., RODRIGUES, L.R.A., PEDROSO, P. Palha de arroz e feno de braquiária brizanta amonizados e suplementados com energia ou proteína na alimentação de bovinos. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.24, n.5, p.832-840, 1995.
- REIS, R.A., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. et al. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade "in vitro" dos fenos de três gramíneas forrageiras de clima tropical. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.19, n.3, p.219-224, 1990.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L. R. A., NAHAS, E. et al. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes teores de umidade. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.28, n.4, p. 539-543, 1993.
- REIS, R.A., PANIZZI, R.C., ROSA, B., RODRIGUES, L. R. A., NASCIMENTO, J.M. Efeitos da amonização sobre ocorrência de fungos, na composição química e digestibilidade "in vitro" de fenos de grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.26, n. 3, p. 454-460, 1997.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., RUGGIERI, A.C., PEREIRA, J. R. A. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.563-565.
- REXEN, F.P., KNUDSEN, K.E.B. Industrial-scale dry treatment with sodium hydroxide. In: SUNDSTØL, F., COXWORTH, E.M. (Eds.) **Straw and other fibrous by products as feed**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.127-161.

- ROSA, B., REIS, R.A., RESENDE, K.T., KRONKA, S.N., JOBIM, C.C. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* stapf cv. basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.4, p.815-822, 1998.
- SAENGER, P.F., LEMENAGER, R.P., HENDRIX, K.S. Anidrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.54, n.2, p.419-425, 1982.
- SCHNEIDER, M., FLACHOWSKY, G. Studies on ammonia treatment of wheat straw : effects of level of ammonia, moisture content, treatment time and temperature on straw composition and degradation in the rumen of sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.29, n.3/4, p.252-264, 1990.
- SHEN, H. SH., NI, D. B., SUNDSTØL, F. Studies on untreated and urea-treated rice straw from three cultivation seasons: 1. Physical and chemical measurements in straw and straw fractions. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.73, n.3/4, p.243-261, 1998.
- SILVA, A. T., ØRSKOV, E. R. Fiber degradation in the rums of animals receiving hay, untreated or ammonia-treated straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.19, n.3, p.277-287, 1988.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG, UFV, Impr., Univ., 1990. 165p.
- SOLAIMAN, S.G., HORN, G.W., OWENS, F.N. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. **J. Anim. Sci.**, v.49, n.3, p.802-808, 1979.
- SOUZA, A.C.L., COELHO DA SILVA, J.F., VASQUEZ, H.M. Efeito de fontes e níveis de amônia sobre a fração nitrogenada de subprodutos da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.561-563.
- SOUZA, A.L. **Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio**. Viçosa: UFV, 1999. 58p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- SUNDSTØL, F., COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTØL, F., OWEN, E. (Eds.) In: **Straw and other fibrous by products as feed**. Amsterdam, Elsevier, 1984. p.196-247.

- SUNDSTØL, F., COXWORTH, O., MOWAT, D.N. Mejora del valor nutritivo de la paja mediante tratamiento com amoníaco. **R. Mund. Zotec.**, v.26, n.1, p.13-21, 1978.
- TEIXEIRA, J.R.C. **Efeito da amônia anidra no valor nutritivo de palha de milho mais sabugo e do capim elefante (*Pennisetum purpureum Shum.*) cv. Camerom fornecidas a novilhos Nelore em confinamento.** Viçosa: UFV, 1990. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- VADIVELLO, J. Factors contributing to varietal differences in the nutritive value of rice straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.54, p.45-53, 1995.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J., MASON, V.C. The influence of Mallard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.32, n.1/3, p.45-53, 1991.
- WOOLFORD, M.K., TETLOW, R.M. The effect of anhydrous ammonia and moisture content on the preservation and chemical composition of perennial ryegrass hay. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.11, n.3, p.159-166, 1984.

APÊNDICE

Quadro 1A - Resumo da análise de variância dos consumos totais de matéria seca (CMS), matéria seca digestível (CMSD), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), em kg/dia

FV	GL	Quadrado médio			
		CMS	CMSD	CPB	CFDN
Tratamento	3	6,7274***	4,6430***	0,3877***	4,3716***
Resíduo	12	0,1244	0,0352	0,0014	0,0674
CV%		4,06	3,14	3,33	5,89

*** F significativo a 0,1% de probabilidade.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância dos consumos totais de matéria seca (CMS), matéria seca digestível (CMSD), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), em % do peso vivo

FV	GL	Quadrado médio			
		CMS	CMSD	CPB	CFDN
Tratamento	3	0,1656**	0,1234***	0,0117***	0,1410***
Resíduo	12	0,0161	0,0087	0,0003	0,0030
CV%		6,81	7,29	7,53	5,83

*** F significativo a 0,1% de probabilidade.

** F significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância dos consumos de matéria seca (CMS), matéria seca digestível (CMSD), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), proporcionados pelo concentrado, em % do peso vivo

FV	GL	Quadrado médio			
		CMS	CMSD	CPB	CFDN
Tratamento	3	0,0049 ^{ns}	0,0045 ^{ns}	0,00012 ^{ns}	0,00011 ^{ns}
Resíduo	12	0,0052	0,0048	0,00013	0,00012
CV%		9,68	9,70	9,66	9,54

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 4A - Resumo da análise de variância dos consumos de matéria seca (CMS), matéria seca digestível (CMSD), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), proporcionados pelos volumosos, em % do peso vivo

FV	GL	Quadrado médio			
		CMS	CMSD	CPB	CFDN
Tratamento	3	0,2158***	0,1678***	0,01414***	0,1481***
Resíduo	12	0,0039	0,0008	0,00006	0,0021
CV%		5,59	5,16	6,22	5,59

*** F significativo a 0,1% de probabilidade.

Quadro 5A - Resumo da análise de variância das participações dos volumosos para os consumos totais de matéria seca (CMS), matéria seca digestível (CMSD), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), em % do total consumido

FV	GL	Quadrado médio			
		CMS	CMSD	CPB	CFDN
Tratamento	3	152,23***	409,60***	585,11***	47,33***
Resíduo	12	2,36	2,37	1,48	0,43
CV%		2,55	3,58	2,45	0,75

*** F significativo a 0,1% de probabilidade.

Quadro 6A - Resumo da análise de variância para ganho diário de peso vivo (GPV; em kg/dia), conversão alimentar (CA; em kg de MS/kg de ganho) e conversão protéica (CP; em kg de PB/kg de ganho)

FV	GL	Quadrado médio		
		GPV	CA	CP
Tratamento	3	0,1708**	0,1123 ^{ns}	0,0777**
Resíduo	12	0,0252	0,6357	0,0103
CV%		11,88	12,20	11,84

** F significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade.