

VIVIANE APARECIDA CARLI COSTA

**DESEMPENHO NUTRICIONAL DE BOVINOS EM
PASTEJO DURANTE O PERÍODO DAS ÁGUAS COM
SUPLEMENTAÇÃO PROTÉICA OU
PROTÉICO-ENERGÉTICA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS –BRASIL
2009

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

T

C837d
2009

Costa, Viviane Aparecida Carli, 1981-
Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o
período das águas com suplementação protéica ou protéico-
energética / Viviane Aparecida Carli Costa. – Viçosa, MG,
2009.
xi, 90f. : il ; 29cm.

Orientador: Edenio Detmann.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Nutrição. 2. Suplementos dietéticos. 3
Proteína na nutrição animal. 4. Pastejo. 5. Fibras na nutrição
animal. 6. Capim-braquiaria. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

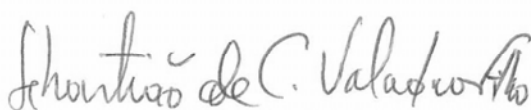
CDD 22.ed. 636.2085

VIVIANE APARECIDA CARLI COSTA

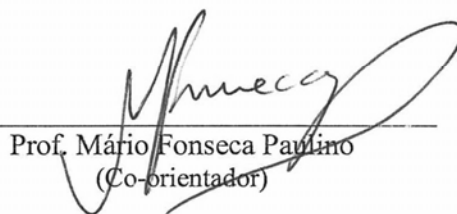
**DESEMPENHO NUTRICIONAL DE BOVINOS EM
PASTEJO DURANTE O PERÍODO DAS ÁGUAS COM
SUPLEMENTAÇÃO PROTÉICA OU
PROTÉICO-ENERGÉTICA**

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

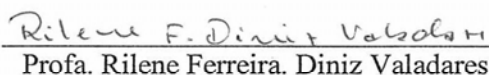
APROVADA: 20 de outubro de 2009.



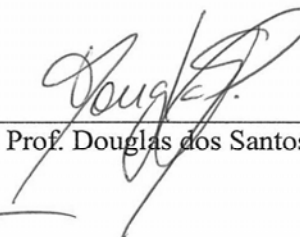
Prof. Sebastião de C. Valadares Filho
(Co-orientador)



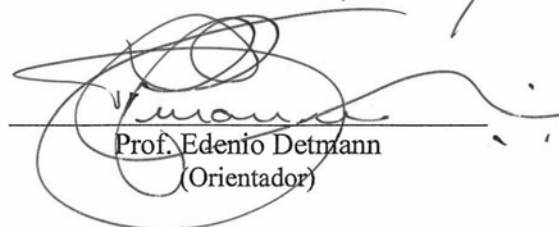
Prof. Mário Fonseca Paulino
(Co-orientador)



Profa. Rilene Ferreira. Diniz Valadares



Prof. Douglas dos Santos Pina



Prof. Edenío Detmann
(Orientador)

À Deus,

Ofereço.

Aos meus queridos pais José Geraldo e Regina Márcia, pela dedicação,

A minha adorável irmã Renata, por todo amor e companheirismo,

Aos meus amáveis avôs maternos Aída e José Carli, por se fazerem sempre presentes,

Aos meus sogros Maria José e Sebastião Marcelino, pelo incentivo.

Dedico.

Especialmente à meu **Esposo,**

Pelo amor e apoio incondicionais e, por acreditar que tudo seria possível,

Todo carinho, amor e respeito.

Obrigado.

AGRADECIMENTOS

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (Programa Pesquisador Mineiro), pelo suporte financeiro para realização do trabalho de pesquisa.

Ao Professor Edenio Detmann, pela orientação, pela amizade, por me ensinar a adquirir, armazenar e ousar com as informações e com o conhecimento.

Aos Professores Sebastião de Campos Valadares Filho e Mário Fonseca Paulino pela co-orientação proporcionada.

Aos professores Rilene Ferreira Diniz Valadares e Douglas Pina pelas sugestões.

Ao professor André Soares, pelas sugestões, troca de informações as quais acrescentaram na elaboração deste trabalho.

Aos demais professores do departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos e convivência.

À amiga Lara, pelo incentivo, carinho e apoio nos momentos difíceis.

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Faustino Monteiro, Mário, Vera, Valdir, Wellington, Fernando, Geraldo e Plínio.

Aos funcionários do setor de Bovinocultura de Corte do DZO, Belmiro e Norival.

À Luana Monteiro e Tiago Valente por se fazerem presentes no decorrer dos experimentos.

Aos colegas e amigos: Isabela, Monique, AnaLívia, Acreano, Cláudia, Márcia Dias, Marjorrie, Zorzi, Isis, Dayane, Poliana, Wilian, Erick, Mateus, Samuel, João Paulo (Toquinho), Fabiana, Livinha pelo apoio e amizade.

Ao Eduardo Sales, que, mesmo à distância, alimentou e compartilhou de meus ideais, compreendendo a minha tensão e falta de tempo com carinho e companheirismo.

BIOGRAFIA

Viviane Aparecida Carli Costa, filha de José Geraldo Ferreira da Costa e Regina Márcia Carli Costa, nasceu em Miraf, Minas Gerais, no dia 18 de setembro de 1981.

Em Fevereiro de 2005, concluiu o curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Em Fevereiro de 2005 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em outubro de 2006.

Em outubro de 2006, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, desenvolvendo estudos na área de Nutrição e produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em outubro de 2009.

ÍNDICE

	Página
RESUMO-----	vi
ABSTRACT-----	ix
INTRODUÇÃO GERAL-----	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	8
CAPÍTULO 1 - Consumo, Digestibilidade e Dinâmica Ruminal da Fibra em Detergente Neutro de Bovinos em Pastejo Durante o Período das Águas Suplementados com Diferentes Fontes de Compostos Nitrogenados e de Carboidratos	
1. Introdução-----	12
2. Material e Métodos-----	14
3. Resultados -----	24
4. Discussão-----	31
5. Conclusões-----	42
6. Referências Bibliográficas-----	43
CAPÍTULO 2 - Consumo, Digestibilidade e Dinâmica Ruminal da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos em Pastejo Durante o Período das Águas Suplementados com Nitrogênio Não-Protéico e/ou Proteína Verdadeira	
1. Introdução-----	49
2. Material e Métodos-----	51
3. Resultados -----	60
4. Discussão-----	67
5. Conclusões-----	85
6. Referências Bibliográficas-----	85

RESUMO

COSTA, Viviane Aparecida Carli, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2009. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas com suplementação protéica ou protéico-energética.** Orientador: Edenio Detmann. Co-orientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

A presente tese foi elaborada com base em dois experimentos com bovinos suplementados em regime de pastejo em capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) durante o período das águas. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes formas químicas de compostos nitrogenados (protéicos e não-protéicos) e de carboidratos (amiláceos e fibra solúvel) sobre o consumo, a digestibilidade, a síntese ruminal de proteína microbiana, o balanço de compostos nitrogenados e sobre as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) da forragem. Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de 211 ± 35 kg, fistulados no rúmen e abomaso. Os tratamentos foram: controle (somente pasto); e suplementos formulados à base de milho + farelo de soja; milho + uréia; polpa cítrica + farelo de soja; e polpa cítrica + uréia. Os suplementos foram balanceados para apresentarem 30% de proteína bruta (PB), com base na matéria seca (MS), e fornecidos na quantidade de 3 g/kg PV. O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5×5 , com cinco períodos experimentais de 15 dias cada. Adotou-se esquema fatorial $2 \times 2 + 1$ (duas fontes de compostos nitrogenados, duas fontes de carboidratos e tratamento controle). Não foi verificado efeito de interação entre as fontes de carboidratos e compostos nitrogenados ($P > 0,10$) para nenhuma das variáveis analisadas. Não foram observados efeitos das diferentes fontes de carboidratos e compostos nitrogenados sobre as estimativas de consumo total dos componentes da dieta ($P > 0,10$), com exceção do consumo de FDN indigestível, que foi inferior ($P < 0,10$) com a suplementação com polpa cítrica em comparação ao milho (kg/dia e g/kg PV) e inferior ($P < 0,10$) com a suplementação com uréia em relação ao farelo de soja (g/kg PV). Contudo, observou-se redução ($P < 0,10$) do consumo de pasto com o fornecimento de suplementos, com coeficiente médio de substituição de 2,11 g de MS de pasto/g de MS de suplemento. A suplementação não alterou ($P < 0,10$) os coeficientes de digestibilidade aparente total e ruminal da MS, da matéria orgânica (MO) e da FDN e o teor dietético de nutrientes

digestíveis totais (NDT). Porém, os animais suplementados apresentaram maiores ($P<0,10$) coeficientes de digestibilidade aparente total e ruminal para PB em relação aos animais não suplementados. Os coeficientes de digestibilidade aparente intestinal, o pH ruminal, a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e o balanço de compostos nitrogenados (BN) não foram influenciados ($P>0,10$) pela suplementação. A eficiência de síntese de proteína microbiana (EFIM) não foi alterada ($P>0,10$) pela suplementação, obtendo-se média de 123,1 g PB microbiana/kg de NDT. Contudo, os animais suplementados com milho apresentaram maior EFIM ($P<0,10$) em comparação aos animais suplementados com polpa cítrica (137,6 e 106,1 g PB microbiana/kg de NDT, respectivamente). A suplementação reduziu ($P<0,10$) a taxa de degradação da FDN da forragem basal; contudo, não foram verificadas diferenças significativas ($P>0,10$) entre os diferentes suplementos. As estimativas médias da taxa comum de latência e degradação (λ) foram de 0,0486 e 0,0417 h^{-1} para animais suplementados e não suplementados, respectivamente. Concluiu-se que a suplementação protéico-energética para bovinos mantidos em pastos tropicais durante o período das águas não causa benefícios nutricionais, o que reflete o alto coeficiente de substituição da forragem pelo suplemento. No segundo experimento, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes relações entre proteína verdadeira e nitrogênio não-protéico sobre o consumo e a digestibilidade dos componentes da dieta, a síntese ruminal de proteína microbiana, o balanço de compostos nitrogenados e a dinâmica de trânsito e degradação ruminal da FDN da forragem. Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, castrados, com PV inicial de 335 ± 35 kg fistulados no rúmen e no abomaso. Os tratamentos foram: controle (somente pasto); e suplementos com uréia; com 2/3 de compostos nitrogenados oriundos da uréia e 1/3 de compostos nitrogenados oriundos da albumina; com 1/3 de compostos nitrogenados oriundos da uréia e 2/3 de compostos nitrogenados oriundos da albumina; e com albumina. Foram fornecidos 200 g/dia de PB a partir dos suplementos. O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5, com cinco períodos experimentais de 15 dias cada. Não foram observados efeitos da suplementação sobre o consumo voluntário ($P>0,10$), com exceção do consumo de PB, que foi ampliado pela suplementação ($P<0,10$). A substituição da uréia por albumina nos suplementos apresentou efeito linear sobre o consumo de PB e efeito cúbico sobre o consumo de FDN digerida ($P<0,10$). Os consumos dos demais componentes da dieta não foram afetados pela composição dos suplementos ($P>0,10$). A suplementação não afetou ($P>0,10$) os coeficientes de

digestibilidade total ou o teor de NDT da dieta. A suplementação elevou ($P < 0,10$) as estimativas do coeficiente de digestibilidade aparente ruminal da PB, que migraram de negativa ($P < 0,10$), para o tratamento controle, para positivas, porém não diferentes de zero ($P > 0,10$), para os tratamentos envolvendo suplementação. O fornecimento de suplementos aumentou o pH e a concentração de NAR ($P < 0,10$). O BN foi ampliado com a suplementação ($P < 0,10$). A substituição da uréia por albumina influenciou de forma cúbica o BN ($P < 0,10$), com maior estimativa observada para o suplemento com 1/3 de PB oriunda da uréia. A EFIM não foi influenciada ($P > 0,10$) pelo fornecimento ou pela composição dos suplementos. O fornecimento de suplementos ampliou, em média, as estimativas de λ ($P < 0,10$). A suplementação de bovinos em pastejo com fontes de compostos nitrogenados degradáveis durante o período das águas amplia a eficiência de uso do pasto principalmente por ampliar a retenção de compostos nitrogenados no organismo.

ABSTRACT

COSTA, Viviane Aparecida Carli, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October of 2009. **Nutritional performance of cattle under grazing during rainy season with protein or protein-energy supplementation.** Adviser: Edenio Detmann. Co-advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

This thesis was prepared from two experiments with cattle grazing signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) pasture during the rainy season. The first experiment aimed to evaluate the effects of different chemical forms of nitrogenous compounds (protein and non-protein) and carbohydrates (starch and soluble fiber) on intake, digestibility, ruminal synthesis of microbial protein, nitrogenous compounds balance, and the transit and degradation dynamics of forage neutral detergent fiber (NDF). Five crossbred Holstein x Zebu steers, averaging 211 ± 35 kg of body weight (BW) and fitted with rumen and abomasum cannulae, were used. The treatments were: control (only pasture), and supplements based on corn plus soybean meal, corn plus urea, citrus pulp plus soybean meal, and citrus pulp plus urea. The supplements were balanced to present 30% of crude protein (CP), on dry matter (DM) basis, and provided at 3 g/kg BW. The experiment was carried out according to a 5 x 5 Latin square design, with five 15-day experimental periods. It was adopted a 2 x 2 + 1 factorial arrangement (two sources of nitrogenous compounds, two sources of carbohydrates and a control treatment). There was no interaction effect between sources of carbohydrates and nitrogenous compounds ($P > 0.10$) for any variable. There were no effects of different sources of carbohydrates and nitrogen compounds on the estimates of diets components intake ($P > 0.10$), except for indigestible NDF intake, which was lower ($P < 0.10$) with supplementation with citrus pulp compared to corn (kg/d and g/kg BW) and lower ($P < 0.10$) with supplementation with urea than soybean meal (g/kg BW). However, pasture intake decreased ($P < 0.10$) with supplementation. The average substitutive coefficient was 2.11 g of DM of pasture/g of DM of supplement. Supplementation did not alter ($P < 0.10$) the total and ruminal digestibility coefficients of DM, organic matter (OM) and NDF, and the dietary content of total digestible nutrients (TDN). However, the supplemented animals presented higher ($P < 0.10$) ruminal and total digestibility coefficients of CP. The intestinal digestibility coefficients, rumen pH, rumen ammonia nitrogenous (RAN) concentration, and the nitrogenous compounds balance (NB) were not affected ($P > 0.10$) by supplementation. The efficiency of microbial protein synthesis (EFIM) was not

changed ($P>0.10$) by supplementation, averaging 123.1 g microbial CP/kg of TDN. However, supplementation based on corn caused higher EFIM ($P<0.10$) compared to citrus pulp (137.6 and 106.1 g microbial CP/kg of TDN, respectively). The degradation rate of forage NDF was decreased ($P<0.10$) by supplementation, but no significant differences were observed ($P>0.10$) among supplements. The average estimates of common rate of lag and degradation (λ) were 0.0486 and 0.0417 h^{-1} for not supplemented and supplemented animals, respectively. It was concluded that protein-energy supplements for grazing cattle during rainy season do not improve nutritional performance, which reflects the high substitutive effect caused by supplements. The second experiment aimed to evaluate the effect of different true protein:non-protein nitrogen ration in supplements on intake, digestibility, ruminal synthesis of microbial protein, nitrogenous compounds balance, and the transit and degradation dynamics of NDF. Five crossbred Holstein x Zebu steers, averaging 335 ± 35 kg of BW and fitted with rumen and abomasum cannulae, were used. The treatments were: control (only pasture), and supplements based on urea (U), 2/3 of nitrogenous compounds from urea and 1/3 of nitrogenous compounds from albumin, 1/3 of nitrogenous compounds from urea and 2/3 of nitrogenous compounds from albumin, and albumin (A). It were supplied 200 g/d of CP from supplements. The experiment was carried out according to a 5 x 5 Latin square design, with five 15-day experimental periods. There were no effects of supplementation on voluntary intake ($P>0.10$), except on CP intake, which was increased by supplementation ($P<0.10$). The replacement of urea by albumin in the supplements caused linear and cubic effects ($P<0.10$) on the CP and digested NDF intakes, respectively. Other diet components intakes were not affected by the supplement composition ($P>0.10$). Supplementation did not affect ($P>0.10$) the total digestibility coefficients or the diet content of TDN. Supplementation increased ($P<0.10$) ruminal apparent digestibility coefficient of CP, which moved from negative ($P < 0.10$) for the control treatment to positive, but not different from zero ($P > 0.10$), for treatments involving supplementation. The supplementation increased the rumen pH and RAN concentration ($P<0.10$). The NB was enhanced by supplementation ($P<0.10$). The replacement of urea by albumin caused a cubic effect on the BN ($P<0.10$), with the higher value obtained at 1/3 of supplemental CP as urea. The EFIM was not influenced ($P>0.10$) by supplementation or supplement composition. The supplementation increased the estimates of λ ($P<0.10$). The supplementation with ruminal degradable

nitrogenous compounds for grazing cattle during rainy season increases the efficiency of use of pasture mainly by improve the body nitrogenous compounds retention.

Introdução Geral

O Brasil tem se destacado por possuir o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, sendo essa produção calcada principalmente na utilização de pastagens, cujo recurso nutricional é de baixo custo e responsável pelo suprimento de grande parte das exigências de manutenção e produção de ruminantes nos trópicos. Entretanto, os índices de produtividade são baixos e a produção de carne por unidade de área é comprometida pela baixa qualidade e produção estacional dos pastos, sendo verificados períodos de ganhos e perda de peso.

As forragens tropicais apresentam elevado conteúdo da fibra em detergente neutro (FDN), a qual responde, com grande frequência, a mais de 60% da matéria seca total (MS) (Paulino et al., 2006), correspondendo à fonte energética de menor custo para produção bovina nos trópicos (Detmann et al., 2004).

A forma ou intensidade com que a FDN é utilizada no trato digestório do ruminante é influenciada diretamente pelos demais componentes dietéticos. Desta forma, a maior parte da variabilidade sobre a capacidade do alimento de fornecer energia para manutenção ou produção animal reside sobre como a FDN interage com os sistemas enzimáticos microbianos, responsáveis por sua degradação e utilização (Detmann et al., 2008).

Assim, sua elevada representatividade como fonte energética nos trópicos, associada à variabilidade natural e às interferências ou interações oriundas de outros componentes dietéticos direciona os nutricionistas ao fato: entender como explorar a FDN no sistema digestivo dos ruminantes implica otimizar os sistemas de produção animal nos trópicos (Detmann et al., 2008), o que torna preponderante o estudo de estratégias que otimizem a utilização da fibra para bovinos em pastejo.

Assim, uma vez que as gramíneas tropicais são fontes de energia de menor custo para bovinos, deve-se enfatizar maneiras para aumentar a produção e utilização da energia do pasto que pode ser convertida em produto animal.

Por outro lado, as regiões de clima tropical são caracterizadas pela distribuição desuniforme das chuvas, resultando em acentuada defasagem na oferta de forragem nas

pastagens durante os períodos de precipitação escassa (período seco); em contrapartida, o período das águas é caracterizado pela abundância de oferta de forragem. Desta forma, os fatores climáticos são responsáveis pela extensa variabilidade da composição química das gramíneas tropicais durante o ano, tendo como consequência alterações no desempenho dos animais manejados em pastagens.

As forragens tropicais sob pastejo durante o período das águas são caracterizadas como de média a alta qualidade, apresentando teores de proteína bruta (PB), geralmente superiores a 7%, com base na matéria seca (MS). Este nível de PB é considerado como mínimo limitante para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos substratos fibrosos da forragem basal (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009).

Contudo, durante o período das águas, embora as pastagens tropicais não sejam consideradas deficientes em PB, os ganhos de peso obtidos estão aquém do observado sob condições similares em regiões temperadas. Esta discrepância poderia ser, em parte, atribuída à alta degradação da PB do pasto, o que provocaria perda excessiva de compostos nitrogenados no ambiente ruminal na forma de amônia, gerando déficit protéico em relação às exigências para ganhos elevados (Poppi & McLennan, 1995).

Neste contexto, melhorias no desempenho animal seriam conseguidas por intermédio de fornecimento de fontes protéicas não-degradáveis no rúmen que ampliassem diretamente o suprimento de proteína metabolizável ao animal (Poppi & McLennan, 1995), ou por intermédio de fontes energéticas de rápida disponibilidade no rúmen, as quais otimizariam a assimilação microbiana do nitrogênio oriundo dos compostos nitrogenados de alta degradabilidade da forragem (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2005).

Desta forma, embora durante o período de chuvas, as principais deficiências nutricionais do pasto estejam também relacionadas à proteína, a melhoria da qualidade da forragem implicaria em alteração do enfoque nutricional dessas deficiências, passando de dietéticas durante o período da seca, para metabólicas, durante o período de chuvas. Neste contexto, as principais limitações para o crescimento microbiano ruminal residiriam sobre o fato de a forragem disponível ao pastejo permitir baixa assimilação do nitrogênio disponível em proteína microbiana no rúmen, em função da alta degradabilidade dos compostos nitrogenados ou menor velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos da forragem (Detmann et al., 2005).

Por outro lado, em função dos elevados níveis de compostos nitrogenados não-protéicos em gramíneas tropicais sob pastejo durante o período favorável a seu crescimento, respostas positivas poderiam ser obtidas com a suplementação com fontes protéicas verdadeiras degradáveis, as quais favoreceriam interações positivas entre espécies microbianas no ambiente ruminal (Detmann et al., 2005).

Assim, dentro do contexto acima apresentado, respostas positivas sobre o crescimento microbiano ruminal, sobre a utilização dos carboidratos fibrosos da forragem basal, sobre o consumo de forragem e sobre o desempenho animal seriam obtidas durante o período das chuvas a partir da suplementação energética ou com proteína verdadeira degradável no rúmen.

Desta forma, em termos teóricos, a suplementação com fontes de nitrogênio não-protéico não conduziriam a melhorias na utilização dos substratos fibrosos no ambiente ruminal, podendo, em alguns casos, gerar comprometimento sobre o desempenho animal.

Durante o período das chuvas, em função da baixa assimilação do nitrogênio em proteína microbiana e da alta digestibilidade dos componentes da forragem, excessos de compostos cetogênicos podem ser verificados no metabolismo animal (Leng, 1990; Detmann et al., 2005). Desta forma, sem adequado suprimento de proteína metabolizável, o excesso de compostos energéticos deve ser eliminado, ampliando a produção de calor corporal (Poppi & McLennan, 1995). Este quadro pode, em muitos casos, implicar redução no consumo pelos animais, mecanismo natural para adequação da taxa de liberação de calor corporal a níveis mais próximos ao conforto. Reduções no consumo podem conferir menores proporções de nutrientes disponíveis para saúde e produção animal.

Sob condições de alta degradabilidade da proteína basal, a suplementação com fontes não-protéicas incrementaria a síntese hepática de uréia. Assim, a energia necessária para a formação de uréia a partir do excesso de proteína decresceria a razão energia líquida/energia metabolizável, sendo direcionada à formação de calor corporal, (NRC, 1988), ampliando-se o quadro negativo descrito anteriormente.

Contudo, resultados recentes conduzidos em condições tropicais têm permitido evidenciar incrementos na produção animal durante o período das águas a partir da suplementação com fontes de compostos nitrogenados não-protéicos (Porto, 2005; Figueiredo et al., 2008), o que contraria os pressupostos teóricos apresentados anteriormente.

No entanto, embasamentos teóricos a este comportamento são ainda escassos na literatura pertinente à produção de bovinos a pasto nos trópicos.

A elevada porção de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro verificada em gramíneas tropicais, sendo considerados de lenta e incompleta degradação, poderia implicar carência de compostos nitrogenados aos microrganismos ruminais para máxima produção de proteína microbiana (Paulino et al., 2002). Tal pressuposto poderia justificar as respostas positivas com a suplementação com uréia durante os períodos de amplo crescimento forrageiro.

Em trabalhos conduzidos em ambiente *in vitro* utilizando-se forragens tropicais de alta qualidade, similares às observadas em pastagens durante o período das águas, verificou-se que a suplementação com proteína verdadeira causa efeitos deletérios sobre a utilização microbiana da FDN (Paez-Bernal, 2007; Costa et al., 2009; Zorzi et al., 2009), ao passo que a suplementação com uréia permite ampliação do crescimento microbiano sobre a FDN (Paez-Bernal, 2007; Zorzi et al., 2009).

Efeitos deletérios da proteína verdadeira sobre a utilização de carboidratos fibrosos de alta qualidade são comumente observados na literatura (Cone & Van Gelder, 1999; Oliveira et al., 2005), os quais seriam atribuídos: a interações negativas entre espécies microbianas fibrolíticas e não-fibrolíticas, denominadas de “efeito proteína”, o qual causaria inibição do crescimento de uma ou mais espécies em função da produção de compostos inibidores (bacteriocinas) por outras espécies; à maior competição por substratos essenciais devido à maior proliferação de bactérias não-fibrolíticas; ou à alteração da predominância no mecanismo de assimilação de nitrogênio pelos microrganismos ruminais (Wallace et al., 1997; White, 2000).

O nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) é utilizado como precursor nitrogenado preferencial para o crescimento de microrganismos fibrolíticos (Russell, 2002). Sob condições de baixa concentração de NAR, os microrganismos devem utilizar com maior intensidade o mecanismo de assimilação baseado no sistema glutamina sintetase, o qual demanda ATP (White, 2000), reduzindo a disponibilidade deste para o crescimento microbiano. Por outro lado, em condições favoráveis de concentração de NAR, poderia haver predomínio do mecanismo de assimilação via glutamato desidrogenase (White, 2000), o qual ocorre sem gasto de ATP.

Sob condições similares de equivalentes protéicos suplementares, a uréia mostra-se mais eficiente em implementar níveis de NAR (Zorzi, 2008), o que poderia influenciar diretamente o crescimento microbiano sobre a FDN. Contudo, informações

sobre a influência de suplementos nitrogenados sobre a utilização da FDN de forragens tropicais sob pastejo *in vivo* são escassas na literatura.

Recomendações observadas na literatura indicam, com frequência, níveis de NAR variando, em média, de 4 a 7 mg/dL de líquido ruminal (Satter & Slyter, 1974; Hoover, 1986; NRC, 1988; Sampaio et al., 2009) como limítrofes para o crescimento microbiano eficiente sobre a matéria orgânica ou carboidratos no ambiente ruminal. Contudo, em recente trabalho conduzido em condições tropicais, verificou-se que concentrações de 15 mg/dL são necessários para que o processo produtivo de bovinos possa ser otimizado (Detmann et al., 2009).

Por outro lado, a atividade microbiana ruminal, notadamente sobre os compostos fibrosos, é dependente não apenas do nível de nitrogênio presente no meio, mas também na forma com que este se encontra disponível. As bactérias que degradam carboidratos não-fibrosos (CNF) utilizam dois terços de seus substratos nitrogenados na forma de peptídeos e um terço na forma de amônia, potencialmente produzida a partir da uréia. Por sua vez, bactérias que degradam carboidratos fibrosos utilizam preferencialmente amônia como única fonte de substrato nitrogenado para crescimento (Russell et al., 1992). Assim, considerando a co-existência de ambos os grupos de microrganismos, poderia ser definido, via suplementação, perfil ideal para o crescimento microbiano global no rúmen a partir do fornecimento de mistura de compostos nitrogenados protéicos e não-protéicos.

Neste contexto, recentes estudos conduzidos *in vitro* sob condições tropicais utilizando-se forragens tropicais de alta ou baixa qualidade, suplementadas com diferentes formas químicas de compostos nitrogenados (protéicos e não-protéicos em diferentes relações), têm evidenciado alterações no perfil de utilização da fibra em detergente neutro da forragem basal. Resultados otimizados no tocante à utilização da FDN têm sido obtidos com o fornecimento de dois terços da PB suplementar na forma de nitrogênio não-protéico e um terço como proteína verdadeira degradável (Paez-Bernal, 2007; Zorzi, 2008). Contudo, resultados *in vivo* não foram observados na literatura em condições tropicais.

Por outro lado a suplementação conjunta de proteína com carboidratos pode também implementar o crescimento dos microrganismos uma vez que, as gramíneas tropicais na época das águas possuem baixos teores de carboidratos não-fibrosos, sendo os carboidratos disponíveis, apesar de baixo custo, de lenta degradação, e a proteína da forragem altamente degradável, proporcionando assim, desbalanço metabólico, e

conseqüentemente limitação no desempenho animal (Santos et al., 2007). Desta forma, a suplementação com carboidratos não-fibrosos pode proporcionar a energia requerida pelos microrganismos para assimilar os compostos nitrogenados liberados pela degradação da proteína, mas também pode reduzir a degradação ruminal da fibra (El-Shazly et al., 1961; Mertens & Loften, 1980; Mould et al., 1983).

Reduções na degradação ruminal da fibra, em função da adição de CNF prontamente degradáveis à dieta são atribuídas a dois efeitos distintos, denominados efeito pH e efeito concentrado ou efeito carboidrato (Mould et al., 1983; Arroquy et al., 2005).

No caso do efeito pH, reduções significativas no pH ruminal podem ser responsáveis pela inibição parcial da degradação fibrosa por comprometerem a condição ideal de meio para o crescimento dos microrganismos fibrolíticos (Mould et al., 1983; Hoover, 1986; Van Soest, 1994). No caso de animais suplementados a pasto, são muitas as pesquisas (Detmann et al., 2001; 2005; Moraes et al., 2006) em que se verificou que mesmo altos níveis de suplementação não ocasionam queda de pH abaixo dos limites propícios para a atividade celulolítica. A ausência de queda no pH ruminal em animais em pastejo que recebem suplementos ricos em amido parece ser reflexo da alta efetividade física de fibras longas características de forragens sob pastejo, as quais atuam de forma intensa na estimulação do tamponamento ruminal via atividade mastigatória e liberação de saliva.

Por sua vez, ao efeito concentrado ou efeito carboidrato são atribuídos como causas as competições por nutrientes essenciais entre microrganismos fibrolíticos e aqueles que degradam CNF (Mould et al., 1983), as quais se pronunciam em meios deficientes em compostos nitrogenados (El-Shazly et al., 1961).

Essa competição conduziria à preferência inicial pela utilização do amido como substrato energético no ambiente ruminal como um todo (El-Shazly et al., 1961), com a transformação gradativa dos carboidratos fibrosos em substratos energéticos predominantes à medida que se reduz a disponibilidade de amido (El-Sahzly et al., 1961; Mertens & Loften, 1980; Arroquy et al., 2005), podendo envolver, concomitantemente, mecanismos de regulação catabólica (Russell & Baldwin, 1978). Por outro lado, alguns autores têm reportado a inibição da atividade de enzimas fibrolíticas em função da presença de amido no meio (Piwonka & Firkins, 1993), fato que parece estar associado à liberação de compostos inibidores pelos microrganismos

que degradam amido (El-Shazly et al., 1961), os quais parecem ser de natureza protéica (bacteriocinas) (Piwonka & Finkins, 1993; Kalmokoff et al., 1996).

No entanto, de forma recente, tem-se estabelecido que o efeito carboidrato pode se comportar de forma diferenciada em função da origem química dos carboidratos presentes no suplemento (Arroquy et al., 2005; Costa et al., 2009).

Neste contexto, a suplementação conjunta com proteína verdadeira e carboidratos não-fibrosos parece reduzir o efeito proteína (Paez-Bernal, 2007).

Esse comportamento parece refletir esquema de regulação cruzada dos efeitos deletérios entre proteína verdadeira e carboidratos. A produção de bacteriocinas no meio de fermentação é reduzida devido à ampliação da disponibilidade de glicose (Aasen et al., 2000), indicando a possibilidade de haver mecanismo de regulação catabólica por intermédio da elevação na disponibilidade de carboidratos no meio (Mantovani & Russell, 2003). Por outro lado, a elevação na disponibilidade de nitrogênio amoniacal ruminal propiciada pela suplementação com proteína pode indicar redução do efeito carboidrato, no sentido de se reduzirem as competições por substratos essenciais entre espécies fibrolíticas e não-fibrolíticas (Paez-Bernal, 2007).

Contudo, relações casuísticas efetivas não foram encontradas na literatura consultada, relevando-se a necessidade de estudos que procurem ampliar o entendimento entre a suplementação com diferentes formas químicas de compostos nitrogenados (protéicos e não-protéicos em diferentes relações) e de carboidratos sobre a utilização dos carboidratos fibrosos de gramíneas tropicais de alta qualidade *in vivo*. Tais informações poderiam auxiliar no delineamento, com maior exatidão, de estratégias de suplementação para a otimização do uso de substratos basais de menor custo (pasto).

Desta forma, objetivou-se investigar os efeitos de diferentes formas químicas protéicas e energéticas suplementares para bovinos mantidos sob pastejo de gramíneas tropicais de alta qualidade sobre o consumo, a digestibilidade, a síntese de proteína microbiana e sobre as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal dos carboidratos fibrosos.

Referências Bibliográficas

- AASEN, I.M.; MØRETRØ, T.; KATLA, T.; AXELSSON, L.; STORRØ, I. Influence of complex nutrients, temperature and pH on bacteriocin production by *Lactobacillus sakei* CCUG 42687. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.53, p.159-166, 2000.
- ARROQUY, J.I.; COCHRAN, R.C.; NAGARAJA, T.G.; TITGEMEYER, E.C.; JOHNSON, D.E. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.93-106, 2005.
- CONE, J.W.; Van GELDER, A.H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, v.76, p.251-264, 1999.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E. VALADARES FILHO, S.C.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES L.T. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.
- DETMANN, E. PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; GONÇALVES, L.C.; CABRAL, L.S; MELO, A.J.N. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiço em pastejo durante época seca : desempenho produtivo e característica de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.169-180, 2004.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using *Michaelis-Menten* kinetics. **Livestock Science**, v.126, p.136-146, 2009.

- EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- FIGUEIREDO, D.M.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; MORAES, E.H.B.K.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2222-2232, 2008.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2755-2766, 1986.
- KALMOKOFF, M.L.; BARTLETT, F.; TEATHER, R.M. Are ruminal bacteria armed with bacteriocins? **Journal of Animal Science**, v.79, p.2297-2306, 1996.
- LAZZARINI, I., DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.635-647, 2009.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- MANTOVANI, H.C.; RUSSELL, J.B. Factors affecting the antibacterial activity of the ruminal bacterium *Streptococcus bovis* HC5. **Current Microbiology**, v.46, p.18-23, 2003.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; ANDREATA, K. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2135-2143, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC: Academic Press, 1988. 158p.
- OLIVEIRA, A.L.F.; CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. Efeito da fermentação de proteínas na cinética de produção de gases *in vitro*. In: ZOOTEC'2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Zootecnistas, 2005 (CD-ROM).
- PAEZ-BERNAL, D.M. **Dinâmica de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de capim-braquiária em função de suplementação com diferentes fontes de compostos nitrogenados e carboidratos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007, 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In:

- SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2002. p.153-196.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2006. p.359-392.
- PIWONKA, E.J.; FIRKINS, J. L. Effect of glucose fermentation on fiber digestion by ruminal microorganisms *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.2196-2206, 1993.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- PORTO, M.O. **Suplementos múltiplos para recria e terminação de bovinos em pastejo durante o período das águas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005, 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- RUSSELL, J.B.; BALDWIN, R.L. Substrate preferences in rumen bacteria: evidence of catabolite regulatory mechanisms. **Applied and Environmental Microbiology**, v.36, p.319-329, 1978.
- RUSSELL, J.B.; O' CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; Van SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- RUSSELL, J.B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca: James B. Russell, 2002. 119p.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, A.D.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.560-569, 2009.
- SANTOS, F.A.P.; COREIA, P.S.; COSA, D.F.A. Sistemas intensivos de recria de bovinos com suplementação em pastagens e terminação em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 6, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p.163-181.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WALLACE, R.J.; ONODERA, R.; COTTA, M.A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: HOBSON, R.J.; STEWART, C.S. (Eds.) **The rumen microbial ecosystem**. 2 ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p.283-328.
- WHITE, D. **The physiology and biochemistry of prokaryotes**. 2 ed. New York: Oxford University Press, 1995. 565p.
- ZORZI, K. **Dinâmica de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de capim-braquiária em função de suplementação com diferentes níveis e fontes de compostos nitrogenados**. Viçosa, 2008, 39p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

ZORZI, K.; DETMANN, E.;QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.;MANTOVANI, H.C.; BAYÃO, G.F. *In vitro* degradation of neutral detergent fiber of high-quality tropical forage according to supplementation with different nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.964-971, 2009.

Capítulo 1

Consumo, Digestibilidade e Dinâmica Ruminal da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos em Pastejo Durante o Período das Águas Suplementados com Diferentes Fontes de Compostos Nitrogenados e de Carboidratos

Introdução

O elevado teor de fibra em detergente neutro (FDN) nas forragens tropicais a coloca como fonte primordial de energia para produção de ruminantes em pastejo nos trópicos. Associações entre a variabilidade natural quanto à sua disponibilidade e as interferências ou interações oriundas de outros componentes dietéticos direciona os nutricionistas ao fato: entender como explorar a FDN no sistema digestivo dos ruminantes implica otimização dos sistemas de produção animal nos trópicos (Detmann et al., 2008), o que torna preponderante o estudo de estratégias que otimizem a utilização dos pastos tropicais pelos bovinos.

Desta forma, sendo as gramíneas tropicais caracterizadas como fontes de energia de menor custo para bovinos, deve-se enfatizar maneiras para aumentar a produção e utilização da energia oriunda do pasto que pode ser convertida em produto animal.

As forragens tropicais sob pastejo durante o período das águas são caracterizadas como de média a alta qualidade, apresentando teores de proteína bruta (PB) geralmente superiores a 7%, com base na matéria seca (MS). Este nível protéico é considerado como mínimo limitante para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos substratos fibrosos da forragem basal (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009).

Contudo, embora os pastos tropicais na época das águas não sejam considerados deficientes em proteína, elevada proporção dos compostos nitrogenados totais do pasto pode ser encontrada na forma insolúvel em detergente neutro (Paulino et al., 2002), considerada de lenta e incompleta degradação (Sniffen et al., 1992), podendo implicar carência de compostos nitrogenados aos microrganismos ruminais.

Em algumas argumentações teóricas relacionadas à nutrição de bovinos em pastejo se afirma que a suplementação com compostos nitrogenados prontamente degradáveis no rúmen durante o período de franco crescimento forrageiro não seria capaz de incrementar, ou seria deletéria à produção animal, notadamente em função de ampliação do metabolismo hepático de nitrogênio, ampliação do incremento calórico e redução do consumo voluntário de forragem (Poppi & McLennan, 1995; Paulino et al., 2006a; 2008). Contudo, resultados obtidos em condições tropicais têm permitido evidenciar que a suplementação protéica (Paulino et al., 2006b; Figueiredo et al., 2008), incluindo-se o uso de uréia como principal composto nitrogenado dos suplementos (Porto, 2005), tem incrementado o desempenho animal durante o período das águas.

Por outro lado a inclusão de carboidratos não-fibrosos (CNF) em suplementos ofertados a bovinos durante o período das águas tem sido sugerida no sentido de permitir melhor assimilação dos compostos nitrogenados de rápida degradação no ambiente ruminal (Detmann et al., 2005a).

Contudo, reduções na degradação ruminal da fibra em função da suplementação com CNF prontamente degradáveis foram relatadas, as quais parecem estar associadas à ocorrência do efeito carboidrato (Arroquy et al., 2005), causado por ampliação na competição por nutrientes essenciais entre microrganismos fibrolíticos e aqueles que degradam CNF (Mould et al., 1983; Carvalho, 2009), a qual se pronuncia em meios deficientes em compostos nitrogenados (El-Shazly et al., 1961) e pode incorrer em redução na utilização da forragem basal.

No entanto, de forma recente, tem-se estabelecido que o efeito carboidrato pode se comportar de forma diferenciada em função da origem química dos carboidratos presentes no suplemento (Arroquy et al., 2005; Costa et al., 2009a).

Contudo, releva-se a escassez atual de estudos nos quais se investigam a interação entre diferentes formas químicas de compostos nitrogenados (protéicos e não-protéicos) e de carboidratos (fibrosos e não-fibrosos) sobre a utilização de pastos de gramíneas tropicais de alta qualidade, como aqueles observados durante o período das águas.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes formas químicas de compostos nitrogenados (protéicos e não-protéicos) e de carboidratos (amiláceos e fibra solúvel) em suplementos para bovinos mantidos sob pastejo de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) durante o período das águas sobre o consumo, a

digestibilidade, a síntese de proteína microbiana, o balanço nitrogenado e sobre as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal da fibra em detergente neutro da forragem.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG, entre dezembro de 2006 e março de 2007 (período das águas). Os dados climáticos relativos ao período de realização do experimento são mostrados na Figura 1.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, castrados, com peso vivo (PV) inicial de 211 ± 35 kg e fistulados no rúmen e no abomaso.

A área experimental foi composta por cinco piquetes de capim-braquiária, com 0,34 ha cada, contendo bebedouro e comedouro coberto, sendo cada animal manejado em um piquete. Paralelamente aos piquetes, situava-se o curral de manejo, no qual foram realizadas as coletas nos animais (fezes, conteúdo ruminal, etc). Todos os animais tiveram acesso irrestrito a água e mistura mineral completa (9% de fósforo).

Foram avaliados os seguintes tratamentos: controle (somente mistura mineral); milho + farelo de soja (MFS); milho + uréia (MU); polpa cítrica + farelo de soja (PFS); e polpa cítrica + uréia (PU) (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição dos suplementos (%) com base na matéria natural

Item	Suplemento ¹			
	MFS	MU	PFS	PU
Milho Grão	50,4	91,2	---	---
Polpa Cítrica	---	---	48,3	90,7
Farelo de Soja	47,6	---	49,7	---
Uréia:SA	---	6,8	---	7,3
Mistura Mineral	2,0	2,0	2,0	2,0

¹ MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia.

Os suplementos foram fornecidos na quantidade de 3 g/kg PV diariamente às 12h00. Os mesmos foram balanceados para apresentarem o nível de 30% de PB, com base na MS. Os níveis de suplementação e de PB dos suplementos foram definidos de forma a fornecer aproximadamente 30% das exigências de PB de um novilho zebuino, castrado, com 250 kg de PV e ganho médio diário de 1 kg, segundo recomendações de Valadares Filho et al. (2006). Ressalta-se que, nos casos em que o suplemento não foi

consumido em até duas horas após o fornecimento, a quantidade não consumida era introduzida diretamente no rúmen dos animais.

As fontes alimentares utilizadas na formulação dos suplementos foram escolhidas de forma a contrastarem-se carboidratos de origem amilácea (milho grão) e fibrosa solúvel (polpa cítrica) e fontes de compostos nitrogenados de origem protéica (farelo de soja) e não-protéica (uréia:sulfato de amônio, 9:1).

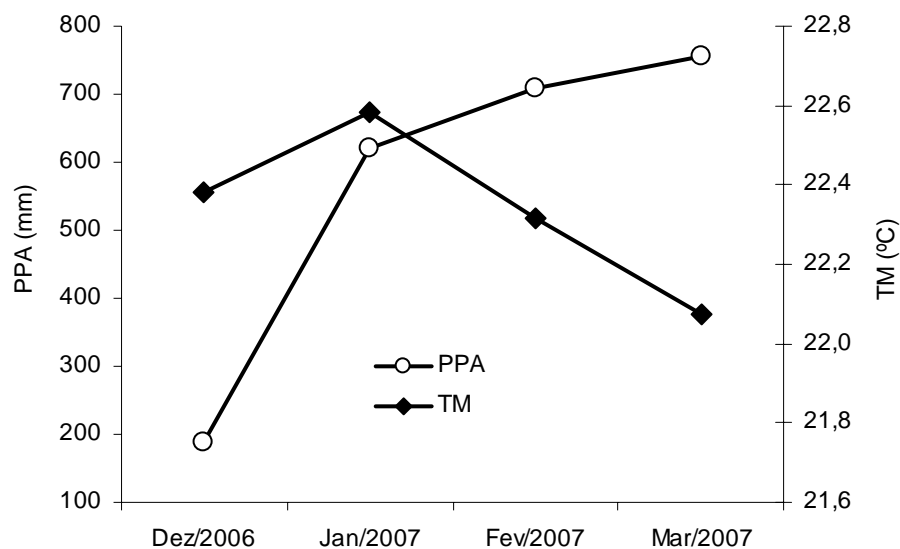


Figura 1 - Precipitação pluviométrica acumulada (PPA) e temperatura média (TM) em função dos meses de realização do experimento (Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola-UFV).

O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5, em cinco períodos experimentais com 15 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais à suplementação.

No primeiro dia de cada período experimental quantificou-se a massa de forragem disponível em cada piquete por intermédio do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado de dimensões 0,5 x 0,5 m, selecionadas ao acaso em cada piquete. As amostras, depois de pesadas, foram avaliadas quanto ao teor de MS (Silva & Queiroz, 2002). A disponibilidade de forragem em função dos períodos experimentais está demonstrada na Figura 2.

A avaliação do pasto ingerido pelos animais foi realizada no primeiro, quinto e décimo dias de cada período experimental por intermédio de simulação manual de pastejo. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C), processadas em

moinho de facas (1 e 2 mm) e posteriormente compostas, como base no peso seco ao ar, por piquete e período experimental.

Para estimação da excreção fecal utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi fornecido na quantidade de 20 g/dia a cada animal, às 12h00, por intermédio da fistula ruminal, entre o primeiro e oitavo dias de cada período experimental. As coletas fecais foram realizadas de acordo com o cronograma: 6º dia - 8h00 e 14h00; 7º dia - 10h00 e 16h00 e 8º dia - 12h00 e 18h00. Simultaneamente à coleta fecal foram tomadas amostras de digesta abomasal. As amostras de fezes e digesta abomasal foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Posteriormente, elaboraram-se amostras compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

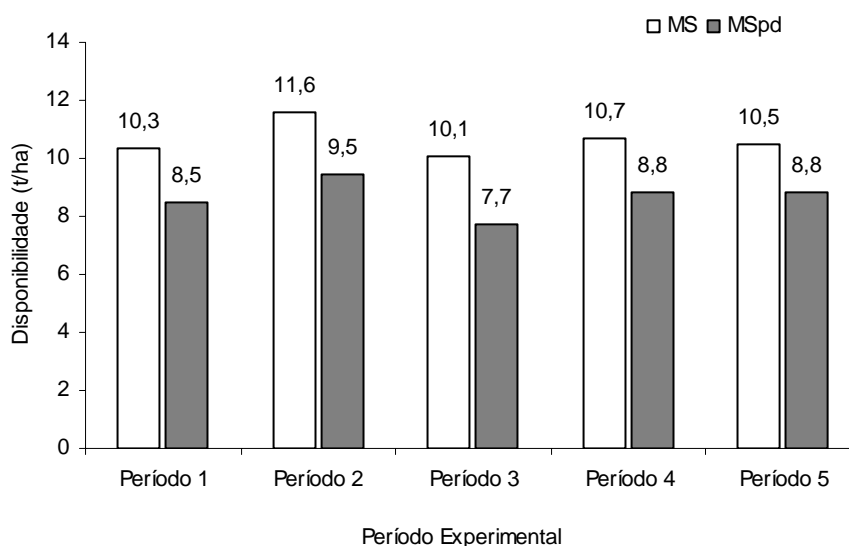


Figura 2 - Disponibilidade média de matéria seca (MS) e matéria seca potencialmente digestível (MSpd) na pastagem em função dos períodos experimentais.

Para avaliação do pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foram realizadas, no nono dia do período experimental, coletas de líquido ruminal às 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por uma camada tripla de gaze e submetidas à avaliação do pH por intermédio de potenciômetro digital. Em seguida, separou-se alíquota de 40 mL, a qual foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise.

Amostras de líquido ruminal obtidas no nono dia do período experimental, no horário de 12h00 (imediatamente antes do fornecimento dos suplementos) foram destinadas à avaliação *in vitro* da atividade específica de produção de amônia (AEPA) (taxa de desaminação). Estas amostras foram imediatamente conduzidas ao Laboratório de Microbiologia de Anaeróbios (DMB-UFV) e analisadas conforme procedimento descrito posteriormente.

No nono dia de cada período experimental foi realizada coleta de conteúdo ruminal para isolamento de microrganismos ruminais. As amostras foram tomadas imediatamente antes e seis horas após o fornecimento do suplemento (12h00 e 18h00), conforme técnica descrita por Cecava et al. (1990).

Do décimo ao décimo quinto dia do período experimental foi realizado procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, o qual foi baseado no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose pulso (Ellis et al., 1994), sendo empregado como indicador o cromo mordente à fibra, produzido conforme descrição de Udén et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras de pasto obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental. Para simulação da atividade inicial de mastigação pelo animal, as amostras foram submetidas a um processo de moagem tripla em moinho de facas, sem peneira, segundo sugestões de Detmann et al. (2005b).

Foram fornecidos, para cada animal, 100 g de fibra mordente, diretamente no rúmen, às 8h00 do décimo dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em: 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 e 120 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm).

Simultaneamente a esta avaliação, foi conduzido procedimento de incubação *in situ* para quantificação dos eventos da dinâmica de degradação ruminal da FDN.

Amostras de pasto obtidas via simulação manual de pastejo (primeiro dia de cada período experimental), após secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (2 mm), foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT, 100 g/m²) (Casali et al., 2008), com dimensões 4 x 5 cm, na proporção de 25 mg MS/cm² de superfície. As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo de incubação no rúmen dos animais. Empregaram-se os seguintes tempos de incubação: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas.

Os sacos foram dispostos em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos sob ventilação forçada (60°C).

No décimo quinto dia foram realizadas coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais, aproximadamente duas horas antes (10h00) e quatro horas após (16h00) o fornecimento dos suplementos. As amostras foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 mL foi separada e diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) (Valadares et al., 1999), a qual destinou-se à quantificação das concentrações urinárias de creatinina, nitrogênio total e uréia. Simultaneamente à amostragem urinária foram coletadas amostras de sangue diretamente da veia jugular utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance). O sangue foi imediatamente centrifugado a 2700 x g por 15 minutos para obtenção do soro, sendo armazenado (-20°C) para posterior avaliação do nível sérico de uréia.

As amostras de pasto obtidas via simulação manual, suplementos, digesta abomasal e fezes foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H₂SO₄ 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002). As correções no tocante aos teores de cinzas e proteína contidos na FDN e na FDA foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente.

Os teores de CNF foram obtidos segundo Hall (2000):

$$CNF = MO - [EE + FDN_{cp} + (PB - PBu + U)] \quad (1);$$

em que: CNF = teor de carboidratos não-fibrosos (%); MO = teor de matéria orgânica (%); EE = teor de extrato etéreo (%); FDN_{cp} = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (%); PB = teor de proteína bruta (%); PBu = teor de proteína bruta a partir da uréia (%); U = teor de uréia (%).

A composição química dos suplementos e do pasto é apresentada na Tabela 2.

As amostras fecais referentes à avaliação de consumo foram avaliadas por colorimetria quanto ao ser teor de dióxido de titânio segundo método descrito por Titgemeyer et al. (2001).

A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação:

$$EF = \frac{D}{CF} \quad (2);$$

em que: EF = excreção fecal (g/dia); D = dose diária de dióxido de titânio (g/dia); e CF = concentração fecal de dióxido de titânio (g/g).

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), FDA corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina e FDN indigestível (FDNi) no pasto e nos suplementos

Item	Suplementos ⁴				Pasto ⁵
	MFS	MU	PFS	PU	
MS ¹	93,81	94,28	92,45	91,61	24,51±2,47
MO ²	94,97	97,50	92,81	94,00	90,71±0,15
PB ²	29,52	29,94	31,54	28,29	9,93±0,29
EE ²	1,74	2,18	2,27	2,77	1,15±0,06
FDN ²	15,94	14,94	18,73	21,10	71,65±0,59
FDNcp ²	13,26	10,68	13,31	17,38	64,58±0,46
PIDN ³	7,01	13,26	18,56	15,09	46,56±2,49
CNF ²	50,41	66,47	45,69	56,46	15,05±0,35
FDA ²	---	---	---	---	41,15±0,90
FDAcp ²	---	---	---	---	38,87±0,99
PIDA ³	---	---	---	---	25,84±1,83
Lignina ²	---	---	---	---	4,49±0,23
FDNi ²	1,96	1,46	2,57	3,71	17,28±0,54

¹ % da matéria natural. ² % da MS. ³ % da PB. ⁴ C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia. ⁵ Média ± erro-padrão da média (amostras obtidas por simulação manual de pastejo).

As estimativas de consumo voluntário foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno, quantificadas por procedimento de incubação *in situ* por 240 horas, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

O consumo foi estimado segundo recomendações de Detmann et al. (2001a):

$$CMS = \frac{[(EF \times CIFz) - (CMSSup \times CISup)]}{CIFor} + CMSSup \quad (3);$$

em que: CMS = consumo de MS (g/dia); EF = excreção fecal (g/dia); CIFz = concentração de FDNi nas fezes (g/g); CMSSup = consumo de MS de suplemento (g/dia); CISup = concentração de FDNi no suplemento (g/g); e CIFor = concentração de FDNi na forragem (g/g).

As estimativas de fluxo abomasal de MS foram obtidas pela relação entre consumo e concentração abomasal de FDNi.

As amostras de pasto relativas à disponibilidade total de forragem foram analisadas quanto aos teores de FDN (Mertens, 2002) e FDNi (Casali et al., 2008) objetivando-se a avaliação do percentual de MS potencialmente digestível (MSpd) da forragem (Figura 2), segundo Paulino et al. (2008):

$$MSpd = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi) \quad (4);$$

em que: MSpd = teor de MS potencialmente digestível na forragem (% da MS); e FDN e FDNi = teores de FDN e FDNi na forragem, respectivamente (% da MS).

A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi quantificada de acordo com a técnica colorimétrica proposta por Chaney & Marbach (1962). As concentrações obtidas nos diferentes tempos de amostragem foram combinadas por animal e período experimental, produzindo-se, ao final, valor único, representativo da média diária de concentração de NAR. Combinação similar foi conduzida sobre os valores de pH ruminal.

As amostras de líquido ruminal destinadas à avaliação *in vitro* da AEPA foram mantidas em repouso por 30 minutos a 39°C para decantação e separação das partículas alimentares. O líquido foi centrifugado a 3000 x g por 5 min, objetivando a separação das células, descartando-se o sobrenadante. O *pellet* foi re-suspensão no mesmo volume em meio de cultura livre de nitrogênio. Foram transferidos 4,5 mL da suspensão de células para tubos de incubação, que foram preenchidos com CO₂ e vedados com rolhas de borracha. No tempo “zero”, 0,5 mL de solução anaeróbica de *Trypticase* (BBL Microbiology Systems, Cockeysville, MD) foi adicionado aos tubos (15 g/L de solução final), sendo esses incubados a 39°C por 6 horas. O meio foi coletado (1,5 mL) imediatamente antes e após a incubação e armazenados a -15°C para posterior avaliação da concentração de nitrogênio amoniacal (NA) pela técnica colorimétrica proposta por Chaney & Marbach (1962). A concentração de proteína bacteriana foi quantificada pela técnica colorimétrica descrita por Bradford et al. (1976). A AEPA (mmol NA/mg proteína microbiana/min) foi quantificada utilizando-se a equação:

$$AEPA = \frac{\Delta NA \times 1.000.000}{PM} \quad (5);$$

em que: ΔNA = diferencial entre a concentração final e inicial de nitrogênio amoniacal (mM); PM = razão entre a concentração inicial de proteína microbiana e o tempo de incubação em minutos.

As amostras de microrganismos ruminais foram avaliadas quanto aos teores de PB (Silva & Queiroz, 2002) e bases púricas (Ushida et al., 1985). A produção ruminal

de compostos nitrogenados microbianos foi quantificada por intermédio do produto entre concentração na digesta abomasal e fluxo diário de MS abomasal. As bases púricas foram utilizadas como indicadores para avaliação da concentração microbiana na digesta abomasal, tomado-se como base a relação $N_{\text{RNA}}:N_{\text{total}}$ nos microrganismos ruminais.

As amostras de soro, após descongelamento, foram analisadas quanto aos teores de uréia, segundo método enzimático-colorimétrico (Bioclin® K047).

As amostras de urina, após descongeladas, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de uréia, como descrito anteriormente, creatinina, segundo o método de Jaffé modificado (Bioclin® K016-1), e nitrogênio total, segundo método de Kjeldhal (Silva & Queiroz, 2002).

O volume urinário total foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina e sua excreção por unidade de PV, segundo equação descrita por Chizzotti et al. (2006):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (6);$$

em que: EC = excreção diária de creatinina (mg/kg PV); e PV = peso vivo (kg).

As amostras de fezes relativas aos procedimentos para quantificação dos parâmetros da cinética de trânsito foram analisadas quanto aos teores de MS (Silva & Queiroz, 2002) e cromo (Williams et al., 1962).

Os parâmetros da cinética de trânsito foram estimados por intermédio do ajustamento à curva de excreção fecal do indicador do modelo $\Gamma(2)$ tempo-dependente descrito por Ellis et al. (1994):

$$C_t = Z \times (t - \tau) \times \gamma \times \exp[-\gamma \times (t - \tau)] \quad (7);$$

em que: C_t = concentração fecal do indicador no tempo “t” (ppm); t = tempo após o fornecimento do indicador (h); γ = parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (h^{-1}); Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm \times h); e τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes ou tempo de trânsito intestinal (h).

Os tempos médios de retenção no rúmen-retículo e no trato gastrointestinal total foram estimados segundo Ellis et al. (1994):

$$TMRR = \frac{2}{\gamma} \quad (8);$$

$$TMRT = TMRR + \tau \quad (9);$$

em que: TMRR = tempo médio de retenção no rúmen-retículo (h); TMRT = tempo médio de retenção total (h); e γ e τ como definidos anteriormente.

Os resíduos de degradação ruminal foram analisados quanto ao teor de FDN em aparelho analisador de fibras (Ankom²⁰⁰®). Os perfis de degradação da FDN foram interpretados por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) + I \quad (10);$$

em que: R_t = resíduo não-degradado de FDN no tempo t (%); B = fração potencialmente degradável (%); I = fração indegradável (%); e λ = taxa fracional conjunta de latência e degradação (h^{-1}).

As estimativas de latência discreta foram obtidas segundo derivações de Vieira et al. (1997):

$$LAG = \frac{R(0) - R(t_i)}{R'(t_i)} + t_i \quad (11);$$

em que: LAG = latência discreta (h); $R(0)$ = resíduo de FDN não-degradado em $t = 0$ (%); $R(t_i)$ = resíduo não-degradado de FDN obtido no ponto de inflexão da curva de degradação (%); $R'(t_i)$ = derivada da curva ajustada de degradação para o ponto de inflexão (máxima taxa de degradação do substrato) (h^{-1}); e t_i = tempo equivalente ao ponto de inflexão da curva de degradação (h).

Os valores de t_i foram obtidos por (Van Milgen et al., 1991):

$$t_i = \frac{1}{\lambda} \quad (12).$$

As frações B e I foram expressas na forma padronizada, segundo sugestões de Waldo et al. (1972).

$$Bp = \frac{B}{B + I} \quad (13);$$

$$Ip = \frac{I}{B + I} \quad (14).$$

A fração efetivamente degradada da FDN foi obtida em adaptação às sugestões de Ørskov & McDonald (1979), segundo a equação:

$$FED = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [f(t) \times (-\frac{dRt}{dt})] dt \quad (15);$$

em que: FED = fração efetivamente degradada da FDN (%); $f(t)$ = função relativa ao deslocamento de sólidos no ambiente ruminal.

A função $f(t)$ foi obtida por re-parametrização de (7), reinterpretando-se o perfil excretório obtido de partículas emergentes para partículas residentes (Ellis et al., 1994):

$$f(t) = (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t) \quad (16).$$

As estimativas do efeito de repleção ruminal da FDN foram obtidas por adaptações às proposições de Waldo et al. (1972), segundo as equações:

$$RRpd = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Bp \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) \times (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t)] dt \quad (17);$$

$$RRi = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Ip \times (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t)] dt \quad (18);$$

$$RRt = RRpd + RRi \quad (19);$$

em que: RRt = efeito de repleção ruminal total da FDN (h); RRpd = efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (h); e RRi = efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (h).

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5 com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais, em esquema fatorial 2 x 2 + 1 (duas fontes de compostos nitrogenados, duas fontes de carboidratos, adicionando-se tratamento controle).

A soma de quadrados de tratamentos foi decomposta por intermédio de contrastes ortogonais segundo o esquema experimental descrito anteriormente (Tabela 3).

Os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do programa SAS (*Statistical Analysis System*), adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Para os ajustamentos não-lineares relativos às equações (7) e (10) utilizou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton implementado no PROC NLIN do SAS. A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da distribuição de χ^2 segundo o teste de identidade de modelos não-lineares proposto por Regazzi (2003). Neste caso, três hipóteses foram avaliadas: diferença global entre tratamentos; diferença entre o tratamento adicional (controle) e os tratamentos que envolveram suplementação, e diferença global entre tratamentos que envolveram suplementação.

Para a cinética de trânsito, os testes supracitados foram aplicados somente aos parâmetros γ e τ , uma vez que o parâmetro Z não apresenta sentido biológico (Equação 7). Para a cinética de degradação avaliou-se somente o parâmetro λ (Equação 10), sob o

pressuposto de as frações potencialmente degradável e indegradável constituírem características exclusivas do substrato (Detmann et al., 2008). As estimativas dos demais parâmetros, por serem derivados dos parâmetros acima listados, foram avaliadas descritivamente.

Tabela 3 - Distribuição dos coeficientes empregados nos contrastes

Contraste ²	Tratamentos ¹				
	C	MFS	MU	PFS	PU
CxS	+4	-1	-1	-1	-1
CH	0	+1	+1	-1	-1
CN	0	+1	-1	+1	-1
INT	0	+1	-1	-1	+1

¹ C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia ² C x S = controle versus suplementos; CH = contraste entre as fontes de carboidratos; CN = contraste entre fontes de compostos nitrogenados; INT = interação entre fontes de carboidratos e de compostos nitrogenados.

Para os procedimentos não-lineares adotou-se 0,10 como nível crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

Um dos animais apresentou problemas não relacionados aos tratamentos experimentais durante a segunda metade do quinto período experimental, havendo assim a perda de informações no tocante às variáveis associadas à produção microbiana, metabolismo dos compostos nitrogenados e à dinâmica de trânsito e degradação da FDN.

Resultados

Para nenhuma das variáveis avaliadas neste estudo foi verificado efeito de interação entre as fontes de carboidratos e de compostos nitrogenados ($P > 0,10$). Assim, os efeitos destas variáveis independentes foram apresentados e discutidos isoladamente.

Não foram observados efeitos das diferentes fontes de carboidratos e compostos nitrogenados sobre as estimativas de consumo voluntário ($P > 0,10$), com exceção do consumo de FDNi, que foi inferior ($P < 0,10$) com a suplementação com polpa cítrica em comparação ao milho (kg/dia e g/kg PV) e inferior ($P < 0,10$) com a suplementação com uréia em relação ao farelo de soja (g/kg PV) (Tabela 4).

A suplementação não afetou ($P > 0,10$) o consumo de MS e MO; contudo, observou-se redução ($P < 0,10$) dos consumos de MS e MO de pasto com o fornecimento

de suplementos em ambas as unidades avaliadas (Tabela 4). O efeito substitutivo médio para o consumo de MS de pasto foi 2,11 g MS de pasto/g MS de suplemento.

Como reflexo da redução no consumo de pasto, a suplementação implicou redução ($P<0,10$) nos consumos de EE, FDNcp, FDNcp de pasto e FDNi (Tabela 4).

Por outro lado, não foram verificados efeitos relativos à suplementação ($P>0,10$) sobre os consumos de PB, CNF, MS digerida, FDN digerida e de NDT (Tabela 4).

A suplementação reduziu ($P<0,10$) o consumo de PB de pasto. O coeficiente médio de substituição foi de 0,88 g de PB de pasto/g de PB oriunda dos suplementos, o que levou a valores similares de consumo de PB total entre animais suplementados e não-suplementados (Tabela 4).

A alteração da fonte de compostos nitrogenados não afetou ($P>0,10$) as estimativas dos coeficientes de digestibilidade total, com exceção dos CNF que foram mais digeridos ($P<0,10$) com a utilização de uréia em comparação ao farelo de soja ($P<0,10$). Os teores de NDT nas dietas foram similares ($P>0,10$) para ambas as fontes de compostos nitrogenados (Tabela 5).

Efeitos significativos das fontes de carboidratos foram verificados sobre os coeficientes de digestibilidade total do EE e dos CNF, os quais foram superiores ($P<0,10$) com a utilização de polpa cítrica em relação ao milho grão. Esta elevação implicou maiores estimativas ($P<0,10$) do coeficiente de digestibilidade total da MO e do teor de NDT na dieta para os animais suplementados com polpa cítrica comparativamente ao milho (Tabela 5).

A suplementação não alterou ($P<0,10$) os coeficientes de digestibilidade total da MS, MO, EE, FDNcp e o teor dietético de NDT. Os animais suplementados apresentaram maiores ($P<0,10$) coeficientes de digestibilidade total da PB e dos CNF em comparação aos animais não suplementados (Tabela 5).

Não foram verificados efeitos ($P>0,10$) das fontes de compostos nitrogenados sobre os coeficientes de digestibilidade ruminal. No tocante às fontes de carboidratos, verificaram-se maiores ($P<0,10$) coeficientes de digestibilidade ruminal do EE com o uso de polpa cítrica em relação ao milho grão. Os demais componentes não apresentaram ($P>0,10$) efeitos relativos às fontes de carboidratos (Tabela 5).

A suplementação não afetou ($P>0,10$) os coeficientes de digestibilidade ruminal da MS, MO, EE, FDNcp e CNF. Contudo, o fornecimento de suplementos elevou ($P<0,10$) o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB.

Tabela 4 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritos de probabilidades para contrastes (Valor-P) para os consumos de matéria seca (MS), MS de pasto (MSP), matéria orgânica (MO), MO de pasto (MOP), proteína bruta (PB), PB de pasto (PBP), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), FDNcp de pasto (FDNcpP), carboidratos não-fibrosos (CNF), MS digerida (MSD), fibra em detergente neutro digerida (FDND), nutrientes digestíveis totais (NDT) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em função dos diferentes tratamentos

Ítem	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²				
	C	MFS	MU	PFS	PU		C x S	CH	CN	INT	
	kg/dia										
MS	5,329	4,886	4,575	4,562	4,529	19,9	0,1726	0,6726	0,6936	0,7498	
MSP	5,329	4,272	3,941	3,932	3,907	22,1	0,0165	0,6659	0,6814	0,7238	
ΔMSP ³	-	-1,73	-2,19	-2,22	-2,29	-	-	-	-	-	
MO	4,805	4,465	4,200	4,160	4,128	19,7	0,2118	0,6328	0,7061	0,7657	
MOP	4,805	3,882	3,582	3,575	3,544	21,9	0,0185	0,6582	0,6710	0,7294	
PB	0,555	0,592	0,587	0,572	0,559	20,9	0,7200	0,6611	0,8751	0,9451	
PBP	0,555	0,411	0,397	0,373	0,383	28,8	0,0194	0,6421	0,9782	0,8315	
ΔPBP ³	-	-0,80	-0,83	-0,91	-0,98	-	-	-	-	-	
EE	0,070	0,052	0,054	0,056	0,068	20,9	0,0656	0,1350	0,2202	0,4181	
FDNcp	3,295	2,912	2,609	2,670	2,609	21,5	0,0730	0,6630	0,5134	0,6629	
FDNcpP	3,295	2,841	2,531	2,571	2,555	22,0	0,0475	0,6592	0,5606	0,5987	
ΔFDNcpP ³	-	-0,74	-1,21	-1,15	-1,19	-	-	-	-	-	
CNF	0,884	0,899	1,034	0,877	0,906	17,7	0,5862	0,3236	0,2835	0,4807	
MSD	3,003	2,817	2,606	2,833	2,858	30,3	0,6100	0,7313	0,8126	0,7634	
FDND	2,090	1,824	1,568	1,768	1,764	30,3	0,2134	0,7801	0,6041	0,6161	
NDT	3,173	2,937	2,852	2,934	3,016	25,8	0,6790	0,6631	0,9895	0,7926	
FDNi	0,910	0,831	0,736	0,664	0,608	14,9	0,0037	0,0121	0,1566	0,7004	
	g/kg de peso vivo										
MS	25,7	23,7	21,7	21,9	21,7	17,3	0,1127	0,6253	0,5516	0,6346	
MSP	25,7	20,7	18,7	18,9	18,8	19,2	0,0072	0,6233	0,5566	0,6064	
MO	23,2	21,7	20,0	20,0	19,8	17,2	0,1444	0,5792	0,5614	0,6553	
MOP	23,2	18,8	17,0	17,2	17,0	19,1	0,0083	0,6129	0,5447	0,6172	
FDNcp	15,9	14,2	12,4	12,8	12,5	19,1	0,0432	0,5994	0,3947	0,5321	
FDNcpP	15,9	13,8	12,0	12,3	12,3	19,5	0,0259	0,5949	0,4408	0,4724	
FDNi	4,4	4,1	3,5	3,2	2,9	12,1	0,0011	0,0034	0,0545	0,4791	

¹ C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia. ² C x S = controle versus suplementos; CH = contraste entre as fontes de carboidratos; CN = contraste entre fontes de compostos nitrogenados; INT = interação entre fontes de carboidratos e de compostos nitrogenados. ³ ΔMSP = variação sobre o consumo de MS de pasto em função do consumo de suplementos (g/g); ΔFDNcpP = variação sobre o consumo de FDNcp de pasto em função do consumo de suplementos (g/g); ΔPBP = variação sobre o consumo de PB de pasto em função do consumo de PB dos suplementos (g/g).

Em avaliação adicional, verificou-se que a não suplementação acarretou coeficiente de digestibilidade ruminal da PB negativo ($P < 0,10$), ao passo que o fornecimento de suplementos tornou as estimativas deste parâmetro similares a zero ($P > 0,10$) (Tabela 5).

Nenhum efeito significativo ($P > 0,10$) foi verificado sobre os coeficientes de digestibilidade intestinal (Tabela 5).

Não foram verificados efeitos ($P > 0,10$) das fontes de carboidratos ou de compostos nitrogenados sobre os parâmetros associados à utilização da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (Tabela 6).

Como reflexo da redução no consumo de pasto e de PB de pasto, a suplementação reduziu ($P < 0,10$) o consumo de PIDN e a participação da PIDN como fração da PB total ingerida (Tabela 6).

Embora sem efeito significativo, percebeu-se que a suplementação reduziu ($P < 0,11$) o coeficiente de digestibilidade total da PIDN em cerca de 13,4 pontos percentuais ou 27,1% em relação ao tratamento controle. Isto acarretou, em conjunto com a redução do consumo de PIDN, em queda ($P < 0,10$) no consumo de PIDN digerida, reduzindo ($P < 0,10$), em consequência, a participação da PIDN no total de PB digerida (Tabela 6).

Não foram verificados efeitos ($P > 0,10$) sobre as estimativas de pH ruminal, concentração de NAR e AEPA, cujos valores médios foram de 6,42; 6,85 mg/dL e 39,95 mmol NA/mg proteína microbiana/min, respectivamente. Embora sem diferenças significativas ($P > 0,10$) as concentrações médias de NAR para os animais suplementados foram, em média, 2,02 mg/dL superiores em comparação aos animais não suplementados (7,25 e 5,23 mg/dL, respectivamente) (Tabela 7).

O consumo de nitrogênio e a excreção urinária de nitrogênio não foram afetados por nenhum dos efeitos avaliados ($P > 0,10$). A excreção fecal de nitrogênio não foi afetada pela suplementação ($P > 0,10$). Comparativamente, os animais suplementados com milho grão excretaram mais nitrogênio ($P < 0,10$) nas fezes em comparação aos animais suplementados com polpa cítrica, sem, contudo, causar alterações ($P > 0,10$) sobre o balanço de compostos nitrogenados, que foi, em média, de 5,63 g de nitrogênio/dia (Tabela 7).

Nenhum efeito foi observado ($P>0,10$) sobre a excreção urinária de nitrogênio uréico, a concentração sérica de nitrogênio uréico (NUS) e sobre o fluxo abomasal de nitrogênio microbiano (NMIC), cujos valores médios foram de 36,88 g/dia, 15,09 mg/dL e 42,89 g/dia, respectivamente. O NMIC representou, como média geral para todos os tratamentos, 49,7% do nitrogênio total consumido pelos animais (Tabela 7).

A eficiência de síntese de proteína microbiana (EFIM) não foi alterada ($P>0,10$) quando comparados animais suplementados e não-suplementados, com média global de 123,1 g PB microbiana/kg de NDT. Contudo, os animais suplementados com milho apresentaram maior EFIM ($P<0,10$) em comparação aos animais suplementados com polpa cítrica (137,6 e 106,1 g PB microbiana/kg de NDT, respectivamente) (Tabela 7).

As relações entre NUS e nitrogênio ingerido e entre PB digerida no intestino e consumo de NDT não foram afetadas pelos diferentes tratamentos ($P>0,10$), apresentando valores médios de 0,168 (mg/dL)/(g/dia) e 143,7 g/kg, respectivamente. De forma similar, não foram observadas alterações sobre a composição dos microrganismos ruminais, observando estimativas médias de 6,92% de nitrogênio, com base na MS, e 0,203 para a relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ (Tabela 7).

A suplementação reduziu ($P<0,10$) a taxa de degradação da FDN da forragem basal; contudo, não foram verificadas diferenças significativas ($P>0,10$) entre os tratamentos que envolveram suplementação. As estimativas médias da taxa comum de latência e degradação (λ) foram de 0,0486 e 0,0417 h^{-1} para animais suplementados e não suplementados, respectivamente, o que corresponde à redução de aproximadamente 14,2% (Tabela 8).

Por outro lado, não foram verificadas diferenças ($P>0,10$) entre tratamentos no tocante ao deslocamento ruminal de sólidos, observando estimativa média global para o parâmetro taxa tempo-dependente (γ) de 0,0333 h^{-1} . De forma similar, o tempo de trânsito intestinal não diferiu ($P>0,10$) entre tratamentos, apresentando valor médio de 3,61 horas (Tabela 9).

Tabela 6 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para os consumos de proteína bruta (CPB - kg/dia), consumos de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN - kg/dia), consumos de PIDN digerida (PIDND - kg/dia), coeficientes de digestibilidade da PIDN (CDPIDN - %), participação da PIDN em relação ao total de proteína consumida (PIDNPBT - %), participação da PIDN digerida em relação ao total de proteína bruta digerida (PIDNPBD - %) em função dos diferentes tratamentos

Ítem	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	MFS	MU	PFS	PU		C x S	CH	CN	INT
CPB	0,555	0,592	0,587	0,572	0,559	20,9	0,7200	0,6611	0,8751	0,9451
CPIDN	0,243	0,179	0,167	0,167	0,150	24,7	0,0121	0,4985	0,4928	0,9113
CPIDND	0,126	0,067	0,053	0,067	0,058	50,6	0,0151	0,9233	0,5330	0,8700
CDPIDN	49,3	36,4	31,6	38,5	37,2	33,0	0,1092	0,5520	0,6352	0,7922
PIDNPBT	43,0	30,5	28,5	29,2	26,3	23,9	0,0075	0,6348	0,4962	0,9073
PIDNPBD	46,9	22,6	17,4	20,1	17,2	68,2	0,0184	0,8660	0,6262	0,8892

¹ C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia. ² C x S = controle versus suplementos; CH = contraste entre as fontes de carboidratos; CN = contraste entre fontes de compostos nitrogenados; INT = interação entre fontes de carboidratos e de compostos nitrogenados.

Em virtude de haver sido detectada diferença ($P < 0,10$) entre suplementação e não suplementação para a taxa de degradação da FDN (Tabela 8) e de não se observarem diferenças ($P > 0,10$) entre os tratamentos que envolveram suplementação no tocante ao trânsito de partículas fibrosas (Tabela 9) e à degradação da FDN (Tabela 8), optou-se pela interpretação dos parâmetros secundários das dinâmicas de trânsito e degradação considerando-se apenas duas situações: suplementação e não suplementação. Para tal, utilizou-se como base as estimativas médias das frações potencialmente degradável e indegradável da FDN e dos parâmetros λ e γ obtidas para os tratamentos que envolveram suplementação (Tabela 10).

A suplementação reduziu em 5,1% o tempo médio de retenção no rúmen. Reduções devidas à suplementação foram também observadas sobre as estimativas de fração efetivamente degradada (FED) da FDN, as quais foram, em média, de 10,9 e 11,1%, considerando-se a FED em relação à FDN total e em relação à fração potencialmente degradável da FDN, respectivamente (Tabela 10).

Os animais suplementados apresentaram latência discreta (LAG) 10,3% superior em relação aos animais não suplementados. Por outro lado, o fornecimento de suplementos incrementou em 8,2% o efeito de repleção ruminal da fração potencialmente degradável da FDN (RRpd), ao passo que reduziu em 5,9% o efeito de repleção ruminal da fração indegradável da FDN (RRi). A soma deste comportamento implicou elevação de 0,7% na estimativa do efeito de repleção ruminal total da FDN (RRt) (Tabela 10).

Discussão

O consumo voluntário de forragem pelo animal é dependente da quantidade e qualidade da forragem ofertada, ou seja, quanto maior a possibilidade do animal selecionar materiais com maiores proporções de FDNpd, menores entraves sobre o consumo podem ser observados.

Níveis máximos de consumo e desempenho animal estão relacionados à oferta de forragem de cerca de duas a três vezes a necessidade diária do animal, ou seja, de 10 a 12% do PV seriam necessários para que o animal sob pastejo apresente máximo desempenho (Hodgson, 1990). Contudo, como nem toda MS consumida pelo animal é realmente aproveitada, deve-se basear na disponibilidade de MSpd do pasto, cuja recomendação seria de 4 a 5% do peso vivo dos animais para haver desempenho satisfatório dos animais em regime de pastejo (Paulino et al., 2002).

Tabela 7 – Médias de mínimo quadrados, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para o pH ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), atividade específica de produção de amônia (AEPA – mmol NA/mg proteína microbiana/min), consumo de nitrogênio (CN – g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), balanço nitrogenado aparente (BN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU – g/dia), concentração de nitrogênio uréico no soro (NUS – mg/dL), relação entre nitrogênio uréico no soro e nitrogênio ingerido (NUS/CN), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC – g/dia), NMIC relativo (NMICR - g NMIC/g nitrogênio ingerido), eficiência de síntese microbiana (EFIM – g PB microbiana/kg de NDT), relação entre proteína digerida no intestino e consumo de NDT (PDI/NDT - g/kg), concentração de nitrogênio nos microrganismos ruminais (NBAC - % da MS) e relação nitrogênio purina: nitrogênio total nos microrganismos ruminais ($N_{RNA}:NT$) em função dos tratamentos

Ítem	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	MFS	UM	PFS	PU		C x S	CH	CN	INT
pH	6,45	6,35	6,39	6,42	6,47	4,6	0,8182	0,6073	0,7599	0,9799
NAR	5,23	8,24	8,14	6,62	6,01	53,1	0,2957	0,2990	0,8406	0,8853
AEPA	38,80	35,77	41,92	45,13	38,15	22,5	0,7565	0,5215	0,9239	0,1483
CN	88,87	94,70	93,93	91,45	94,27	21,0	0,6393	0,8760	0,9131	0,8473
EFN	46,92	46,66	44,24	40,23	39,12	14,3	0,1928	0,0736	0,5580	0,8255
EUN	39,88	40,82	43,14	46,11	47,93	15,2	0,1834	0,1261	0,5133	0,9423
BN	2,07	7,18	6,55	5,12	7,21	223,5	0,5624	0,9212	0,9175	0,8478
EUNU	31,72	33,70	36,50	34,16	48,30	30,7	0,2680	0,2584	0,1278	0,2983
NUS	14,25	14,60	16,79	14,40	15,42	19,6	0,4912	0,5820	0,2701	0,6800
NUS/CN	0,170	0,162	0,177	0,162	0,173	27,5	0,9396	0,9197	0,5748	0,9172
NMIC	55,60	60,77	50,85	45,43	47,54	27,3	0,4964	0,1434	0,4590	0,4922
NMICR	0,498	0,492	0,507	0,450	0,536	13,9	0,8115	0,5587	0,2694	0,5140
EFIM	128,4	147,7	127,4	110,6	101,5	32,8	0,6431	0,0731	0,2942	0,9677
PDI/NDT	152,2	163,4	141,6	153,9	107,3	36,3	0,6951	0,4185	0,2180	0,6347
NBAC	7,24	7,11	6,59	6,51	7,16	10,6	0,2164	0,5841	0,7457	0,2662
$N_{RNA}:NT$	0,203	0,188	0,212	0,205	0,209	10,4	0,8939	0,3912	0,1252	0,4781

¹ C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia. ² C x S = controle versus suplementos; CH = contraste entre as fontes de carboidratos; CN = contraste entre fontes de compostos nitrogenados; INT = interação entre fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos.

Segundo Paulino et al. (2008), a MSpd constitui medida integradora dos aspectos quantitativos e qualitativos do pasto, o que permite avaliar com maior precisão a real capacidade de suporte e desempenho animal na área utilizada. Considerando-se a disponibilidade média de MSpd nos períodos experimentais (8,7 t/ha ou 3,0 t/piquete) e o peso médio dos animais durante o experimento (209,3 kg), observou-se que a disponibilidade instantânea de MSpd nos pastos foi de 14,3 vezes o peso dos animais, o que possivelmente pode ser considerada como não restritiva em relação à possibilidade de maximização do consumo de forragem.

Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹			DPA ³
	Bp	Ip	λ	
C	64,88	35,12	0,0486	69,3
MFS	65,89	34,11	0,0428	69,2
MU	66,27	33,73	0,0396	69,9
PFS	62,91	37,09	0,0401	68,3
PU	65,14	34,86	0,0443	70,4
Hipótese	Valor-P			
Tratamentos ⁴	-	-	0,0002	-
Suplementação ⁵	-	-	0,0094	-
Suplementos ⁶	-	-	0,5306	-

¹ Bp = fração padronizada potencialmente degradável (%); Ip = fração padronizada indegradável (%); λ = taxa comum de latência e degradação (h⁻¹). ² C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia. ³ Desvio-padrão assintótico. ⁴ Diferença global entre todos os tratamentos avaliados. ⁵ Diferença entre o controle e os tratamentos com suplementação. ⁶ Diferença global entre tratamentos com suplementação.

Por outro lado, ao avaliar-se a composição química do pasto (Tabela 2), pode-se verificar que o teor médio de PB situou-se acima dos patamares mínimos (7-8%PB) necessários para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos substratos fibrosos da forragem basal (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009). Contudo, o perfil químico da PB do pasto revela elevadas proporções de compostos nitrogenados associados à fibra insolúvel (PIDN) (Tabela 2). No entanto, no geral, considerando-se o teor energético (59,3 % de NDT; Tabela 5), a forragem basal pode ser considerada de média a alta qualidade.

De forma geral, os efeitos mais proeminentes causados pela suplementação residiram sobre a depressão no consumo voluntário de forragem (Tabela 4). Os coeficientes de substituição médios observados foram de 2,11 e 1,07 g de MS de pasto e de FDN de pasto para cada g de suplemento ingerido, respectivamente.

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de trânsito da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹			DPA ³
	Z	γ	τ	
C	646,8	0,0320	3,86	213,1
MFS	732,9	0,0374	2,99	210,3
MU	732,1	0,0302	3,35	212,5
PFS	795,3	0,0321	3,94	206,2
PU	872,6	0,0350	3,89	206,9
Hipótese		Valor-P		
Tratamentos ⁴	-	0,4835	0,9115	-
Suplementação ⁵	-	0,4183	0,8220	-
Suplementos ⁶	-	0,6301	0,9060	-

¹ Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm \times h); γ = parâmetro-taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (h^{-1}); τ = tempo de trânsito intestinal (h). ² C = controle; MFS = milho + farelo de soja; MU = milho + uréia; PFS = polpa cítrica + farelo de soja; PU = polpa cítrica + uréia. ³ Desvio-padrão assintótico. ⁴ Diferença global entre todos os tratamentos avaliados. ⁵ Diferença entre o controle e os tratamentos com suplementação. ⁶ Diferença global entre tratamentos com suplementação.

A presença de efeito substitutivo sobre o consumo de forragem não é desejada, uma vez que o objetivo principal da suplementação em pastejo reside sobre a otimização do uso dos recursos forrageiros, promovendo ao mínimo sua substituição (Detmann et al., 2005b). Efeitos negativos sobre o consumo de pasto com o fornecimento de suplementos protéico-energéticos sob condições de forragem de alta qualidade foram relatados por outros autores em condições tropicais (Detmann et al., 2001b; 2005b; Porto et al., 2008) e não-tropicais (Hess et al., 1996; Elizalde et al., 1999).

De forma geral, os efeitos substitutivos com a suplementação são diretamente proporcionais à qualidade da forragem (Minson, 1990). Contudo, seria desejável que este assumisse valores inferiores a 1,0 g/g, observando-se redução do consumo de pasto, mas ampliação do consumo total.

O efeito substitutivo observado neste estudo deixa claro que não se promoveu otimização no uso do pasto pelos animais, uma vez que este foi substituído em cerca de duas vezes pelo suplemento. Por outro lado, a cada unidade de massa de suplemento fornecida, aproximadamente a mesma quantidade de FDN oriunda do pasto deixou de ser consumida (Tabela 4). Este segundo efeito substitutivo é particularmente deletério em regiões tropicais, dada a importância da FDN como fornecedora de energia de baixo custo para a produção bovina sob pastejo (Detmann et al., 2008).

Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros secundários da dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro

Parâmetros ³	Situação ¹	
	Não Suplementados	Suplementados ²
TMRR	62,5	59,3 (94,9)
FEDT	42,3	37,7 (89,1)
FED	65,2	57,9 (88,9)
LAG	5,8	6,4 (110,3)
RRpd	19,6	21,2 (108,2)
RRi	22,0	20,7 (94,1)
RRt	41,6	41,9 (100,7)

¹ A situação relativa aos animais não suplementados foi baseada na média das estimativas dos parâmetros obtidas em todos os tratamentos que envolveram suplementação. ² Os valores entre parênteses indicam o percentual em relação à situação de não suplementação. ³ TMRR tempo médio de retenção no rúmen-retículo; FEDT = fração efetivamente degradada em relação à FDN total (%); FED = fração efetivamente degradada em função da FDN potencialmente degradável (%); LAG = latência discreta (h); RRpd = efeito de repleção ruminal da FDN potencialmente degradável (h); RRi = efeito de repleção ruminal da FDN indegradável (h); RRt = efeito de repleção ruminal total da FDN (h).

Sob condições de predominância de entraves físicos ao consumo, efeitos deletérios sobre a taxa de degradação da FDN reduziram a velocidade de retirada dos compostos fibrosos insolúveis do ambiente ruminal, os quais estão associados à repleção física (Paulino et al., 2008). Com isto reduziria-se o *turnover* ruminal, o que implicaria queda no consumo de forragem.

De forma geral, efeitos deletérios sobre a utilização ruminal da FDN com o fornecimento de suplementos foram verificados neste estudo por intermédio da queda na taxa de degradação (Tabela 8), ampliação da latência discreta, redução da fração efetivamente degradada e incremento no efeito de repleção ruminal da FDNpd (Tabela 10).

Este efeito, denominado “efeito carboidrato” é verificado com a adição de CNF prontamente degradáveis ao meio e parece envolver a competição por nutrientes essenciais entre grupos de espécies microbianas, resultando em maior proliferação dos microrganismos que degradam CNF (El-Shazly et al., 1961; Carvalho, 2009; Costa et al., 2009a). Esta competição conduziria à preferência inicial pela utilização dos CNF como substratos energéticos no ambiente ruminal como um todo, com a transformação gradativa dos carboidratos fibrosos em substratos energéticos predominantes à medida que se reduz a disponibilidade de CNF (El-Shazly et al., 1961; Mertens & Loften, 1980; Arroquy et al., 2005), podendo envolver, concomitantemente, mecanismos de regulação catabólica (Russell & Baldwin, 1978).

O comportamento destas variáveis atribuiria à regulação física papel significativo na inibição do consumo de forragem de animais suplementados.

Contudo, a despeito dos efeitos evidentes da suplementação sobre a dinâmica ruminal da FDN_{pd}, não foram verificados efeitos deletérios sobre as variáveis associadas à FDN_i, o que culminou em efeito de repleção ruminal total da FDN similar entre animais suplementados e não-suplementados (Tabela 10).

A fração indegradável da FDN constitui um dos principais elementos associados aos mecanismos de regulação física do consumo de forragens tropicais (Detmann et al., 2003; Sampaio et al., 2009), uma vez que, proporcionalmente, apresenta maior efeito de repleção por ser retirada do ambiente ruminal somente por passagem (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009). A velocidade de retirada da FDN_i do ambiente ruminal está teoricamente associada com a velocidade de degradação da FDN_{pd} (Detmann et al., 2008). Assim, em termos teóricos, a queda na taxa de degradação observada neste estudo deveria implicar queda na taxa de passagem ruminal de sólidos, o que não foi observado (Tabela 9).

Assim, de acordo com as estimativas de repleção ruminal total da FDN (Tabela 10) e da taxa de passagem de partículas fibrosas (Tabela 9), não ocorreram restrições físicas causadas pela suplementação sobre a dinâmica da FDN_i, o que deveria suportar consumos similares entre animais suplementados e não-suplementados. Contudo, observou-se queda no consumo de FDN_i com o fornecimento de suplementos (Tabela 4). Isto indica que a hipótese de inibição de consumo pela suplementação através de incrementos nos fatores associados aos mecanismos físicos de regulação é inconsistente para a presente situação.

O consumo médio de FDN em animais suplementados encontra-se próximo ao sugerido como limitante sob a predominância de mecanismos físicos por modelos estáticos (Mertens, 1987). Contudo, a adoção de um ponto de transição para o predomínio de mecanismos regulatórios, com consumo de FDN estático, constitui simplificação matemática conveniente, pois o efeito de repleção ruminal diminui gradualmente com a ampliação da digestibilidade. Desta forma, a transição entre a predominância de mecanismos regulatórios (físico e metabólico) é mais bem representada por um intervalo em que se observaria forte interação entre estes (Detmann et al., 2003).

Segundo Detmann et al. (2005a), mesmo com consumo de FDN próximo ao que seria esperado com a predominância de mecanismos físicos de regulação do consumo,

aspectos metabólicos podem ser mais proeminentes quando pasto de alta qualidade é disponibilizado aos animais.

Ampliações na concentração total de ácidos graxos voláteis no rúmen podem (Hess et al., 1996) ou não (Elizalde et al., 1999) ser observadas com o fornecimento de suplementos para animais manejados em pastos de alta qualidade. Isto parece ser reflexo da intensidade do efeito substitutivo do suplemento sobre o consumo de forragem.

Devido ao grande efeito substitutivo observado neste estudo (Tabela 4), somado à ausência de efeitos da suplementação sobre a digestibilidade ruminal da MO, FDN e CNF (Tabela 5) e sobre os consumos de MS digerida, FDN digerida e NDT (Tabela 4), pode-se esperar que alterações significativas sobre a concentração total e produção de ácidos graxos voláteis não tenham ocorrido.

No entanto, a suplementação, mesmo não alterando a concentração ruminal total de ácidos graxos voláteis, parece reduzir a relação acetato:propionato (Krysl et al., 1989; Hess et al., 1996), o que implicaria maior proporção de propionato no total de ácidos graxos voláteis absorvidos no rúmen.

O aumento na proporção de propionato nos ácidos graxos voláteis absorvidos é capaz de deprimir o consumo em ruminantes (Oba & Allen, 2003), efeito que se manifesta pela redução do tempo de alimentação, sendo comumente observado com a introdução de componentes de rápida degradação no rúmen (Bradford & Allen, 2007).

O fígado é provavelmente sensível a incrementos na taxa de oxidação de substratos e, portanto, possui grande importância no controle do consumo em animais ruminantes (Forbes, 2007). O fígado está envolvido na regulação do consumo por intermédio do propionato, mecanismo de controle denominado de “oxidação hepática”. Dos combustíveis metabolizados pelo fígado dos ruminantes, o propionato é possivelmente o primeiro sinalizador que determina o final do período de alimentação, uma vez que seu fluxo se amplia durante as refeições (Allen et al., 2005) e, possivelmente, logo após a suplementação.

O fígado de ruminantes possui alta atividade da propionil-CoA sintetase, necessária para ativação e subsequente metabolismo do propionato. Desta forma, este composto é extensivamente metabolizado pelo fígado dos ruminantes, principalmente em comparação ao acetato, pois há baixa atividade hepática da acetil-CoA sintetase (Allen et al., 2005).

Os processos oxidativos hepáticos associados ao propionato incrementam a concentração de produtos finais da oxidação (CO_2 e, principalmente, ATP). O acúmulo destes produtos, principalmente na forma de ligações fosfato de alta energia, desencadeiam estímulos nervosos ao cérebro que determinam a redução ou suspensão da atividade de alimentação (Oba & Allen, 2003; Allen et al., 2005).

Por outro lado, mecanismos integrados do consumo têm sido propostos sob a ótica multifatorial associada à minimização do desconforto animal (Forbes, 2003; 2007). Sob este ponto de vista, o animal regularia seu consumo de forma a equilibrar todos os fatores físicos e metabólicos para se manter fisiologicamente em conforto (Forbes, 2003).

Entre os fatores associados ao desconforto e, conseqüentemente, ao controle do consumo, destaca-se a relação proteína metabolizável:energia metabolizável (PM:EM) (Illius & Jessop, 1996; Detmann et al., 2009). Neste sentido, existiria intervalo ideal para este razão, fora do qual o consumo seria restringido pelo catabolismo protéico (alta relação PM:EM) ou pela necessidade de eliminação de calor (baixa relação PM:EM) (Illius & Jessop, 1996), o que, possivelmente resultaria em desconforto ao animal.

Assumindo-se que a massa de PB digerida no intestino (PDI) e o consumo de NDT sejam indicadores da provisão de proteína metabolizável e energia metabolizável ao animal, respectivamente, então a razão PDI:NDT pode ser assumida como indicador da razão PM:EM.

A relação PDI:NDT neste estudo não diferiu entre tratamentos, apresentando valor médio de 143,7 g PDI/kg NDT (Tabela 7). Isto pode indicar que a depressão no consumo de forragem pode ter acontecido para manutenção da relação PM:EM em patamares adequados ao conforto animal, evitando excesso relativo de energia circulante. Ao que tudo indica, a substituição de grande massa de forragem de menor digestibilidade, por pequena massa de suplemento de maior digestibilidade manteve constante o teor (Tabela 5) e o consumo energético (Tabela 4).

Esta hipótese parece plausível sob tais condições, pois os efeitos substitutivos são maiores com forragens de alta qualidade em comparação a forragens de baixa qualidade (Minson, 1990). Forragens de baixa qualidade possuem menor digestibilidade e, conseqüentemente, menor teor energético. Assim, com a introdução de suplementos de alta digestibilidade, a redução na massa de forragem ingerida para se manter constante a relação PM:EM seria menor em comparação a situações nas quais a forragem apresenta alta qualidade, como observado neste estudo.

Por outro lado, em vários experimentos nos quais foram utilizados suplementos com altos níveis de PB (normalmente superiores a 50-60%), foram observados consumos similares de forragem entre animais suplementados e não-suplementados (Zervoudakis, 2003; Zervoudakis et al., 2008; Costa et al., 2009b; Porto, 2009), ou seja, ausência de efeito substitutivo.

A utilização de altos níveis de PB podem exigir menor redução no consumo de energia a partir da forragem para manutenção da relação PM:EM dentro de uma faixa confortável ao animal e compatível com as demandas metabólicas. Assim, isto parece indicar que a suplementação com altos níveis protéicos pode ser mais adequada para se maximizar o uso de forragem em animais manejados em pastos de alta qualidade em comparação à suplementação protéico-energética, com níveis moderados de PB.

Um dos diferenciais positivos da suplementação durante o período das águas reside sobre o incremento da concentração de NAR; contudo, não foram observadas diferenças entre animais suplementados e não suplementados (Tabela 7).

Recentes pressupostos teóricos estabelecidos em condições tropicais têm estabelecido o rúmen como dreno de uréia, reduzindo a disponibilidade de compostos nitrogenados para a síntese de tecidos corporais (Costa et al., 2009b). A utilização de aminoácidos para síntese de uréia poderia estar associada à baixa retenção de nitrogênio em ruminantes alimentados com forragens (Parker et al., 1995).

O dreno de uréia pelo rúmen durante o período das águas seria superior ao observado durante o período da seca, pois a transferência de uréia para o ambiente ruminal é positivamente regulada pelo consumo de MO degradada no rúmen (Kennedy et al., 1981). O consumo de MO degradada no rúmen pode ser até 80% superior no período das águas em comparação ao período da seca (Costa et al., 2009b).

A concentração de NAR constitui mecanismo de regulação negativa da transferência de uréia do *pool* sanguíneo para o rúmen (Kennedy & Milligan, 1980; Kennedy et al., 1981). Assim, ao incrementar a concentração de NAR, o uso de suplementos reduziria o deslocamento de substratos nitrogenados para a síntese de uréia hepática, ampliando a disponibilidade desses substratos, principalmente aminoácidos, para a síntese de tecido corporal (Costa et al., 2009b).

A idéia de dreno de uréia é reiterada pelos coeficientes de digestibilidade ruminal da PB, que foram negativos na ausência de suplementação (Tabela 5), indicando balanço negativo de compostos nitrogenados no rúmen, dado, possivelmente, pela alta representatividade dos eventos de reciclagem (Costa et al., 2009b).

A ampliação da concentração de NAR está associada à ampliação na retenção corporal em animais manejados a pasto durante o período das águas (Zervoudakis, 2003; Moraes et al., 2006; Paulino et al., 2006b; Zervoudakis et al., 2008; Costa et al., 2009b).

A similaridade entre animais suplementados e não suplementados quanto ao consumo de MO (Tabela 4) e ao coeficiente de digestibilidade ruminal da MO (Tabela 5) permite inferir que similaridade também seria observada quanto ao consumo de MO degradada no rúmen. Logo, diferenças quanto ao dreno de uréia em função da regulação via MO degradada no rúmen não seriam esperadas.

Desta forma, a variação na concentração de NAR consistiria no principal mecanismo de regulação da transferência de uréia. Segundo os pressupostos anteriormente apresentados, não havendo diferenças entre animais suplementados e não-suplementados quanto à concentração de NAR (Tabela 7), e sendo estável o consumo de MO degradada no rúmen, a massa de compostos nitrogenados destinada à síntese de tecidos não seria ampliada, o que concorda plenamente com as estimativas de balanço de compostos nitrogenados obtidas neste estudo, que não diferiram entre animais suplementados e não suplementados (Tabela 7).

Por outro lado, a ausência de efeitos da suplementação sobre o fluxo de nitrogênio microbiano no abomaso (Tabela 7) não permitiu aos animais suplementados ampliar o suprimento de proteína metabolizável a partir da proteína microbiana. Isto parece ser reflexo do efeito substitutivo, uma vez que o consumo total de substratos para o crescimento microbiano manteve-se estável (Tabela 4).

Mesmo que a suplementação tenha elevado as estimativas do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB, estes se mantiveram em patamares ainda baixos (Tabela 5), o que indica que pouco ou nenhum efeito tenha sido observado sobre a transferência de uréia para o rúmen. Segundo Costa et al. (2009b), a maximização do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB é conseguida em bovinos manejados em pastos durante o período das águas com níveis de NAR próximos a 12,5 mg/dL, estimativa superior a todos os tratamentos avaliados neste estudo (Tabela 7).

A ausência de incremento na concentração de NAR com a suplementação parece residir sobre o fato de o efeito substitutivo sobre o consumo de PB ter sido próximo a 1,0 g/g, ou seja, houve manutenção do consumo total de PB com a suplementação (Tabela 4). A isto, acrescenta-se o fato de a suplementação, embora sem efeitos

significativos ($P < 0,11$), ter reduzido o coeficiente de digestibilidade da PIDN, deprimindo a utilização de parte da PB ingerida a partir do pasto.

Por outro lado, embora as fontes protéicas suplementares sejam de alta degradabilidade, o fornecimento conjunto de CNF pode ter permitido a proliferação de espécies de microrganismos com alta taxa de crescimento e, conseqüentemente, com alta taxa de assimilação de nitrogênio em comparação aos microrganismos fibrolíticos. O acúmulo ruminal de amônia é influenciado pela entrada (consumo de nitrogênio e reciclagem), pela passagem ao trato posterior e pela assimilação microbiana. Assim, a alta degradabilidade da PB suplementar parece ter sido contrabalanceada pela maior assimilação microbiana, evitando ampliação da concentração de NAR.

Isto mais uma vez indica que a suplementação com suplementos com altos níveis de proteína parece ser mais vantajosa para otimização da utilização de forragem de alta qualidade em comparação à suplementação protéico-energética, como a utilização neste estudo.

De forma geral, as alterações das fontes de carboidratos ou de compostos nitrogenados nos suplementos causaram impactos de pouca magnitude sobre as variáveis avaliadas neste estudo.

O incremento nos coeficientes de digestibilidade total do EE com a substituição do milho por polpa e dos CNF com a substituição do farelo de soja por uréia refletem a maior concentração destes componentes nos suplementos (Tabela 2), o que incrementa sua participação na dieta total, reduzindo a participação relativa da fração metabólica fecal (Van Soest, 1994).

Algumas evidências experimentais têm sugerido que em dietas contendo altas quantidades de aminoácidos ocorrem estímulos sobre o crescimento de bactérias hiperprodutoras de amônia (Russell, 2002), o que resultaria em excesso de produção de amônia no rúmen, incrementando sua concentração e as perdas urinárias. Contudo, a similaridade na concentração de NAR entre fontes de compostos nitrogenados e a ausência de efeitos sobre as estimativas de AEPA (Tabela 7) indicam que estes estímulos não ocorreram neste estudo.

Uma das diferenças mais proeminentes entre fontes e carboidratos foi verificada por intermédio da redução na eficiência de crescimento microbiano quando o milho foi substituído por polpa cítrica (Tabela 7).

A pectina, principal componente da polpa cítrica, embora sendo CNF, apresenta padrão de fermentação similar ao de carboidratos fibrosos, embora com velocidade

superior (Van Soest, 1994). Desta forma, estas características intrínsecas à pectina podem ter causado maior competição por amônia no ambiente ruminal, o que é suportado pela menor concentração de NAR em comparação ao milho, embora sem efeitos significativos ($P>0,10$) (Tabela 7). Desta forma, a maior competição entre os microrganismos responsáveis pela degradação da pectina e aqueles responsáveis pela degradação dos carboidratos fibrosos da forragem conduziu a menor produção microbiana, embora sem efeito significativo ($P>0,10$) em comparação ao milho. Sendo a produção microbiana numerador da eficiência, justifica-se, ao menos em parte, a menor eficiência com a suplementação com polpa cítrica.

Por outro lado, a maior eficiência de produção microbiana com o uso de milho em comparação à polpa cítrica pode estar associada ao fato de haver maior digestão total dos CNF com o uso de polpa (Tabela 5). Como os carboidratos são essencialmente a fonte energética majoritária para o crescimento microbiano (Russell, 2002), a maior digestão dos CNF com o uso de polpa amplia o denominador para o cálculo da eficiência.

A menor digestão total dos CNF com o uso do milho pode estar associada à presença de amido com estrutura resistente à degradação ruminal (Ezequiel & Galati, 2005). Parte deste amido pode ser digerida no intestino grosso (Eerlingen & Delcour, 1995). A digestão de amido no intestino grosso amplia a atividade microbiana neste sítio e incorre em elevação na excreção de debrís microbianos, ampliando a excreção de nitrogênio metabólico fecal (Ørskov, 1988). Esta hipótese parece ser plausível no presente estudo, pois se verificou maior excreção de nitrogênio fecal com a suplementação baseada em milho em comparação à polpa cítrica (Tabela 7).

Conclusão

Não existem impactos nutricionais relevantes da substituição de fontes energéticas ricas em amido por fibra solúvel, ou fontes de compostos nitrogenados protéicos e não-protéicos em suplementos fornecidos para animais manejados em pasto de média a alta qualidade durante o período das águas.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, M.S.; BRADFORD, B.J.; HARVATINE, K.J. The cow as a model to study food intake regulation. **Annual Reviews of Nutrition**, v.25, p.523-47, 2005.
- ARROQUY, J.I.; COCHRAN, R.C.; NAGARAJA, T.G.; TITGEMEYER, E.C.; JOHNSON, D.E. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.93-106, 2005.
- BRADFORD, M. Photometric methods for protein determination. Procedures and materials. **Animal Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.
- BRADFORD, B.J.; ALLEN, M.S. Rate of propionate infusion within meals does not influence feeding behavior. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.2305-2308, 2007.
- CARVALHO, I.P.C. **Avaliação causal do “efeito proteína” sobre a atividade microbiana em substratos fibrosos insolúveis**. Viçosa:UFV, 2009, 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C.; BERGER, L.L. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2480-2488, 1990.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1813-1821, 2006.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E. VALADARES FILHO, S.C.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.
- COSTA, V.A.C. et al. Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro em bovinos em pastejo durante o período das águas suplementados com nitrogênio não-protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009b (no prelo).
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001a.
- DETMANN, E. PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a

- época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001b.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CECON, P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S.; LANA, R.P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1763-1777, 2003.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R., ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using *Michaelis-Menten* kinetics. **Livestock Science**, v.126, p. 136-146, 2009.
- ELIZALDE, J.C.; CREMIM, J. D.; FAULKNER, J.D.B., MERCHEN, N.R. Performance and digestion by steers grazing tall fescue and supplemented with energy and protein. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1691-1701, 1999.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY J.R., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- EERLINGEN, R.C.; DELCOUR, J.A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, v.22, p.129-138, 1995.
- EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Qualidade da matéria prima e novos testes laboratoriais como instrumento de maximização da dieta balanceada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.296-321.
- FIGUEIREDO, D.M.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; MORAES, E.H.B.K.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.G. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2222-2232, 2008.

- FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E139-E144, 2003 (Electronic Supplement 2).
- FORBES, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. **Nutrition Research Review**, v.20, p.132-146, 2007.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates**. Nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.
- HESS, B.W.; KRYSL, L.J.; JUDKINS, M.B.; HOLCOMBE, D.W.; HESS, J.D.; HANKS, D.R.; HUBER, S.A. Supplemental cracked corn or wheat bran for steers grazing endophyte-free fescue pasture: effects on live weight gain, nutrient quality, forage intake, particulate and fluid kinetics, ruminal fermentation, and digestion. **Journal of Animal Science**, v.74, 1116-1125, 1996.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Longman: Handbooks in Agriculture, 1990. 203p.
- ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3052-3062, 1996.
- KENNEDY, M.P.; MILLIGAN, L.P. The effects of dietary sucrose and the concentrations of plasma urea and rumen ammonia on the degradation of urea in the gastrointestinal tract of cattle. **British Journal of Nutrition**, v.43, p.125-140, 1980.
- KENNEDY, P.M.; CLARKE, R.T.J.; MILLIGAN, L.P. Influences of dietary sucrose and urea on transfer of endogenous urea to the rumen of sheep and numbers of epithelial bacteria. **British Journal of Nutrition**, v.46, p.533-541, 1981.
- KRYSL, L.J.; BRANINE, M.E.; CHEEMA, A.U.; FUNK, M.A.; GALYEAN, M.L. Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. **Journal of Animal Science**, v.67, p.3040-3051, 1989.
- LAZZARINI, I., DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.635-647, 2009.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1548-1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.

- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 2135-2143, 2006.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.133, p.1094-1099, 2003.
- ØRSKOV, E.R. **Nutrición proteica de los rumiantes**. Zaragoza: Acribia, 1988. 178p.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PARKER, D.S.; LOMAX, M.A.; SEAL, C.J.; WILTON, J.C. Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. **Proceedings of Nutrition Society**, v.54, p.549-563, 1995.
- PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3, 2002 Viçosa. **Anais...** Viçosa:DZO-UFV, 2002. p.153-196.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2006a. p.359-392.
- PAULINO, M.F.; MORAES, E.H.B.K.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ALEXANDRINO, E.; FIGUEREDO, D.M. Terminação de novilhos mestiços leiteiros sob pastejo, no período das águas, recebendo suplementação com soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.154-158, 2006b.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BARROS, L.V. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4, 2008, Viçosa, **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.131-169.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- PORTO, M.O. **Suplementos múltiplos para recria e terminação de bovinos em pastejo durante o período das águas**. Viçosa:UFV, 2005, 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- PORTO, M.O. **Suplementos múltiplos para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *Brachiaria decumbens***. Viçosa:UFV, 2009, 140p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SALES, M.F.L.; DETMANN, E.; CAVALI, J. Formas de utilização do milho em suplementos para novilhos na fase de terminação em pastagem no período das águas: desempenho e parâmetros nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2251-2260, 2008.

- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- RUSSELL, J.B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca: James B. Russell, 2002. 119p.
- RUSSELL, J.B.; BALDWIN, R.L. Substrate preferences in rumen bacteria: evidence of catabolite regulatory mechanisms. **Applied and Environmental Microbiology**, v.36, p.319-329, 1978.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, M.A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.560-569, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos**. Métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, A.C.; Van SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J.; GREENWOOD, R.H.; LOEST, C.A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**. v.79, p.1059-1063, 2001.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, p.1037-1046. 1985.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2686-2696, 1999.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; PAULINO, M.F.; VÉRAS, R.M.L. Exigências nutricionais de zebuínos no Brasil. II. Proteína. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. Viçosa: DZO-UFV, 2006. p.75-84.
- Van MILGEN, J.; MURPHY, L.L.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.C. Application of non-linear models in the description of *in situ* degradation profiles of the elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. Mineiro variety). **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.

- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381-385, 1962.
- ZERVOUDAKIS, J.T. **Suplementos múltiplos de auto controle de consumo e frequência de suplementação, na recria de novilhos durante os períodos das águas e transição águas-secas**. Viçosa:UFV, 2003, 78p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. Suplementos múltiplos de auto controle de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1968-1973, 2008.

Capítulo 2

Consumo, Digestibilidade e Dinâmica Ruminal da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos em Pastejo Durante o Período das Águas Suplementados com Nitrogênio Não-Protéico e/ou Proteína Verdadeira

Introdução

O aproveitamento das forragens pelos bovinos está diretamente relacionado à atividade microbiana ruminal, notadamente sobre os compostos fibrosos, a qual depende do nível de compostos nitrogenados presentes no meio (Hafley et al., 1993). Em gramíneas tropicais são observadas elevadas porções de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (Paulino et al., 2002), os quais, por serem de lenta e incompleta degradação (Sniffen et al., 1992), podem ocasionar carência de compostos nitrogenados para os microrganismos ruminais, limitando a produção de proteína microbiana, a degradação dos compostos fibrosos e, conseqüentemente, o desempenho animal.

A atividade microbiana ruminal sobre os compostos fibrosos é dependente não apenas do nível de compostos nitrogenados presentes no meio, mas também na forma com que estes se encontram disponíveis. As bactérias que degradam carboidratos não-fibrosos (CNF) utilizam dois terços de seus substratos nitrogenados na forma de peptídeos e aminoácidos e um terço na forma de amônia, potencialmente produzida a partir de fontes nitrogenadas prontamente degradáveis no rúmen, como a uréia. Por sua vez, bactérias que degradam carboidratos fibrosos utilizam preferencialmente amônia como substrato nitrogenado para crescimento (Russell et al., 1992).

Assim, considerando a co-existência de ambos os grupos de microrganismos, torna-se necessário o fornecimento de compostos nitrogenados de forma equilibrada, garantindo-se a disponibilidade de nitrogênio amoniacal, peptídeos e ácidos graxos de cadeia ramificada necessários ao crescimento harmônico das populações microbianas presentes no rúmen. Desta forma, poderia ser definido, via suplementação, perfil ideal

para o crescimento microbiano global no rúmen a partir do fornecimento de mistura de compostos nitrogenados protéicos e não-protéicos.

Tais pressupostos supracitados poderiam justificar resultados obtidos em condições tropicais, os quais permitem evidenciar que a suplementação protéica (Figueiredo et al., 2008; Paulino et al., 2008), incluindo-se o uso de uréia como principal composto nitrogenado dos suplementos (Porto, 2005) tem incrementado o desempenho animal durante o período das águas.

Por outro lado, em trabalhos conduzidos em ambiente *in vitro* utilizando forragens tropicais de alta qualidade, similares às observadas em pastagens durante o período das águas, verificou-se que a suplementação exclusiva com proteína verdadeira pode causar efeitos deletérios sobre a utilização microbiana da fibra em detergente neutro (FDN) (Paez-Bernal, 2007; Costa et al., 2009a; Zorzi et al., 2009), ao passo que a suplementação com uréia permitiria ampliação do crescimento microbiano sobre a FDN (Paez-Bernal, 2007; Zorzi et al., 2009). Contudo, um ponto de equilíbrio entre compostos nitrogenados protéicos e não-protéicos parece definir a máxima utilização dos substratos fibrosos basais (Paez-Bernal, 2007; Zorzi et al., 2009).

Esses efeitos deletérios da suplementação exclusiva com proteína verdadeira sobre a utilização de carboidratos fibrosos, denominados de “efeito proteína” (Costa et al., 2009a) são comumente observados na literatura (Cone & Van Gelder, 1999; Oliveira et al., 2005), os quais parecem estar associados ao estímulo sobre o crescimento de espécies não-fibrolíticas, ampliando a competição por substratos essenciais no ambiente ruminal (Carvalho, 2009).

Por outro lado, as exigências de microrganismos fibrolíticos em termos de concentração ótima de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) parecem ser superiores às de microrganismos não-fibrolíticos (McCallan & Smith, 1983; Detmann et al., 2009). Estudos *in vitro* evidenciam que, sob condições similares de equivalentes protéicos suplementares, a uréia mostra-se mais eficiente em implementar níveis de NAR (Zorzi et al., 2009), o que poderia influenciar diretamente o crescimento microbiano sobre a FDN.

Contudo, informações sobre a influência de suplementação com base em compostos nitrogenados sobre a utilização de forragens tropicais de alta qualidade sob pastejo *in vivo* são escassas na literatura.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes relações entre proteína verdadeira e nitrogênio não-protéico em suplementos para bovinos mantidos sob pastejo

de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) durante o período das águas sobre o consumo, a digestibilidade, a síntese de proteína microbiana, o balanço nitrogenado e sobre as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal da fibra em detergente neutro da forragem.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG, entre dezembro de 2007 e março de 2008 (período das águas). Os dados climáticos relativos ao período de realização do experimento são mostrados na Figura 1.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, castrados, com peso vivo (PV) inicial de 335 ± 35 kg e fistulados no rúmen e no abomaso.

A área experimental foi composta por cinco piquetes de capim-braquiária, com 0,34 ha cada, contendo bebedouro e comedouro coberto, sendo cada animal manejado em um piquete. Paralelamente aos piquetes, situava-se o curral de manejo, no qual foram realizadas as coletas nos animais (fezes, conteúdo ruminal, etc). Todos os animais tiveram acesso irrestrito a água e mistura mineral completa (9% de fósforo).

Foram avaliados os seguintes tratamentos: controle (MM) (somente mistura mineral); suplementação com uréia (U); suplementação com 2/3 de compostos nitrogenados oriundos da uréia e 1/3 de compostos nitrogenados oriundos da albumina (2/3U); suplementação com 1/3 de compostos nitrogenados oriundos da uréia e 2/3 de compostos nitrogenados oriundos da albumina (2/3U); suplementação com albumina (A).

Os suplementos foram fornecidos de forma a suprir 200 g de proteína bruta (PB) a cada animal, diariamente às 12h00, por intermédio da fistula ruminal. Este nível de suplementação visou suprir aproximadamente 30% das exigências de proteína degradável no rúmen, tomando-se como base um novilho zebuino, castrado, com 350 kg de PV e ganho esperado de 1 kg/dia (Valadares Filho et al., 2006).

As fontes alimentares utilizadas na formulação dos suplementos foram escolhidas de forma a contrastarem-se fontes e proporções de compostos nitrogenados de origem protéica (albumina) e não-protéica (uréia:sulfato de amônio, 9:1).

O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5, em cinco períodos experimentais com 15 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais à suplementação.

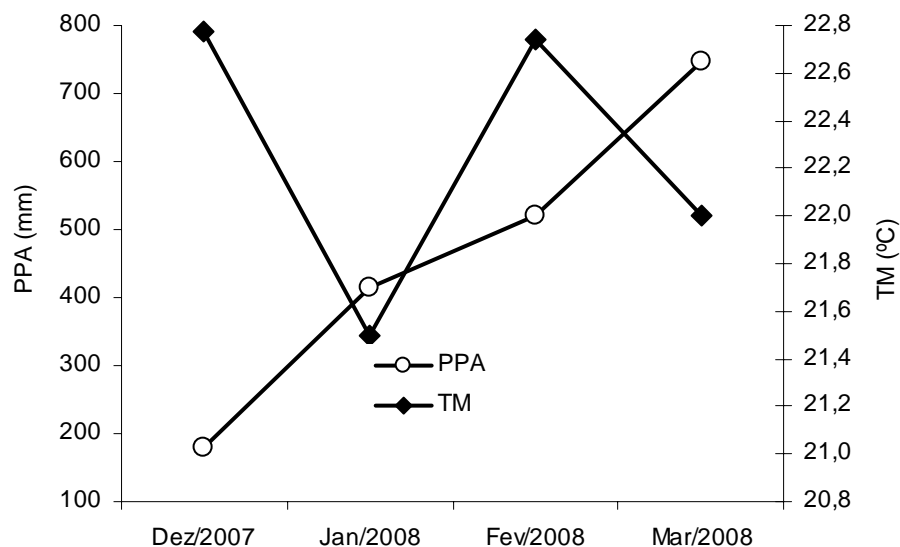


Figura 1 - Precipitação pluviométrica acumulada (PPA) e temperatura média (TM) em função dos meses de realização do experimento (Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola-UFV).

No primeiro dia de cada período experimental quantificou-se a massa de forragem disponível em cada piquete por intermédio do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado de dimensões 0,5 x 0,5 m, selecionadas ao acaso em cada piquete. As amostras, depois de pesadas, foram avaliadas quanto ao teor de matéria seca (MS) (Silva & Queiroz, 2002). A disponibilidade de forragem em função dos períodos experimentais está demonstrada na Figura 2.

A avaliação do pasto ingerido pelos animais foi realizada no primeiro, quinto e décimo dias de cada período experimental por intermédio de simulação manual de pastejo. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C), processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e posteriormente compostas, como base no peso seco ao ar por piquete e período experimental.

Para estimação da excreção fecal utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi fornecido na quantidade de 20 g/dia a cada animal, às 12h00, por intermédio da fistula ruminal, entre o primeiro e oitavo dias de cada período experimental. As coletas fecais foram realizadas de acordo com o cronograma: 6º dia - 8h00 e 14h00; 7º dia - 10h00 e 16h00 e 8º dia - 12h00 e 18h00. Simultaneamente à

coleta fecal foram tomadas amostras de digesta abomasal. As amostras de fezes e digesta abomasal foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Posteriormente, elaboraram-se amostras compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

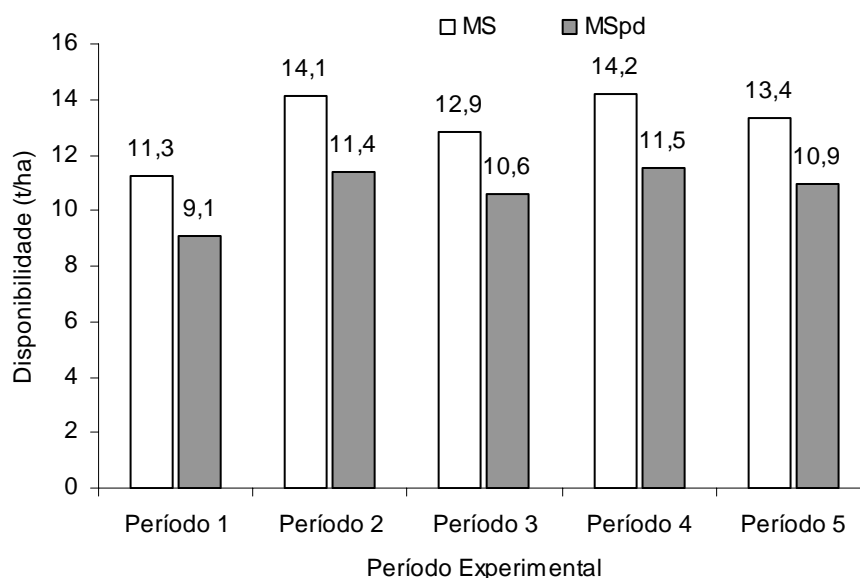


Figura 2 - Disponibilidade média de matéria seca (MS) e matéria seca potencialmente digestível (MSpd) na pastagem em função dos períodos experimentais.

Para avaliação do pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foram realizadas, no nono dia do período experimental, coletas de líquido ruminal às 06h00, 12h00, 18h00 e 24h00. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por uma camada tripla de gaze e submetidas à avaliação do pH por intermédio de potenciômetro digital. Em seguida, separou-se alíquota de 40 mL, a qual foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise.

No nono dia de cada período experimental foi realizada coleta de conteúdo ruminal para isolamento de microrganismos ruminais. As amostras foram tomadas imediatamente antes e seis horas após o fornecimento do suplemento (12h00 e 18h00), conforme técnica descrita por Cecava et al. (1990).

Do décimo ao décimo quinto dia do período experimental foi realizado procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, o qual foi baseado no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose

pulso (Ellis et al., 1994), sendo empregado como indicador o cromo mordente à fibra, produzido conforme descrição de Udén et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras de pasto obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental. Para simulação da atividade inicial de mastigação pelo animal, as amostras foram submetidas a um processo de moagem tripla em moinho de facas, sem peneira, segundo sugestões de Detmann et al. (2005a).

Foram fornecidos, para cada animal, 100 g de fibra mordente, diretamente no rúmen, às 8h00 do décimo dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 e 120 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm).

Simultaneamente a esta avaliação, foi conduzido procedimento de incubação *in situ* para quantificação dos eventos da dinâmica de degradação ruminal da FDN.

Amostras de pasto obtidas via simulação manual de pastejo (primeiro dia de cada período experimental), após secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (2 mm), foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT, 100 g/m²) (Casali et al., 2008), com dimensões 4 x 5 cm, na proporção de 25 mg MS/cm² de superfície. As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo de incubação no rúmen dos animais. Empregaram-se os seguintes tempos de incubação: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas.

Os sacos foram dispostos em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos sob ventilação forçada (60°C).

No décimo quinto dia foram realizadas coletas de urina, na forma de amostras *spot*, em micção espontânea dos animais, aproximadamente duas horas antes (10h00) e quatro horas após (16h00) o fornecimento dos suplementos. As amostras foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 mL foi separada e diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) (Valadares et al. 1999), a qual destinou-se à quantificação das concentrações urinárias de creatinina, uréia e nitrogênio total. Simultaneamente à amostragem urinária foram coletadas amostras de sangue diretamente da veia jugular utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacuntainer® SST II Advance). O sangue foi imediatamente centrifugado a 2.700 x g por 15 minutos para obtenção do soro, sendo este armazenado (-20°C) para posterior avaliação do nível sérico de uréia.

As amostras de pasto obtidas via simulação manual, digesta abomasal e fezes foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H₂SO₄ 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002). As correções no tocante aos teores de cinzas e proteína contidos na FDN e na FDA foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Os suplementos foram avaliados quanto aos teores de MS, MO, PB e EE, conforme as técnicas descritas acima.

Os teores de CNF foram obtidos segundo Hall (2000):

$$CNF = MO - [EE + FDN_{cp} + (PB - PBu + U)] \quad (1);$$

em que: CNF = teor de carboidratos não-fibrosos (%); MO = teor de material orgânica (%); EE = teor de extrato etéreo (%); FDN_{cp} = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (%); PB = teor de proteína bruta (%); PBu = teor de proteína bruta a partir da uréia (%); U = teor de uréia (%).

A composição química dos suplementos e do pasto é apresentada na Tabela 1.

As amostras fecais referentes à avaliação de consumo foram avaliadas por colorimetria quanto ao teor de dióxido de titânio segundo método descrito por Titgmeyer et al. (2001).

A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação:

$$EF = \frac{D}{CF} \quad (2);$$

em que: EF = excreção fecal (g/dia); D = dose diária de dióxido de titânio (g/dia); e CF = concentração fecal de dióxido de titânio (g/g).

As estimativas de consumo voluntário foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno, quantificadas por procedimento de incubação *in situ* por 240 horas, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

O consumo foi estimado adaptando-se as recomendações de Detmann et al. (2001a), uma vez que os suplementos eram isentos de FDNi:

$$CMS = CMS_{For} + CMSSUP = \frac{(EF \times CIFz)}{CIFor} + CMSSup \quad (3);$$

em que: CMS = consumo de MS (g/dia); EF = excreção fecal (g/dia); CIFz = concentração de FDNi nas fezes (g/g); CMS_{For} = consumo de MS de forragem (g/dia);

CMSSup = consumo de MS de suplemento (g/dia); e CIFor = concentração de FDNi na forragem (g/g).

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), carboidratos não-fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), FDA corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) no pasto e nos suplementos

Item	Suplementos ⁶				Pasto ⁷
	U	2/3U	1/3U	A	
MS ¹	98,20	97,24	96,26	95,30	22,05±0,87
MO ²	99,76	99,18	98,58	98,00	91,20±0,25
PB ²	256,11	197,83	137,79	79,52	9,99±0,32
EE ²	0,0	0,81	1,64	2,45	1,54±0,06
FDN ²	---	---	---	---	71,42±0,61
FDNcp ²	---	---	---	---	63,93±0,76
PIDN ⁵	---	---	---	---	25,16±0,85
CNF ^{2 4}	0,0	5,13	10,66	16,03	15,75±0,47
FDA ²	---	---	---	---	41,69±0,51
FDAcp ²	---	---	---	---	30,31±0,83
PIDA ⁵	---	---	---	---	7,90±0,33
Lignina ²	---	---	---	---	4,05±0,12
FDNi ²	---	---	---	---	17,81±0,45

¹% da matéria natural. ²da MS. ³ CNF = MO – (PB + EE + FDNcp). ⁴ CNF = MO – (EE + FDNcp)+(PB-PBu +U). ⁵ % da PB. ⁶U = uréia; 2/3U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ⁷Média ± erro-padrão da média (amostras obtidas por simulação manual de pastejo).

As estimativas de fluxo abomasal de MS foram obtidas pela relação entre consumo e concentração abomasal de FDNi.

As amostras de pasto relativas à disponibilidade total de forragem foram analisadas quanto aos teores de FDN (Mertens, 2002) e FDNi (Casali et al., 2008) objetivando-se a avaliação do percentual de MS potencialmente digestível (MSpd) da forragem (Figura 2), segundo Paulino et al. (2008):

$$MSpd = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi) \quad (4);$$

em que: MSpd = teor de MS potencialmente digestível na forragem (% da MS); e FDN e FDNi = teores de FDN e FDNi na forragem, respectivamente (% da MS).

A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi quantificada de acordo com a técnica colorimétrica proposta por Chaney & Marbach (1962). As concentrações obtidas nos diferentes tempos de amostragem foram combinadas por

animal, produzindo-se, ao final, valor único, representativo da média diária de concentração de NAR. Combinação similar foi conduzida sobre os valores de pH ruminal.

As amostras de microrganismos ruminais foram avaliadas quanto aos teores de PB (Silva & Queiroz, 2002) e bases púricas (Ushida et al., 1985). Contudo, problemas foram detectados no tocante às estimativas de concentração de bases púricas nos microrganismos. Desta forma, para o cálculo da produção microbiana, utilizou-se a estimativa média da relação $N_{\text{RNA}}:N_{\text{total}}$ nos microrganismos ruminais relatada por Valadares Filho (1995) (0,176 g/g).

As amostras de soro, após descongelamento, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de uréia, segundo método enzimático-colorimétrico (Bioclin® K047).

As amostras de urina, depois de descongeladas, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de creatinina, segundo o método de Jaffé modificado (Bioclin® K016-1), uréia, como descrito para as amostras de soro, e nitrogênio total, segundo o método de Kjeldhal (Silva & Queiroz, 2002).

O volume urinário total foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina e sua excreção por unidade de PV, segundo equação descrita por Chizzotti et al. (2006):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (5);$$

em que: EC = excreção diária de creatinina (mg/kg PV); e PV = peso vivo (kg).

As amostras de fezes relativas aos procedimentos para quantificação dos parâmetros da cinética de trânsito foram analisadas quanto aos teores de MS (Silva & Queiroz, 2002) e cromo (Willians et al., 1962).

Os parâmetros da cinética de trânsito foram estimados por intermédio do ajustamento à curva de excreção fecal do indicador do modelo $\Gamma(2)$ tempo-dependente descrito por Ellis et al. (1994):

$$C_t = Z \times (t - \tau) \times \gamma \times \exp[-\gamma \times (t - \tau)] \quad (6);$$

em que: C_t = concentração fecal do indicador no tempo “t” (ppm); t = tempo após o fornecimento do indicador (h); γ = parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (h^{-1}); Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm x h); e τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes ou tempo de trânsito intestinal (h).

Os tempos médios de retenção no rúmen-retículo e no trato gastrointestinal total foram estimados pelas equações seguintes, segundo Ellis et al. (1994):

$$TMRR = \frac{2}{\gamma} \quad (7);$$

$$TMRT = TMRR + \tau \quad (8);$$

em que: TMRR = tempo médio de retenção no rúmen-retículo (h); TMRT = tempo médio de retenção total (h); e γ e τ como definidos anteriormente.

Os resíduos de degradação ruminal foram analisados quanto ao teor de FDN em aparelho analisador de fibras (Ankom²²⁰®). Os perfis de degradação da FDN foram interpretados por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) + I \quad (9);$$

em que: R_t = resíduo não-degradado de FDN no tempo t (%); B = fração potencialmente degradável (%); I = fração indegradável (%); e λ = taxa fracional conjunta de latência e degradação (h^{-1}).

As estimativas de latência discreta foram obtidas segundo derivações de Vieira et al. (1997):

$$LAG = \frac{R(0) - R(t_i)}{R'(t_i)} + t_i \quad (10);$$

em que: LAG = latência discreta (h); $R(0)$ = resíduo de FDN não-degradado em $t = 0$ (%); $R(t_i)$ = resíduo não-degradado de FDN obtido no ponto de inflexão da curva de degradação (%); $R'(t_i)$ = derivada da curva ajustada de degradação para o ponto de inflexão (máxima taxa de degradação do substrato) (h^{-1}); e t_i = tempo equivalente ao ponto de inflexão da curva de degradação (h).

Os valores de t_i foram obtidos segundo Van Milgen et al. (1991):

$$t_i = \frac{1}{\lambda} \quad (11).$$

As frações B e I foram expressas na forma padronizada, segundo sugestões de Waldo et al. (1972).

$$Bp = \frac{B}{B + I} \quad (12);$$

$$Ip = \frac{I}{B + I} \quad (13).$$

A fração efetivamente degradada da FDN foi obtida em adaptação às sugestões de Ørskov & McDonald (1979), segundo a equação:

$$FED = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [f(t) \times (-\frac{dRt}{dt})] dt \quad (14);$$

em que: FED = fração efetivamente degradada da FDN (%); $f(t)$ = função relativa ao deslocamento de sólidos no ambiente ruminal.

A função $f(t)$ foi obtida por re-parametrização de (6), reinterpretando-se o perfil excretório obtido de partículas emergentes para partículas residentes (Ellis et al., 1994):

$$f(t) = (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t) \quad (15).$$

As estimativas do efeito de repleção ruminal da FDN foram obtidas por adaptações às proposições de Waldo et al. (1972), segundo as equações:

$$RRpd = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Bp \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) \times (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t)] dt \quad (16);$$

$$RRi = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Ip \times (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t)] dt \quad (17);$$

$$RRt = RRpd + RRi \quad (18);$$

em que: RRt = efeito de repleção ruminal total da FDN (h); RRpd = efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (h); e RRi = efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (h).

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5 com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais.

A soma de quadrados de tratamentos foi decomposta por intermédio de contrastes ortogonais segundo o esquema descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição dos coeficientes empregados nos contrastes

Contraste ²	Tratamentos ¹					
	MM	U	2/3U	1/3U	A	
CO	4	-1	-1	-1	-1	
Linear	0	-3	-1	1	3	
Quadrático	0	-1	1	1	-1	
Cúbico	0	-1	3	-3	1	

¹ MM = controle; U = uréia; 2/3U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ² CO = controle versus suplementos; os efeitos Linear, Quadrático e Cúbico são referentes à substituição da uréia por albumina no suplemento.

Os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do programa SAS (*Statistical Analysis System*), adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Para os ajustamentos não-lineares relativos às equações (6) e (9) utilizou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton implementado no PROC NLIN do SAS. A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da distribuição de χ^2 segundo o teste de identidade de modelos não-lineares proposto por Regazzi (2003). Neste caso, três hipóteses foram avaliadas: diferença global entre tratamentos; diferença entre o tratamento adicional (controle) e os tratamentos que envolveram suplementação; e diferença entre tratamentos que envolveram suplementação.

Para a cinética de trânsito, os testes supracitados foram aplicados somente aos parâmetros γ e τ , uma vez que o parâmetro Z não apresenta sentido biológico (Equação 6). Para a cinética de degradação avaliou-se somente o parâmetro λ (Equação 9), sob o pressuposto de as frações potencialmente degradável e indegradável constituírem características exclusivas do substrato (Detmann et al., 2008). As estimativas dos demais parâmetros, por serem derivados dos parâmetros acima listados, foram avaliadas descritivamente.

Para os procedimentos não-lineares adotou-se 0,10 como nível crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

Resultados

Não foram observados efeitos da suplementação sobre o consumo voluntário ($P>0,10$), com exceção do consumo de PB, que foi ampliado pela suplementação ($P<0,10$) (Tabela 3).

A ausência de efeitos da suplementação ($P>0,10$) sobre o consumo de MS de pasto e de FDNcp indica que nenhum efeito aditivo ou substitutivo sobre o consumo voluntário de forragem foi observado (Tabela 3).

A substituição da uréia por albumina causou efeito linear sobre o consumo de PB ($P<0,10$). Como a suplementação foi baseada no fornecimento de quantidade fixa de PB, esta alteração pode ser atribuída ao consumo de PB oriunda da forragem. Embora o consumo de pasto não tenha sido alterado pela modificação na composição dos suplementos ($P>0,10$), percebe-se que as estimativas de consumo apresentaram pequena alteração entre suplementos, as quais acompanharam as alterações observadas no consumo de PB (Tabela 3).

Efeito cúbico ($P<0,10$) relativo à substituição da uréia por albumina nos suplementos foi verificado sobre o consumo de FDN digerida, o qual se caracterizou

pelo maior consumo com a utilização de 2/3 de PB oriunda da uréia em comparação aos demais suplementos (Tabela 3).

As demais variáveis relacionadas ao consumo voluntário não foram afetadas pela composição dos suplementos ($P>0,10$).

A suplementação não afetou ($P>0,10$) os coeficientes de digestibilidade total ou o nível dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT), exceção feita ao coeficiente de digestibilidade total da PB, que foi ampliado ($P<0,10$) com o fornecimento de suplementos (Tabela 4).

A variação na composição dos suplementos implicou em efeito cúbico ($P<0,10$) sobre o coeficiente de digestibilidade total da FDNcp, o qual pode ser atribuído ao incremento causado pela utilização de 2/3 de PB a partir da uréia em comparação aos demais suplementos (Tabela 4).

A suplementação elevou ($P<0,10$) as estimativas do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB, que migraram de negativa ($P<0,10$), para o tratamento controle, para positivas, porém não diferentes de zero ($P>0,10$), para os tratamentos envolvendo suplementação (Tabela 4).

A alteração na composição dos suplementos afetou de forma linear ($P<0,10$) o coeficiente de digestibilidade ruminal da MS, o que indica tendência de redução à medida que albumina foi adicionada ao suplemento (Tabela 4).

Nenhum outro coeficiente de digestibilidade ruminal foi afetado pela suplementação ou pela composição dos suplementos ($P>0,10$).

A suplementação não afetou os coeficientes de digestibilidade intestinal ($P>0,10$). Contudo, efeitos lineares positivos da substituição da uréia por albumina foram observados ($P<0,10$) sobre os coeficientes de digestibilidade intestinal da MS e do EE (Tabela 4).

A suplementação ampliou ($P<0,10$) o consumo de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), possível reflexo do aumento do consumo de PB de pasto, como apresentado anteriormente. Contudo, nenhum efeito do fornecimento de suplementos foi observado ($P>0,10$) sobre o consumo de PIDN digerida ou sobre o coeficiente de digestibilidade total da PIDN (Tabela 5).

De outra forma, a suplementação reduziu ($P<0,10$) as participações da PIDN total e digerida sobre a PB total e digerida na dieta (Tabela 5).

Tabela 3 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritos de probabilidades para contrastes (Valor-P) para os consumos de matéria seca (MS), MS de pasto (MSP), matéria orgânica (MO), MO de pasto (MOP), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF), MS digerida (MSD), fibra em detergente neutro digerida (FDND), nutrientes digestíveis totais (NDT) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	MM	U	2/3U	1/3U	A		CO	L	Q	C
					kg/dia					
MS	7,869	7,897	8,373	8,209	8,001	7,6	0,4365	0,9058	0,2611	0,6657
MSP	7,869	7,817	8,233	8,014	7,751	7,7	0,7907	0,7448	0,2644	0,6683
MO	7,255	7,172	7,662	7,465	7,269	7,3	0,6207	0,9325	0,1997	0,5670
MOP	7,255	7,092	7,523	7,273	7,024	7,4	0,9236	0,6815	0,2035	0,5698
PB	0,707	0,998	1,009	1,131	1,092	10,5	<0,0001	0,0819	0,6177	0,2552
EE	0,120	0,115	0,140	0,123	0,131	29,5	0,6823	0,6862	0,6427	0,4081
FDNcp	5,065	4,942	5,522	4,986	4,824	8,9	0,9874	0,3505	0,1081	0,1582
CNF	1,363	1,242	1,130	1,305	1,182	14,9	0,1445	0,9891	0,9552	0,1789
MSD	4,645	4,595	5,312	4,821	4,936	13,5	0,4325	0,6963	0,3513	0,2325
FDND	3,776	3,586	4,321	3,573	3,566	14,6	0,9581	0,4812	0,1769	0,0887
NDT	4,602	4,526	5,142	4,758	4,692	13,8	0,5982	0,9329	0,2865	0,3352
FDNi	1,449	1,441	1,355	1,453	1,370	10,6	0,5693	0,7112	0,9830	0,2464
					g/kg de peso vivo					
MS	23,27	23,53	24,71	24,08	23,67	7,7	0,4515	0,9529	0,3766	0,6226
MSP	23,27	23,29	24,30	23,51	22,92	7,9	0,8079	0,6004	0,3771	0,6284
MO	21,44	21,38	22,61	21,91	21,52	7,3	0,6162	0,9318	0,3024	0,5299
MOP	21,44	21,14	22,20	21,34	20,79	7,4	0,9258	0,5606	0,3051	0,5348
FDNcp	15,02	14,83	16,29	14,70	14,29	8,9	0,9942	0,2554	0,1617	0,1703
FDNi	4,29	4,28	4,03	4,28	4,08	10,7	0,5887	0,7063	0,9028	0,3043

¹ MM = controle; U = uréia; 2/3U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ² CO = controle versus suplementos; L = linear; Q = quadrático; C = cúbico.

Em termos de variáveis associadas à PIDN (Tabela 5), somente foi observado efeito linear ($P < 0,10$) da substituição da uréia por albumina sobre a participação da PIDN no tocante à PB total dietética (Tabela 5).

O fornecimento de suplementos elevou o pH ruminal ($P < 0,10$). Por outro lado, a substituição da uréia por albumina nos suplementos implicou efeito cúbico sobre o pH ruminal ($P < 0,10$), com queda nas estimativas em 1/3 de substituição, elevação em 2/3 de substituição e nova queda com a substituição completa por albumina (Tabela 6).

A concentração NAR foi ampliada pela suplementação ($P < 0,10$). Contudo, nenhum efeito foi verificado ($P > 0,10$) sobre este parâmetro no tocante à variação na composição dos suplementos. Os valores médios diários para animais não suplementados e suplementados foram de 9,77 e 15,04 mg NAR/dL de líquido ruminal (Tabela 6).

O consumo de nitrogênio apresentou efeito positivo da suplementação ($P < 0,10$) e efeito linear da substituição da uréia por albumina nos suplementos ($P < 0,10$), refletindo o que foi observado para o consumo de PB.

Por outro lado, a excreção fecal de nitrogênio não foi afetada pela suplementação ou pela composição dos suplementos ($P > 0,10$). O fornecimento de suplementos não alterou ($P > 0,10$) a excreção de nitrogênio urinário. Contudo esta variável foi afetada de forma quadrática ($P < 0,10$) pela substituição da uréia por albumina, havendo redução das estimativas para o suplemento composto por 1/3 de PB oriunda da uréia (Tabela 6).

O balanço nitrogenado absoluto (BN - g/dia) e relativo (BNR – g nitrogênio retido/g nitrogênio ingerido) foram ampliados com a suplementação ($P < 0,10$), observando-se valores médios para animais não suplementados e suplementados de 21,33 e 71,78 g/dia e 0,180 e 0,409 g/g para BN e BNR, respectivamente (Tabela 6).

A substituição da uréia por albumina implicou efeito cúbico sobre o BN ($P < 0,10$), refletindo a maior estimativa observada 1/3 de PB oriunda da uréia no suplemento. O BNR comportou-se de forma linear positiva ($P < 0,10$) com a substituição de uréia por albumina (Tabela 6).

A excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU) não foi afetada ($P > 0,10$) pelo fornecimento de suplementos ou pela variação na composição dos suplementos (Tabela 6), apresentando valor médio de 22,79 g/dia, equivalendo, em média, a 67,1% dos compostos nitrogenados totais presentes na urina.

Tabela 4 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para os coeficientes de digestibilidade ruminal, intestinal e total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não-fibrosos (CNF) e teor dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos diferentes tratamentos

Ítem	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	MM	U	2/3U	1/3U	A		CO	L	Q	C
					Ruminal ³					
MS	69,94	73,25	77,03	73,75	60,71	15,8	0,8306	0,0991	0,1395	0,9145
MO	80,18	82,25	84,72	81,28	71,65	13,4	0,9709	0,1321	0,2552	0,9911
PB ⁴	-22,56*	9,92 ^{ns}	15,95 ^{ns}	17,34 ^{ns}	7,74 ^{ns}	371,2	0,0092	0,9107	0,4691	0,8982
EE	-52,80	-49,07	-22,95	-50,30	-51,66	79,6	0,6153	0,6352	0,4112	0,2925
FDNcp	93,77	98,04	94,59	98,08	92,94	8,0	0,5904	0,4606	0,8182	0,3703
CNF	65,16	77,49	80,52	48,62	28,79	93,1	0,8560	0,3329	0,7870	0,7772
					Intestinal ³					
MS	30,06	26,75	23,92	26,25	39,29	36,9	0,8556	0,0893	0,1266	0,8009
MO	19,82	17,75	16,35	18,72	28,35	51,1	0,9208	0,1238	0,2557	0,8682
PB	52,99	53,64	54,20	54,74	59,82	13,4	0,4930	0,2203	0,5063	0,7636
EE	66,29	65,53	65,57	66,95	72,81	6,1	0,5022	0,0155	0,1402	0,7123
FDNcp	6,23	1,96	4,07	1,92	7,06	175,2	0,5181	0,3941	0,6564	0,4536
CNF	34,84	22,51	19,47	51,37	71,21	166,1	0,8560	0,3329	0,7870	0,7772
					Total					
MS	58,78	58,19	63,45	58,29	60,55	8,9	0,6309	0,8627	0,5650	0,1520
MO	62,13	60,47	66,26	61,11	62,67	9,1	0,8665	0,9040	0,4480	0,1847
PB	45,16	58,05	62,00	62,40	63,27	8,8	<0,0001	0,1475	0,5338	0,7242
EE	47,46	48,87	58,09	49,40	58,86	23,4	0,3229	0,4045	0,9830	0,1685
FDNcp	74,50	72,50	78,29	71,17	73,34	7,6	0,8160	0,6944	0,5063	0,0972
CNF	31,03	22,56	23,80	28,57	23,38	36,6	0,2195	0,7218	0,4996	0,5406
NDT	58,24	57,44	63,09	57,50	57,63	9,4	0,8118	0,6587	0,2865	0,1505

¹ MM = controle; U = uréia; 2/3U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ² CO = controle versus suplementos; L = linear; Q = quadrático; C = cúbico. ³ EE e PB expressos com percentual do que chegou ao local de digestão; para as demais variáveis utilizou-se como referência o percentual do total digerido. ⁴ (*) e (ns): significativamente e não-significativamente diferente de zero pelo teste t ($\alpha = 0,10$).

A concentração sérica de nitrogênio uréico (NUS) foi ampliada pela suplementação ($P < 0,10$), contudo não foi afetada pela alteração na composição dos suplementos ($P > 0,10$). Quando expressa de forma relativa em função do consumo de nitrogênio (NUS:CN), observou-se redução em função da suplementação ($P < 0,10$). Neste caso, a substituição da uréia por albumina causou decréscimo linear ($P < 0,10$) na relação NUS:CN (Tabela 6).

A relação NUS:NAR foi reduzida ($P < 0,10$) pela suplementação, mas não foi alterada pela variação na composição dos suplementos ($P > 0,10$).

O fluxo abomasal de nitrogênio microbiano (NMIC) foi ampliado, embora de forma não-significativa ($P < 0,11$) pelo fornecimento de suplementos. Os valores médios foram de 76,65 e 87,05 g/dia para animais não-suplementados e suplementados, respectivamente (Tabela 6).

A eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM) e o teor de compostos nitrogenados nos microrganismos ruminais não foram influenciados ($P > 0,10$) pelo fornecimento ou pela composição dos suplementos (Tabela 6), apresentando valor médio de 115,67 g PB microbiana/kg de NDT e 8,14% de nitrogênio, com base na MS.

Nenhum efeito significativo ($P > 0,10$) foi observado sobre o tempo de trânsito intestinal ou sobre a taxa de passagem ruminal, observando-se valores médios de 3,98 horas e $0,0240 \text{ h}^{-1}$, respectivamente (Tabela 7). Conseqüentemente, pode-se afirmar que, apesar das diferenças numéricas, nenhum efeito foi observado sobre o tempo médio de retenção no rúmen retículo e no trato gastrintestinal total, cujas estimativas médias para todos os tratamentos foram de 83,33 e 87,31 horas, respectivamente.

O fornecimento de suplementos ampliou, em média, a estimativa da taxa comum de latência e degradação (λ) ($P < 0,10$), cujos valores médios observados foram de 0,0561 e $0,0569 \text{ h}^{-1}$, para animais não suplementados e suplementados, respectivamente (Tabela 8).

Embora não se tenha observado efeito significativo ($P > 0,10$) relativo à composição dos suplementos sobre λ , percebe-se que entre os suplementos destaque foi observado para o fornecimento de 2/3 de PB oriunda da uréia, que elevou em 8,9% a estimativa de λ em comparação ao tratamento controle, ao passo que, em média, os demais suplementos propiciaram valores similares ao observado na ausência de suplementação (Tabela 8).

Em função da similaridade entre tratamentos ($P > 0,10$) quanto à passagem ruminal e pressupondo-se que a dimensão das estimativas das frações potencialmente degradável e indegradável sejam características intrínsecas ao substrato, os parâmetros

Tabela 5 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para os consumos de proteína bruta (CPB – kg/dia), consumos de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN – kg/animal/dia), consumos de PIDN digerida (PIDND - kg/animal/dia), coeficientes de digestibilidade da PIDN (CDPIDN), percentual de PIDN em relação ao total de proteína consumida (PIDNPBT), percentual de PIDN digerida em relação ao total de proteína digerida (PIDNPBD) em função dos diferentes tratamentos

Ítem	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	MM	U	2/3U	1/3U	A		CO	L	Q	C
CPB	0,707	0,998	1,009	1,131	1,092	10,5	<0,0001	0,0819	0,6177	0,2552
CPIDN	0,176	0,211	0,198	0,204	0,188	22,6	0,0530	0,1805	0,9191	0,3875
CPIDND	0,098	0,124	0,107	0,122	0,118	30,7	0,2866	0,9736	0,6732	0,5010
CDPIDN	56,13	58,31	53,52	57,56	62,16	21,3	0,7784	0,5363	0,4077	0,7411
PIDNPBT	25,19	21,29	19,84	17,95	17,60	13,2	0,0008	0,0332	0,6549	0,7215
PIDNPBD	32,66	22,02	17,59	16,58	17,79	33,5	0,0019	0,3560	0,3944	0,9339

¹MM = controle; U = uréia; 1/3U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; 2/3 U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; A = albumina. ²CO = controle versus suplementos; L = linear; Q = quadrático; C = cúbico.

secundários da dinâmica ruminal da FDN foram estimados utilizando-se os valores médios obtidos para os parâmetros B_p (60,15%), I_p (39,85%) e γ (0,0240 h⁻¹). Salienta-se que, sob estes pressupostos, o efeito de repleção ruminal da fração indegradável da FDN assumiu valor único entre tratamentos (33,18 horas).

Neste contexto, refletindo o comportamento observado para as estimativas da taxa de degradação, a utilização de suplemento composto por 2/3 de PB oriunda da uréia reduziu em 6,5% o efeito de repleção ruminal da FDN potencialmente degradável e elevou em 2,8% a fração efetivamente degradada da FDN em relação ao controle, sem suplementação (Tabela 9). Os demais suplementos causaram poucas alterações sobre os parâmetros secundários da dinâmica ruminal da FDN, com exceção do suplemento baseado exclusivamente em uréia, o qual elevou em 8,4 e 6,3% a latência discreta e o efeito de repleção ruminal da FDN potencialmente degradável, respectivamente (Tabela 9).

Discussão

O consumo voluntário de forragem pelo animal é dependente da quantidade e qualidade da forragem ofertada, ou seja, quando maior a possibilidade do animal selecionar materiais com maiores proporções de FDN_{pd}, menores entraves sobre o consumo podem ser observados.

Níveis máximos de consumo e desempenho animal estão relacionados à oferta de forragem de cerca de duas a três vezes a necessidade diária do animal, ou seja, de 10 a 12% do PV seriam necessários para que o animal sob pastejo apresente máximo desempenho (Hodgson, 1990). Contudo, como nem toda MS consumida pelo animal é realmente aproveitada, deve-se basear na disponibilidade de MSpd do pasto, cuja recomendação seria de 4 a 5% do peso vivo dos animais para haver desempenho satisfatório dos animais criados a pasto (Paulino et al., 2002).

Segundo Paulino et al. (2008), a MSpd constitui medida integradora dos aspectos quantitativos e qualitativos do pasto, o que permite maior precisão na avaliação da real capacidade de suporte e desempenho animal na área utilizada. Considerando-se a disponibilidade média de MSpd nos períodos experimentais (10,7 t/ha ou 3,64 t/piquete) e o peso médio dos animais durante o experimento (340,1 kg), observou-se que a disponibilidade instantânea de MSpd nos pastos foi de 10,6 vezes o peso dos animais, o

que possivelmente pode ser considerada como não restritiva em relação à possibilidade de maximização do consumo de forragem.

Por outro lado, considerando-se apenas os aspectos químicos da forragem (Tabela 1), observou-se que o teor de PB médio situou-se acima dos patamares mínimos (7-8% PB) necessários para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos substratos fibrosos da forragem basal (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009). Em termos de pastos tropicais durante o período das águas, pode-se considerar a forragem avaliada neste experimento como de média a alta qualidade.

A similaridade do consumo de MS de pasto entre animais suplementados e não suplementados (Tabela 3) indica que nenhum efeito substitutivo ou aditivo sobre o consumo de pasto foi verificado com o fornecimento de suplementos protéicos. Este comportamento torna a suplementação estritamente protéica diferenciada em relação à utilização de suplementos protéico-energéticos, na qual efeitos substitutivos em relação ao consumo de forragem são comumente observados (Detmann et al., 2001b; Costa et al., 2009b).

Por outro lado, segundo os conceitos teóricos aplicados à nutrição de bovinos sob pastejo de forragem de alta qualidade, haveria, sob estas condições, desbalanço metabólico gerado pelas características da dieta ingerida (Paulino et al., 2008). Pastos tropicais durante o período das águas tenderiam a apresentar alta degradabilidade da PB (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2005b). Isto poderia ser compatível com a presente situação, uma vez que somente 25% da PB da dieta basal encontravam-se na forma associada aos compostos fibrosos insolúveis (Tabela 1).

Sob estas circunstâncias, devido à menor velocidade de degradação das fontes energéticas da forragem, representadas principalmente pela fibra insolúvel, haveria baixa assimilação microbiana dos compostos nitrogenados no rúmen, os quais seriam eliminados na urina. Assim, como seria reduzida a disponibilidade de proteína metabolizável em relação à energia oriunda da forragem (Detmann et al., 2005b), o excesso relativo de compostos cetogênicos no metabolismo animal seria eliminado por ciclos fúteis, ampliando a geração de calor corporal e inibindo o consumo voluntário (Poppi & McLennan, 1995).

Neste contexto, em termos teóricos, os suplementos deveriam ser formulados para ampliar o fornecimento de proteína metabolizável, o que poderia ser obtido via suprimento de energia de rápida disponibilidade no rúmen para a ampliação da assimilação dos compostos nitrogenados da forragem (Paulino et al., 2008).

Tabela 6 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para o pH ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), consumo de nitrogênio (CN – g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU – g/dia), balanço nitrogenado aparente (BN – g/dia), BN relativo (g nitrogênio aparentemente retido/g de nitrogênio ingerido), concentração de nitrogênio uréico no soro (NUS – mg/dL), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC – g/dia), eficiência de síntese microbiana (EFIM – g PB microbiana/kg de NDT) e concentração de nitrogênio nos microrganismos ruminais (NBAC - % da MS) em função dos tratamentos

Ítem	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	MM	U	2/3U	1/3U	A		CO	L	Q	C
pH	6,28	6,68	6,55	6,63	6,34	1,6	0,0003	0,0015	0,1378	0,0200
NAR	9,77	14,73	14,83	17,93	12,67	26,6	0,0152	0,6847	0,1340	0,1533
CN	113,10	159,66	159,29	180,97	181,97	9,6	<0,0001	0,0203	0,9246	0,1865
EFN	61,25	65,61	61,56	65,92	63,35	14,1	0,5372	0,9018	0,8625	0,4100
EUN	30,52	37,42	35,28	26,13	40,44	28,6	0,3861	0,9964	0,0906	0,1383
EUNU	21,71	19,11	25,03	23,52	24,60	26,5	0,6620	0,2389	0,8436	0,2110
BN	21,33	56,62	62,45	89,69	78,37	23,0	<0,0001	0,0099	0,2019	0,0603
BNR	0,180	0,348	0,390	0,481	0,415	20,6	<0,0001	0,0960	0,1440	0,1944
NUS	10,33	12,94	11,78	11,78	11,97	11,0	0,0171	0,2821	0,2676	0,7121
NUS:CN	0,0938	0,0814	0,0752	0,0676	0,0643	13,6	0,0020	0,0271	0,7808	0,7974
NUS:NAR	1,0975	0,9186	0,9352	0,7631	0,8593	22,6	0,0545	0,4611	0,6946	0,3049
NMIC	76,65	80,20	89,62	92,04	86,34	19,3	0,1069	0,4224	0,2257	0,6239
EFIM	109,20	112,44	113,94	114,19	128,62	15,0	0,4400	0,2942	0,5389	0,9912
NBAC	7,73	8,17	8,98	7,95	7,88	11,4	0,2891	0,3275	0,3136	0,1573

¹ M M= controle; U = uréia; 2/3U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ² CO = controle versus suplementos; L = linear; Q = quadrático; C = cúbico.

Assim, o fornecimento de fontes protéicas prontamente degradáveis não propiciariam melhorias na relação proteína metabolizável:energia metabolizável, podendo, inclusive, acarretar redução no consumo voluntário devido à elevação no metabolismo hepático e na amônia sanguínea e intracelular, que implicariam sensações de mal-estar nos animais (Detmann et al., 2007).

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de trânsito da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹			DPA ³
	Z	τ	γ	
MM	300,9	4,11	0,0249	81,01
U	302,7	4,57	0,0228	80,70
2/3U	263,4	4,19	0,0214	83,00
1/3U	283,0	3,89	0,0247	82,50
A	299,7	3,13	0,0261	82,20
Hipótese		Valor-P		
Tratamentos ⁴	-	0,3149	0,9106	-
Suplementação ⁵	-	0,2246	0,8119	-
Suplementos ⁶	-	0,5415	0,9252	-

¹ Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm x h); γ = parâmetro-taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (h^{-1}); τ = tempo de trânsito intestinal (h). ² MM = controle; U = uréia; 2/3 U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ³ Desvio-padrão assintótico. ⁴ Diferença entre todos os tratamentos avaliados. ⁵ Diferença entre o controle e os tratamentos com suplementação. ⁶ Diferença entre tratamentos com suplementação.

Contudo, de forma similar ao obtido neste trabalho, a manutenção do consumo de pasto com o fornecimento de suplementos com níveis elevados de PB foram também observados por outros autores em bovinos durante o período das águas (Zervoudakis, 2003; Zervoudakis et al., 2008; Porto, 2009), o que denota que os fundamentos teóricos apresentados anteriormente podem não representar completamente a relação entre a suplementação com fontes protéicas degradáveis e a resposta animal.

Os resultados deste trabalho agregam aos obtidos por Ventura et al. (1975) que, ao suplementarem ovinos alimentados com capim pangola (*Digitaria decumbens*) com farelo de soja (aproximadamente 0,1% do PV em PB), não verificaram alteração do consumo de forragem quando esta apresentava 13,7% de PB. Contudo, influências negativas da suplementação foram verificadas por estes autores quando a forragem basal apresentava 17,8% de PB. Isto sugere que a suplementação como compostos nitrogenados somente pode acarretar efeitos deletérios sobre o consumo em níveis de PB basal acima daqueles observados normalmente na forragem durante o período das

águas, o que parece justificar a não observação dos efeitos teóricos descritos anteriormente.

Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹			DPA ³
	Bp	Ip	λ	
MM	61,24	38,76	0,0561	63,8
U	63,40	36,60	0,0518	64,1
2/3U	58,46	41,54	0,0611	63,3
1/3U	60,65	39,35	0,0574	62,1
A	57,02	42,98	0,0572	62,3
Hipótese	Valor-P			
Tratamentos ⁴	-	-	<0,0001	-
Suplementação ⁵	-	-	0,0387	-
Suplementos ⁶	-	-	0,1820	-

¹ Bp = fração padronizada potencialmente degradável (%); Ip = fração padronizada indegradável (%); λ = taxa comum de latência e degradação da fração potencialmente degradável (h⁻¹).² MM = controle; U = uréia; 2/3 U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ³ Desvio-padrão assintótico. ⁴ Diferença entre todos os tratamentos avaliados. ⁵ Diferença entre o controle e os tratamentos com suplementação. ⁶ Diferença entre tratamentos com suplementação.

De forma geral, poucos foram os efeitos da suplementação sobre os coeficientes de digestibilidade totais e parciais, com exceção da PB, os quais serão discutidos posteriormente (Tabela 4). Embora se tenha observado queda na proporção da MS digerida no rúmen com a substituição de uréia por albumina, este efeito foi compensado pela relação linear positiva da proporção de albumina no suplemento sobre o coeficiente de digestibilidade intestinal da MS, o que culminou em estimativas similares do coeficiente de digestibilidade total da MS (Tabela 4).

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros secundários da dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Parâmetro ³	Tratamentos ^{1,2}				
	MM	U	2/3U	1/3U	A
FEDT	47,17	45,86 (97,2)	48,48 (102,8)	47,53 (100,8)	47,48 (100,7)
FED	78,42	76,24 (97,2)	80,60 (102,8)	79,02 (100,8)	78,94 (100,7)
LAG	5,02	5,44 (108,4)	4,61 (91,8)	4,91 (97,8)	4,93 (98,2)
RRpd	17,87	19,00 (106,3)	16,70 (93,5)	17,55 (98,2)	17,60 (98,5)

¹ MM = controle; U = uréia; 2/3 U = 2/3 uréia + 1/3 albumina; 1/3 U = 1/3 uréia + 2/3 albumina; A = albumina. ² Os valores entre parênteses correspondem ao percentual em relação ao tratamento controle. ³ FEDT = fração efetivamente degradada em relação à FDN total (%); FED = fração efetivamente degradada em função da FDN potencialmente degradável (%); LAG = latência discreta (h); RRpd = efeito de repleção ruminal da FDN potencialmente degradável (h).

Ressalta-se que a utilização de suplementos protéico-energéticos tem sido associada à queda na utilização da proteína do pasto por reduzir a digestibilidade da PIDN (Costa et al., 2009b). Contudo, nenhum efeito negativo sobre a utilização da PIDN foi observado com o fornecimento de suplementos exclusivamente protéicos neste estudo (Tabela 5). Ressalta-se que a porção digerida da PIDN representou aproximadamente 1/3 do total de PB digerida pelos animais não-suplementados, o que releva sua importância para animais mantidos em sistemas de produção exclusivamente a pasto (Tabela 5).

Por outro lado, embora a suplementação não tenha elevado a digestibilidade total ou parcial da FDN ($P < 0,10$), a alteração na composição dos suplementos implicou efeito cúbico ($P < 0,10$) sobre o coeficiente de digestibilidade total da FDN, o que refletiu a maior estimativa observada como o uso de 2/3 da PB do suplemento oriundos da uréia. Este comportamento foi corroborado pela maior taxa de degradação da FDN observada com este suplemento (Tabela 8).

A utilização de 2/3 da PB suplementar na forma de uréia tem sido apontada em condições tropicais como ponto em que haveria maior estímulo à atividades dos microrganismos fibrolíticos, no senso de se promover o equilíbrio no fornecimento de precursores nitrogenados, principalmente na forma de amônia, e de outros substratos, como ácidos graxos de cadeia ramificada, produzidos a partir da degradação de proteína verdadeira (Paez-Bernal, 2007; Zorzi et al., 2009).

Este estímulo à utilização da FDN acarretou efeito cúbico da composição dos suplementos sobre o consumo de FDN digerida, cuja maior estimativa foi observada com a utilização de 2/3 da PB do suplemento na forma de uréia (Tabela 3), implicando maior extração de energia a partir da fibra insolúvel da forragem.

Contudo, mesmo com este estímulo sobre a utilização da FDN, nenhum efeito foi observado sobre o consumo de FDN, o qual apresentou estimativas médias de 15,02 e 15,03 g/kg para animais suplementados e não suplementados (Tabela 3), embora reduções no efeito de repleção ruminal da FDN potencialmente degradável tenham sido observados (Tabela 9).

Sob condições de entraves físicos ao consumo, o estímulo sobre a taxa de degradação da FDN ampliaria a velocidade de retirada dos compostos fibroso insolúveis do ambiente ruminal, os quais estão associados à repleção física (Allen, 1996; Paulino et al., 2008). Com isto, ampliaria-se o *turnover* ruminal, o que implicaria aumento no consumo de forragem (Detmann et al., 2009). Contudo, a ausência de efeitos sobre o

consumo de FDNi (a qual somente é retirada do ambiente ruminal por passagem) (Tabela 3) e sobre as estimativas diretas do fluxo ruminal dos compostos fibrosos (Tabela 7) indica que o *turnover* ruminal não foi alterado pela suplementação, mesmo com estímulos sobre a degradação da FDN (Tabela 9).

Sob condições de pastejo, notadamente em regiões tropicais, os entraves físicos são normalmente definidos como o mecanismo predominante que determina o limite do consumo voluntário de forragem. Isto parece ser aplicado com propriedade para animais alimentados com forragens de baixa qualidade (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009). Contudo, mesmo nestas condições, mecanismos fisiológicos ou metabólicos de controle parecem atuar sobre o consumo (Detmann et al., 2009). As estimativas médias de consumo de FDN se situaram em patamares superiores ao que seria esperado quando mecanismos físicos de controle de consumo são predominantes (Mertens, 1994). Associando-se isto à não-alteração do consumo de FDN, mesmo com estímulos que teoricamente reduziriam o efeito físico de repleção (Tabelas 8 e 9), pode-se inferir que aspectos metabólicos de regulação do consumo sejam mais proeminentes quando pasto de alta qualidade é disponibilizado aos animais, como destacado por Detmann et al. (2005b).

O efeito positivo da suplementação mais proeminente observado neste estudo pode ser atribuído à elevação no balanço nitrogenado, o qual foi ampliado de 18,0 para, em média, 40,9% do nitrogênio total ingerido (Tabela 6). Este efeito acarretaria diretamente incremento no ganho de peso de animais em produção.

A associação dos comportamentos do consumo, da digestibilidade e do balanço de compostos nitrogenados corrobora diretamente o comportamento de animais mantidos em pastagens de alta qualidade recebendo suplementos com altos níveis protéicos (Zervoudakis, 2003; Zervoudakis et al., 2008; Porto, 2009).

Zervoudakis et al. (2008), trabalhando com bovinos em crescimento em pastagem de capim-braquiária (10,82% de PB), verificaram que o fornecimento de suplementos com, em média, 53,6% de PB, não afetou o consumo de pasto e o coeficiente de digestibilidade da FDN; contudo incrementos de 20% sobre o ganho médio diário dos animais foram obtidos.

De forma similar, Zervoudakis (2003), também trabalhando com bovinos em crescimento em pastos de capim-braquiária (8,68% de PB), ao fornecer suplemento com 61% de PB contendo 15% de uréia em sua composição, não verificou efeitos sobre o

consumo de pasto ou digestibilidade da FDN, mas verificou ampliação do ganho de peso em relação ao grupo controle (385 x 538 g/dia).

Porto (2009), ao suplementar novilhos Nelore (53,3% de PB no suplemento com 6,3% de uréia) em pastagem de capim-braquiária (9,34% de PB), observou elevação no ganho de peso (706 x 952 g/dia) e no balanço de compostos nitrogenados (23,1 x 46,0 g/dia) em relação aos animais não suplementados, embora não tenha verificado efeito da suplementação sobre o consumo de pasto ou coeficiente de digestibilidade da FDN.

Na maioria dos trabalhos a ampliação do ganho de peso (e, por analogia, do balanço de compostos nitrogenados) de animais mantidos em pastos de alta qualidade com suplementação protéica está associada à elevação da concentração de NAR (Zervoudakis, 2003; Moraes et al., 2006; Paulino et al., 2006; Zervoudakis et al., 2008). Neste estudo, o fornecimento de suplementos elevou a concentração diária de NAR de 9,77 para, em média, 15,04 mg/dL (Tabela 6).

Segundo Detmann et al. (2009), 15 mg de NAR/dL de fluido ruminal são necessários para que se maximize a produção microbiana no rúmen de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. De acordo com estes autores, esta concentração de NAR é superior ao necessário para minimização dos entraves físicos ao consumo (8 mg/dL), o que corrobora, ao menos em parte, a ausência de efeitos sobre a ingestão de FDN (Tabela 3). Contudo, ajustamentos metabólicos demandariam concentração excedente de NAR (15 mg/dL) de forma a minimizar o desconforto animal, sob a ótica de controle multifatorial do consumo (Forbes, 2003), e maximizar a utilização dos nutrientes oriundos da forragem no metabolismo animal.

Embora sem efeito significativo ($P < 0,11$), a suplementação incrementou a produção de compostos nitrogenados microbianos em cerca de 10,4 g N/dia ou 13,6% em relação ao tratamento controle (Tabela 6). Considerando-se a contribuição da proteína microbiana em termos de aminoácidos absorvidos no intestino delgado, associada à constância entre tratamentos quanto ao consumo de NDT (Tabela 3), haveria maior relação proteína metabolizável:energia metabolizável no organismo animal, o que propiciaria maior retenção de nitrogênio corporal. Isto é suportado pela correlação positiva ($P < 0,10$) entre o fluxo abomasal de compostos nitrogenados microbianos e o balanço de compostos nitrogenados (Tabela 10).

Ressalta-se que, mesmo sem diferenças significativas entre suplementos quanto à produção microbiana, maior estimativa foi observada com a utilização de 1/3 da PB suplementar na forma de uréia, o que parece ter contribuído, ao menos em parte, para o

maior balanço de compostos nitrogenados observado neste tratamento (Tabela 6). Isto aparentemente contradiz o maior estímulo sobre o crescimento microbiano sobre a FDN com a utilização de 2/3 da PB na forma de uréia, como apresentado por outros autores (Paez-Bernal, 2007; Zorzi et al., 2009) e verificado neste estudo (Tabelas 4 e 8). Contudo, o ecossistema ruminal é composto por várias populações microbianas (Russell, 2002); assim, a utilização de 1/3 de PB na forma de uréia e 2/3 na forma de proteína verdadeira pode ter acarretado otimização global do crescimento microbiano, propiciando ponto de equilíbrio entre populações fibrolíticas e não-fibrolíticas.

De forma geral, o balanço de compostos nitrogenados foi influenciado primariamente pela entrada de nitrogênio no sistema, o que é evidenciado pela correlação positiva ($P < 0,10$) com o consumo de nitrogênio (Tabela 10). Reitera-se que a suplementação não afetou as perdas nitrogenadas urinárias e fecais (Tabela 6), as quais não apresentaram associação com o balanço nitrogenado ($P > 0,10$) (Tabela 10).

Contudo, a associação entre consumo e balanço de compostos nitrogenados não deve ser interpretada de forma direta, uma vez que nem todo o nitrogênio presente nos suplementos (e.g. uréia e sulfato de amônio) pode ser diretamente incorporado no organismo animal. Neste sentido, a associação entre balanço de compostos nitrogenados e o consumo de nitrogênio deve ser enfatizada indiretamente pela associação deste com outras variáveis do metabolismo dos compostos nitrogenados.

O consumo de nitrogênio se associou positivamente ($P < 0,10$) com a produção microbiana, e esta, por sua vez, se associou positivamente ($P < 0,10$) com o balanço de compostos nitrogenados (Tabela 10). Isto indica que a ampliação no consumo total de nitrogênio afeta o balanço nitrogenado por estimular o fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado, o que pode ser reflexo da associação positiva ($P < 0,10$) com a concentração de NAR (Tabela 10).

Contudo, assumindo-se que 60% do nitrogênio microbiano está na forma de proteína verdadeira e que esta apresenta 100% de digestibilidade intestinal (Sniffen et al., 1992), o incremento numérico médio no fluxo de nitrogênio microbiano responderia por cerca de 6,0; 18,9; 13,5 e 10,2% do incremento do balanço nitrogenado para os suplementos compostos por uréia, 2/3 de uréia, 1/3 de uréia e albumina, respectivamente (média de 12,2%). Este comportamento indica que outros mecanismos, além do fornecimento de proteína no intestino, estão associados à suplementação com fontes protéicas degradáveis, contribuindo para a ampliação no balanço de compostos nitrogenados no animal.

Tabela 10 - Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis: fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC – g/dia), balanço nitrogenado aparente (BN – g/dia), concentração de nitrogênio uréico no soro (NUS – mg/dL), concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), consumo de nitrogênio (CN – g/dia), coeficiente de digestibilidade ruminal da proteína bruta (DRPB), excreção fecal de nitrogênio (EFN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU – g/dia)

Variável ^{1 2}	Variável ^{1 2}							
	BN	NUS	NAR	CN	DRPB	EFN	EUN	EUNU
NMIC	0,7257 <i>0,0115</i>	0,1204 <i>0,7243</i>	0,5892 <i>0,0565</i>	0,7603 <i>0,0066</i>	0,6565 <i>0,0282</i>	0,3551 <i>0,2838</i>	0,1564 <i>0,6460</i>	-0,1839 <i>0,5884</i>
BN	---	0,3263 <i>0,3274</i>	0,7742 <i>0,0052</i>	0,9505 <i><0,0001</i>	0,8089 <i>0,0026</i>	0,1149 <i>0,7368</i>	0,0712 <i>0,8352</i>	0,2729 <i>0,4168</i>
NUS		---	0,4280 <i>0,1891</i>	0,4514 <i>0,1635</i>	0,5677 <i>0,0685</i>	0,1790 <i>0,5984</i>	0,7111 <i>0,0142</i>	-0,0094 <i>0,9782</i>
NAR			---	0,8089 <i>0,0026</i>	0,6786 <i>0,0233</i>	0,4119 <i>0,0281</i>	0,1147 <i>0,7369</i>	-0,0753 <i>0,8259</i>
CN				---	0,8747 <i>0,0004</i>	0,3832 <i>0,2447</i>	0,3278 <i>0,3250</i>	0,1804 <i>0,5956</i>
DRPB					---	0,2807 <i>0,4030</i>	0,4764 <i>0,1385</i>	0,1229 <i>0,7188</i>
EFN						---	0,4982 <i>0,1189</i>	-0,2123 <i>0,5309</i>
EUN							---	-0,1703 <i>0,6165</i>

¹ Os valores sub-escritos correspondem aos níveis descritivos de probabilidade para erro tipo I associado às hipóteses: $H_0: \rho = 0$; $H_a: \rho \neq 1$. ² Os coeficientes de correlação foram ajustados para os efeitos de animal e período experimental.

Hafley et al. (1993), ao suplementarem bovinos em pastagem de alta qualidade (10,5% de PB) com fontes protéicas degradáveis no rúmen, verificou ampliação no ganho de peso em relação ao tratamento controle, sem suplementação (0,95 x 1,03 kg/dia). Contudo, ao acrescentarem ao suplemento fontes protéicas não-degradáveis (o que ampliaria o suprimento de proteína no intestino além do adicional de proteína microbiana) não verificaram efeito sobre o desempenho animal em comparação ao fornecimento exclusivo de proteína degradável (1,08 kg/dia). Ressalta-se que o suprimento somente de fontes protéicas não-degradáveis não ampliou o ganho de peso em relação ao controle (0,97 kg/dia). Estes resultados reforçam a hipótese da ação de mecanismos que não envolvem a ampliação direta do aporte de proteína metabolizável.

Por outro lado, ressalta-se que mesmo obtendo-se incrementos no ganho de peso ou balanço nitrogenado com o aumento no suprimento de proteína degradável, estes podem não estar associados a incrementos no suprimento de proteína microbiana (Marini & Van Amburgh, 2003; Porto, 2009).

A hipótese da existência de efeitos adicionais ao incremento no suprimento de proteína metabolizável pode ser percebido pelos coeficientes de correlação expressos na Tabela 10. Embora a concentração de NAR tenha se correlacionado positivamente com a produção de nitrogênio microbiano ($r = 0,5892$; $P < 0,10$), observou-se que correlação mais forte foi observada entre NAR e o balanço de compostos nitrogenados ($r = 0,7742$; $P < 0,10$), o que parece indicar que a disponibilidade de nitrogênio amoniacal no rúmen afeta o balanço nitrogenado por outras vias além do estímulo ao crescimento microbiano.

O suprimento de NAR é provido pela degradação da proteína dietética e pelos eventos de reciclagem de nitrogênio na forma de uréia via saliva e epitélio ruminal (Van Soest, 1994). Comumente, a reciclagem de nitrogênio é assumida como significativa somente se o consumo de nitrogênio for baixo (Huntington & Archibeque, 2000), assumindo papel de mecanismo para atendimento das exigências microbianas quando as exigências do hospedeiro são baixas (Van Soest, 1994). Desta forma, em animais alimentados com níveis protéicos considerados não-limitantes ao crescimento microbiano, como os observados neste estudo para os animais mantidos sem suplementação (aproximadamente 9%; Tabela 11), não se esperaria participação significativa da reciclagem como aquela observada sob condições de baixos níveis protéicos (Figueiras et al., 2009).

Tabela 11 - Nível de proteína bruta na dieta (NPB), depuração plasmática de uréia para o rúmen (DPU) e reciclagem de nitrogênio para o rúmen na forma de uréia (RCU) em função dos diferentes tratamentos

	Tratamento					
	MM	U	2/3U	1/3U	A	
NPB ¹	8,98	12,64	12,05	13,78	13,65	
DPU ²						
	3	27,15	17,27	17,11	13,13	20,86
	4	22,88	18,08	16,76	12,69	20,38
	5	20,23	11,33	10,38	7,01	11,66
	6	100,0	56,0	51,3	34,7	57,7
RCU ²						
	6	39,91	21,59	23,95	17,64	18,04
	7	45,14	34,47	38,66	31,92	31,53
	8	100,0	54,1	60,0	44,2	45,2

¹ % da matéria seca. ² Estimado segundo NRC (1985). ³ mL/h/kg de peso vivo. ⁴ g de nitrogênio na forma de uréia/dia (produzido a partir dos valores obtidos em 3, utilizando-se o peso vivo médio dos animais e a concentração de NUS). ⁵ % do nitrogênio total ingerido. ⁶ % dos valores obtidos em (5) em relação ao tratamento controle. ⁷ g de nitrogênio na forma de uréia/dia (produzido a partir dos valores obtidos em 6) ⁸ % dos valores obtidos em (6) com relação ao tratamento controle.

Contudo, o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB para o caso de animais não suplementados foi negativo (Tabela 4). Sob esta condição, evidencia-se que o fluxo de nitrogênio ao abomaso é superior ao consumo de nitrogênio, ou seja, o rúmen está em situação de balanço negativo de compostos nitrogenados e a reciclagem parece estar provendo quantidades significativas de nitrogênio ao ambiente ruminal. Assim, seu papel parece ser significativo em animais não suplementados. Neste estudo, verificou-se que coeficientes de digestibilidade ruminal negativos da PB são obtidos com níveis de NAR inferiores a 10,91mg/dL. Estímulos sobre este parâmetro são obtidos ($P < 0,10$) até o nível de 12,56 mg NAR/dL. A partir deste ponto não são mais observadas ($P > 0,10$) alterações sobre o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB (Figura 3). A conversão destes valores em termos de PB dietética (Figura 4), indicam que 10,52 e 11,62% de PB são necessários para se anular e maximizar o coeficiente de digestibilidade aparente ruminal da PB, respectivamente.

A uréia transferida do sangue para o ambiente ruminal é rapidamente degradada pelas bactérias ureolíticas aderidas ao epitélio ruminal. Isto faz com que a concentração de uréia no rúmen seja extremamente baixa em relação à concentração sanguínea, garantindo gradiente favorável para sua transferência. Neste contexto, o mecanismo de transferência é muitas vezes assumido como simplesmente passivo (Van Soest, 1994).

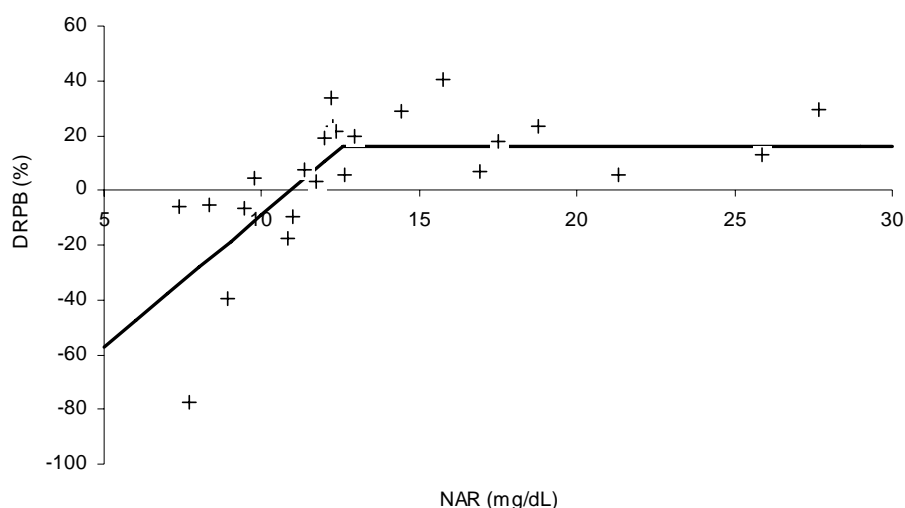


Figura 3 - Relação entre a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e o coeficiente de digestibilidade ruminal da proteína bruta (DRPB) ($\hat{Y} = -105,7336 + 9,692X, \forall X < 12,5582; \hat{Y} = 15,9865, \forall X \geq 12,5582; s_{xy} = 15,88$).

No entanto, a intensidade de transferência de uréia não deve ser vista simplesmente como efeito do ambiente de crescimento microbiano, mas com um processo de interação entre o microrganismo e o hospedeiro com regulação específica (Stewart et al., 2005; citado por Waterlow, 2006). Neste sentido, a taxa de transferência de uréia do sangue para o rúmen é regulada pela expressão das ureases microbiana e epitelial (Chalupa et al., 1970; Cheng & Wallace, 1979) e pela síntese de transportadores (ou facilitadores de transporte) de uréia no epitélio ruminal (Marini & Van Amburgh, 2003; Marini et al., 2004).

A flora ureolítica da parede do rúmen constitui exemplo de população de bactérias simbióticas cuja atividade enzimática está envolvida na regulação de uma função essencial do animal (a reciclagem de nitrogênio) (Cheng & Wallace, 1979). A atividade ureolítica no epitélio ruminal está positivamente associada à transferência de uréia do sangue, ou seja, quanto maior a atividade ureolítica, maior a transferência (Chalupa et al., 1970; Cheng & Wallace, 1979; Kennedy et al., 1981).

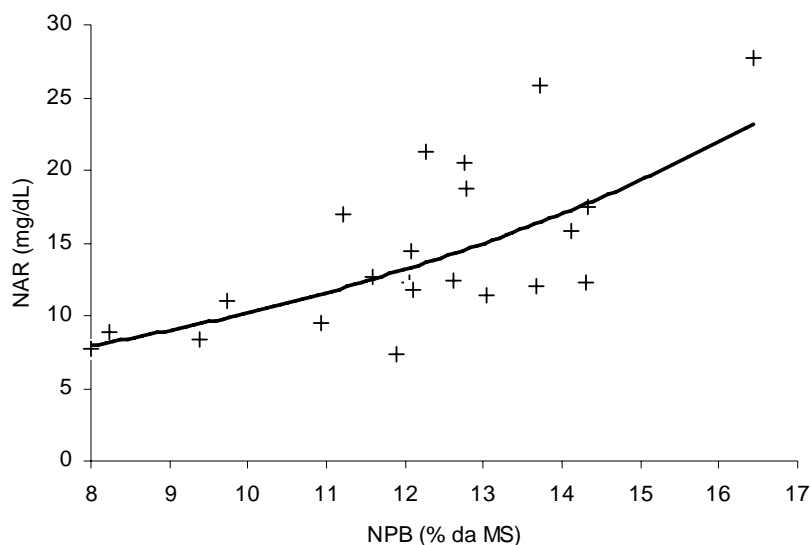


Figura 4 - Relação entre o nível de proteína bruta na dieta (NPB) e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) ($\hat{Y} = 2,8439e^{0,1278X}$; $s_{xy} = 4,14$).

Entre vários mecanismos envolvidos na regulação da atividade ureolítica microbiana e epitelial, a concentração de NAR assume papel fundamental (NRC, 1985; Huntington & Arquibeque, 2000; Marini & Van Amburgh, 2003). A expressão de urease pelas bactérias facultativas do epitélio ruminal é regulada negativamente pela concentração de NAR, ou seja, animais com baixa amônia ruminal terão maior taxa de transferência de uréia pela maior expressão da urease (Bunting et al., 1989). Assim, a intensificação ou redução do processo de transferência de uréia para o rúmen pela urease bacteriana é indiretamente controlada pela concentração de NAR (Cheng & Wallace, 1979).

De forma recente, foram identificados carreadores ou facilitadores do transporte de uréia no epitélio ruminal (Marini & Van Ambourgh, 2003; Marini et al., 2004). Marini & Van Amurgh (2003) verificaram que a expressão dos carreadores foi ampliada com o suprimento de nitrogênio (e, conseqüentemente, de NAR). Segundo estes autores, existe a possibilidade de a uréia difundida via espaço parecelular ou passando pela camada bilipídica seja redirecionada ao sangue pelos transportadores com a elevação do nitrogênio dietético. Assim, a elevação de NAR deprimiria a atividade da urease e elevaria a expressão de carreadores, reduzindo a depuração de uréia pelo rúmen.

Neste contexto, pode-se afirmar que baixas concentrações de NAR ampliarão a reciclagem de uréia para o rúmen (Harmeyer & Martens, 1980; Marini & Van Amburgh, 2003; Marini et al., 2004), mecanismo este que parece ser o responsável pelo

balanço negativo de compostos nitrogenados no rúmen em animais não suplementados (Tabela 4) e que, provavelmente, resulta de tentativa do animal em propiciar melhores condições para o crescimento microbiano com objetivo de melhor adequar a relação proteína:energia no metabolismo (Detmann et al., 2009).

Isto daria ao rúmen de animais não suplementados o *status* de dreno de uréia sanguínea. Segundo Kennedy & Milligan (1978), a máxima transferência de uréia para o rúmen em bovinos é obtida com 5 a 8 mg NAR/dL. Neste caso, a suplementação com compostos nitrogenados prontamente degradáveis, ampliando a concentração de NAR (Tabela 6), reduziria o dreno de uréia pelo rúmen e, conseqüentemente, a participação percentual da reciclagem no ambiente ruminal (NRC, 1985; Tabela 11), culminando em balanço de nitrogênio ruminal positivo (Tabela 4).

Ampliações do dreno ruminal de uréia quando menores concentrações de NAR são implementadas foram verificadas por outros autores mediante avaliação da depuração sanguínea de uréia pelo rúmen (Kennedy & Milligan, 1980; Marini & Van Amburgh, 2003), concordando com as estimativas obtidas neste estudo a partir de modelo proposto pelo NRC (1985) (Tabela 11).

A depuração sanguínea total de uréia é influenciada pelo balanço entre as depurações renal e ruminal (Marini & Van Amburgh, 2003). Embora se tenha observado correlação positiva ($P < 0,10$) entre NUS e excreção total de nitrogênio na urina, não houve associação ($P > 0,10$) entre NUS e excreção urinária de uréia (Tabela 10). Logo, a depuração renal de uréia parece não ter sido alterada entre tratamentos, reforçando a hipótese de dreno ruminal de uréia.

Devido à maior deficiência dietética de compostos nitrogenados observada durante o período seco em comparação ao período das águas, argumentos poderiam ser tecidos no sentido de o dreno ruminal de uréia ser significativo somente na seca, em virtude das menores concentrações de NAR. Contudo, em adição à amônia ruminal, a degradação ruminal de MO exerce efeito direto e positivo sobre a transferência de uréia para o rúmen (Kennedy & Milligan, 1980; Kennedy et al., 1981), possível reflexo do maior crescimento microbiano com forragens de melhor qualidade.

Contrastando-se a situação observada no tratamento controle, com os dados obtidos por Figueiras et al. (2009), utilizando a mesma área e os mesmos animais utilizados neste estudo durante o período da seca e com níveis dietéticos de PB similares, percebe-se que menor concentração de NAR é observada na seca. Isto levaria

ao quadro de menor reciclagem de uréia para o rúmen durante o período das águas considerando-se o NAR como único mecanismo regulador (Tabela 12).

Tabela 12 - Comparação entre diferentes situações experimentais quanto ao nível de proteína bruta na dieta (NPB - % da MS), concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR - mg/dL), concentração de nitrogênio uréico no plasma (NUS - mg/dL), coeficiente de digestibilidade ruminal aparente da proteína bruta (DRPB - % do que chegou ao local), consumo de matéria orgânica (CMO - g/kg PV), coeficiente de digestibilidade ruminal aparente da matéria orgânica (DRMO - % do que chegou ao local) e matéria orgânica aparente digerida no rúmen (MOADR - g/kg PV)

Item	Situação Experimental	
	Figueiras et al. (2009) ¹	Tratamento Controle
NPB	8,92	8,98
NAR	7,78 (100,0%)	9,77 (122,6%)
NUS	14,1	10,3
DRPB	1,21	-22,6
CMO	16,10	21,44
DRMO	36,81	49,82
MOADR	5,93 (100,0%)	10,68 (180,1%)

¹ Bovinos manejados a pasto durante o período da seca (7,55% de PB), recebendo 0,35 g/kg de peso vivo em PB suplementar.

Contudo, durante o período das águas, a massa de MO degradada no rúmen foi elevada em cerca de 80,1% (Tabela 12), o que implicaria em ampliação da demanda de uréia para manutenção do crescimento microbiano no rúmen, reforçando a hipótese de que o dreno de uréia pelo rúmen seja significativo durante o período das águas (o que pode ser reforçado pelo menor coeficiente de digestibilidade ruminal aparente da PB). Segundo Kennedy et al. (1981), a ampliação na MO degradada no rúmen seria acompanhada por redução na concentração de NUS, o que concorda com a avaliação comparativa apresentada na Tabela 12.

Embora não haja correlação entre NUS e a expressão dos mecanismos de regulação de transferência de uréia para o rúmen (Kennedy & Milligan, 1980), o que é reforçado pela ausência de correlação entre NUS e NAR ($P > 0,10$; Tabela 10), o *pool* sanguíneo de uréia funciona como fornecedor para rúmen.

O espaço de uréia corporal constitui fração constante do peso vivo, sendo NUS representante da concentração de uréia neste espaço (Marini & Van Amburgh, 2003). O *pool* corporal de uréia seria dado pelo produto entre espaço e concentração. Em um delineamento em quadrado latino completo, como utilizado neste estudo, todos os tratamentos são aplicados a todos os animais; logo, as diferenças entre animais são controladas, fazendo com que as estimativas médias de tratamentos sejam expressas

homogeneamente em relação ao efeito de animal. Assim, a dimensão do espaço de uréia seria a mesma para todos os tratamentos. Portanto, o *pool* de uréia seria dado pelo produto do espaço, que seria constante, pela concentração de NUS. Desta forma, a variação na concentração representaria diretamente a variação no *pool*, pois seria a única variável no produto.

Sob este pressuposto, o fornecimento de suplementos ampliou o *pool* absoluto de uréia no organismo dos animais (Tabela 6), o que concorda com os resultados de outros autores (Harmeyer & Martens, 1980; Marini & Van Amburgh, 2003; Marini et al., 2004). Contudo, o *pool* de uréia relativo à massa total de nitrogênio ingerido (dado pela relação NUS:CN) foi maior nos animais não suplementados, mostrando maior proporção nitrogênio circulante em relação a cada unidade de nitrogênio ingerida (Tabela 6).

O maior *pool* relativo de uréia nos animais não suplementados pode estar refletindo o maior dreno ruminal de uréia, o que é corroborado pela maior relação NUS:NAR em animais não-suplementados (Tabela 6). Embora o *pool* de uréia esteja positivamente relacionado ao maior consumo de nitrogênio (Marini & Van Amburgh, 2003), a concentração de uréia no *pool* é controlada homeostaticamente para manutenção de funções vitais (Van Soest, 1994; Marini et al., 2004). Assim, em animais não suplementados, o maior *pool* relativo parece indicar que o dreno ruminal de uréia exigiria maior síntese de uréia hepática para manutenção da homeostase sanguínea.

Mesmo parecendo um ciclo fútil, a síntese de uréia no fígado e sua posterior degradação no trato gastrintestinal pode ser considerada necessária para prover NAR para a síntese microbiana, constituindo mecanismo adaptativo para retenção de nitrogênio no sistema (Marini & Van Amburgh, 2003).

A síntese hepática de uréia envolve a assimilação de dois átomos de nitrogênio: um a partir da amônia mitocondrial, via síntese de carbamilsulfato; e outro a partir do aspartato citoplasmático (Nelson & Cox, 2000; Lindsay & Reynolds, 2005). Os *pools* de transaminação mitocondrial e citoplasmático estão normalmente em equilíbrio, resultando no fato de os dois átomos de nitrogênio da uréia poderem ser oriundos da amônia ou de aminoácidos por intermédio da ação reversível da glutamato desidrogenase. Contudo, sob condições de alto fluxo de uréia, o suprimento mitocondrial de amônia pode não ser suficiente para suprir os dois átomos de nitrogênio, resultando na ampliação do uso de aminoácidos para síntese de uréia (Parker

et al., 1995). Assim, o dreno de uréia definido pelo rúmen sob baixa concentração de NAR poderia implicar maior utilização de aminoácidos para síntese de uréia.

A utilização de aminoácidos para síntese de uréia poderia estar associada à baixa retenção de nitrogênio em ruminantes alimentados com forragens (Parker et al., 1995). Lobley et al. (1995) verificaram que o aumento no ciclo da uréia está associado à utilização de aminoácidos para síntese da uréia. Em adição, Marini & Van Amburgh (2003) verificaram que o aumento no suprimento de nitrogênio ampliou a síntese hepática de uréia a partir da própria uréia dietética (o que, indiretamente, reduziria a participação de outras fontes de nitrogênio, como aminoácidos).

Os aminoácidos utilizados para síntese de uréia são retirados do *pool* sanguíneo de aminoácidos livres (Waterlow, 1999). Por sua vez, o *pool* de aminoácidos circulantes é mantido homeostaticamente (Van Soest, 1994). Assim, na presença de maior captura hepática de aminoácidos, duas situações poderiam ocorrer para manutenção homeostática do *pool* de aminoácidos: em primeiro lugar, os aminoácidos absorvidos no intestino delgado seriam utilizados para manter o *pool* de aminoácidos livres e não seriam utilizados para síntese de tecido; em segundo lugar, para manutenção do *pool*, aminoácidos poderiam ser retirados dos tecidos, reduzindo a retenção de nitrogênio corpóreo.

A redução de precursores para síntese de proteína corporal (aminoácidos livres) implica elevação da mobilização de aminoácidos dos tecidos (Waterlow, 2006), o que reduziria o balanço de compostos nitrogenados.

Assim a partir dos pressupostos apresentados, a suplementação com fontes protéicas degradáveis ampliaria a concentração de NAR e reduziria a demanda de uréia pelo rúmen. Isto acarretaria menor utilização de aminoácidos para síntese hepática de uréia, ampliando a disponibilidade de precursores para síntese de proteína corporal, elevando o balanço nitrogenado dos animais suplementados.

O maior balanço nitrogenado observado com a utilização de 1/3 da PB oriunda da uréia poderia ser suportado pelos mecanismos até aqui discutidos; uma vez que, em comparação com os demais suplementos, foi o que propiciou maior concentração de NAR e maior produção de nitrogênio microbiano (Tabela 6).

Conclusão

A suplementação de bovinos em pastejo com fontes de compostos nitrogenados degradáveis durante o período das águas amplia a eficiência de uso do pasto por elevar a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal, o que reflete indiretamente incremento sobre o balanço nitrogenado.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- BUNTING, L.D.; BOLING, J.A.; MacKOWN, C.T.; DAVENPORT, G.M. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: II Diffusion into and utilization of endogenous urea nitrogen in the rumen. **Journal of Animal Science**, v.67, p.820-826, 1989.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CARVALHO, I.P.C. **Avaliação causal do “efeito proteína” sobre a atividade microbiana em substratos fibrosos insolúveis** Viçosa:UFV, 2009, 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C.; BERGER, L.L. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2480-2488, 1990.
- CHALUPA, W.C.; CLARK, J.; OPLIGER, P.; LAVKER, R. Ammonia metabolism in rumen bacteria and mucosa from sheep fed soy protein or urea. **Journal of Nutrition**, v.100, p.161-169, 1970.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.
- CHENG, K.J.; WALLACE, R.J. The mechanism of passage of endogenous urea through the rumen wall and the role of ureolytic epithelial bacteria in the urea flux. **British Journal of Nutrition**, v.42, p.553-557, 1979.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1813-1821, 2006.
- CONE, J.W.; Van GELDER, A.H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, v.76, p.251-264, 1999.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T. Degradação *in vitro* da fibra em detergente

- neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.
- COSTA, V.A.C. et al. Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro de em bovinos em pastejo durante o período das águas suplementados com diferentes fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009b (no prelo).
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001a.
- DETMANN, E. PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R., ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.D.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e compostos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.L. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos *ad limitum* para bovinos manejados a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia.**, v.55, p.73-93, 2007.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M. A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using *Michaelis-Menten* kinetics. **Livestock Science**, v.126, p.136-146, 2009.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY J.R., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.682-756.
- FIGUEIRAS, J.F.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALENTE, T.N.P.; VALADARES FILHO, S.C.; LAZZARINI, I. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período seco suplementados com compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009 (no prelo).

- FIGUEIREDO, D.M.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; MORAES, E.H.B.K.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2222-2232, 2008.
- FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E139-E144, 2003 (Electronic Supplement 2).
- HAFLEY, J.L.; ANDERSON, B.E.; KLOPFENSTEIN, T.J. Supplementation of growing cattle grazing warm-season grass with proteins of various ruminal degradabilities. **Journal of Animal Science**, v.71, p.522-529, 1993.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates**. Nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Longman: Handbooks in Agriculture, 1990. 203p.
- HARMEYER, J.; MARTENS, H. Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1707-1728, 1980.
- HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1x-11x, 2000.
- KENNEDY, M.P.; MILLIGAN, L.P. The effects of dietary sucrose and the concentrations of plasma urea and rumen ammonia on the degradation of urea in the gastrointestinal tract of cattle. **British Journal of Nutrition**, v.43, p.125-140, 1980.
- KENNEDY, P.M.; CLARKE, R.T.J.; MILLIGAN, L.P. Influences of dietary sucrose and urea on transfer of endogenous urea to the rumen of sheep and numbers of epithelial bacteria. **British Journal of Nutrition**, v.46, p.533-541, 1981.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.635-647, 2009.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LINDSAY, D.B.; REYNOLDS, C.K. Metabolism of the portal-drained viscera and liver. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2 ed. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p.373-398.
- LOBLEY, G.E.; CONNELL, A.; LOMAX, M.A.; BROWN, D.S.; MILNE, E.; CALDER, A.G.; FARNINGHAM, D.A.H. Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver: possible consequences for amino acid catabolism. **British Journal of Nutrition**, v. 73, p.667-685, 1995.
- MARINI, J.C.; Van AMBURGH, M.E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.81, p.545-552, 2003.
- MARINI, J.C.; KLEIN, J.D.; SANDS, J.M.; Van AMBURGH, M.E. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporters abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1157-1164, 2004.

- McCALLAN, A.B.; SMITH, R.H. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between mouth and abomasum. **British Journal of Nutrition**, v.50, p.444-454, 1983.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY J.R., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 2135-2143, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985. 138p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 3ed. New York: Worth Publisher, 2000, 1151p.
- OLIVEIRA, A.L.F.; CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. Efeito da fermentação de proteínas na cinética de produção de gases *in vitro*. In: ZOOTEC'2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Zootecnistas, 2005 (CD-ROM).
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PAEZ-BERNAL, D.M. **Dinâmica de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de capim-braquiária em função de suplementação com diferentes fontes de compostos nitrogenados e carboidratos**. Viçosa:UFV, 2007, 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- PARKER, D.S.; LOMAX, M.A.; SEAL, C.J.; WILTON, J.C. Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. **Proceedings of Nutrition Society**, v.54, p.549-563, 1995.
- PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3, 2002 Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2002. p.153-196.
- PAULINO, M.F.; MORAES, E.H.B.K.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ALEXANDRINO, E.; FIGUEIREDO, D.M. Terminação de novilhos mestiços leiteiros sob pastejo, no período das águas, recebendo suplementação com soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.154-158, 2006.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BARROS, L.V. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.131-169.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.

- PORTO, M.O. **Suplementos múltiplos para recria e terminação de bovinos em pastejo durante o período das águas**. Viçosa:UFV, 2005, 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- PORTO, M.O. **Suplementos múltiplos para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *Brachiaria decumbens***. Viçosa:UFV, 2009, 140p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX D.G.; Van SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- RUSSELL, J.B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca: James B. Russell, 2002. 119p.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, M.A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.560-569, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de Alimentos**. Métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J.; GREENWOOD, R.H.; LOEST, C.A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, p.1037-1046, 1985.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2686-2696, 1999.
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: DZO-UFV, 1995. p.355-388.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; PAULINO, M.F.; VÉRAS, R.M.L. Exigências nutricionais de zebuínos no Brasil. II. Proteína. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. Viçosa: DZO-UFV, 2006. p.75-84.

- Van MILGEN, J.; MURPHY, L.L.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VENTURA, M.; MOORE, J.E.; RUELKE, O.C.; FRANKE, D.E. Effect of maturity and protein supplementation on voluntary intake and nutrient digestibility of pangola digitaria grass hays. **Journal of animal Science**, v.40, p.769-774, 1975.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.C. Application of non-linear models in the description of in situ degradation profiles of the elephant grass (*Pennisetum purpurem* Schum. Mineiro variety). **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
- WATERLOW, J.C. The mysteries of nitrogen balance. **Nutrition Research Reviews**, v.12, p.25-54, 1999.
- WATERLOW, J.C. **Protein Turnover**. 2.ed. Wallingford: CABI Publishing, 2006, 313p.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381-385, 1962.
- ZERVOUDAKIS, J.T. **Suplementos múltiplos de auto controle de consumo e frequência de suplementação, na recria de novilhos durante os períodos das águas e transição águas-secas**. Viçosa:UFV, 2003, 78p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. Suplementos múltiplos de auto controle de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1968-1973, 2008.
- ZORZI, K.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; BAYÃO, G.F. *In vitro* degradation of neutral detergent fiber of high-quality tropical forage according to supplementation with different nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.964-971, 2009.