

ERICK DARLISSON BATISTA

**SUPLEMENTAÇÃO NITROGENADA RUMINAL E/OU
ABOMASAL EM BOVINOS ALIMENTADOS COM FORRAGEM
TROPICAL DE ALTA QUALIDADE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

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

T

B333s
2012

Batista, Erick Darlison, 1984-

Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em
bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade
/ Erick Darlison Batista. – Viçosa, MG, 2012.
xi, 51f. : il. ; 29cm.

Orientador: Edenio Detmann.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 46-51.

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. Forragem. 3. Proteínas
na nutrição animal. 4. Digestão. 5. Metabolismo.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 636.20852

ERICK DARLISSON BATISTA

SUPLEMENTAÇÃO NITROGENADA RUMINAL E/OU ABOMASAL EM BOVINOS
ALIMENTADOS COM FORRAGEM TROPICAL DE ALTA QUALIDADE

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

APROVADA: 14 de fevereiro de 2012.

Cristina Mattos Veloso

Fernanda Helena Martins Chizzotti

Rilene Ferreira Diniz Valadares

Sebastião de Campos Valadares Filho
(Coorientador)

Edenio Detmann
(Orientador)

*"Um homem é um sucesso se pula da cama de manhã, vai dormir à noite
e, nesse meio tempo, faz o que gosta."*

Bob Dylan

*"Cada um de nós compõe a sua história
cada ser em si
carrega o dom de ser capaz
e ser feliz"*

Tocando em Frente – Almir Sater e Renato Teixeira

*A Deus e Nossa Senhora Aparecida por iluminar e abençoar sempre a minha vida,
permitindo realizar meus sonhos...*

Ofereço

*À minha mãe Ilma, por tantas preocupações, orações, ensinamentos e carinho
inestimável durante toda a minha vida;*

*Ao meu pai João, exemplo maior de caráter, trabalho, humildade, persistência e
abrir mão de seus sonhos para que eu e meus irmãos realizássemos os nossos;*

*À minha querida irmã Daniela, pela amizade verdadeira, por me conhecer, apoiar
tanto, mesmo que a distância; e a André Luiz por ser meu cunhado “irmão”.*

*Ao meu irmão, melhor amigo e “pai” Michel por nunca ter me desamparado em
todos os momentos da minha formação; por saber que poderei contar sempre com você.*

Ao meu avô João, pela fé, luta e por sua preocupação, mesmo com seus 94 anos.

*À minha sobrinha Gabriela, por sua existência repleta de alegria e contagiante
simpatia.*

*À minha namorada Patrícia pela cumplicidade, companheirismo, amor, paciência e
por ter colocado um sentido mais que especial em minha vida.*

*Às boas memórias, que o tempo jamais há de apagar de: Vô João, Vovó Eunice e
Mercedes; Tio Luiz e Alex: muitas lembranças e eterna saudade!*

À minha maravilhosa família, pelo apoio, orações e força.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, por me tornar um profissional e permitir realizar este trabalho.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG-PPM), pelo apoio financeiro para a realização desta dissertação.

Ao Professor Edenio Detmann pela sabedoria, atenção nos questionamentos e pelos ensinamentos sob sua orientação desde a graduação; e por me despertar o interesse científico.

Ao Professor Mário Fonseca Paulino, pelo conhecimento e dedicação ao que faz e por me acompanhar como coorientador.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, por ter participado da minha formação acadêmica, acessibilidade, por todo o conhecimento a mim concedido e pela coorientação.

Às Professoras Cristina, Fernanda e Rilene pela valiosa contribuição e participação na banca de defesa deste presente trabalho.

Aos demais professores do DZO por terem participado da minha formação acadêmica.

À minha querida e amada mãe Ilma por seu carinho, amor incondicional, pela compreensão, orações, ensinamentos e confiança em todos os momentos de minha vida.

Ao meu pai João por seu caráter, trabalho, ensinamentos e por ser uma figura humana surpreendente.

A Michel e Daniela pelos conselhos, acreditarem tanto no meu potencial e não medir esforços para me apoiar e conseguir realizar meus sonhos.

À minha amada namorada Patrícia pela paciência, cumplicidade força e companheirismo: TE AMO!; e a seus familiares pelo incentivo.

Aos meus tios: José Eustáquio, Vera, João Roberto, Marlene, Nilton, Luís (*in memorian*), Vicente, Geraldo, Ana Maria, Marcos, Luciano, Maria da Conceição (Teta), Maria, José Alemão e aos meus primos e primas por torcerem por mim e indiretamente me ajudar muito nessa nova conquista!

À Daiany minha querida amiga e companheira na realização deste trabalho, por sua amizade, alegria cativante, apoio e primordial ajuda.

Ao Natanael, Joécio e Zezé pela amizade e por sempre estarem dispostos a me ajudar.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a execução do experimento: Alexandre, Luana, Márcia, Emília, Leandro, Camila, Fernando, William, Thiago Zardo, Eric Balbino, Marco; Leandro e Marco “Paraíba”; Ariel, enfim a todos que de forma direta ou indireta me ajudaram. Muito Obrigado!

Ao Rafael Mezzomo por sua amizade e imprescindível ajuda.

Aos amigos da ZOO6: Aline, André, Camila, Érika, Felipe, Jéssika, Laura, Lays, Daniel, Farley, Flávio, Henrique, Luiz Fernando, Matheus, Natália, Pedro, Rogério, Tatiane e demais companheiros de curso pela amizade e alegria da convivência.

Aos amigos de São José da Lapa: Daniele, Felipe, Frank, Gustavo, D. Helena & família, Mariza & Zú; D. Mariza, Sr. Marli & família; Marcelo, Marcão, Mateus, D. Ângela, Monique, Renária, Jovana, André, Lorena, Naikita, Wilson.

Aos amigos de república Bruno “Batata” e Arthur “Figueiroa”, pela amizade construída e torcida.

Aos demais amigos, colegas de Viçosa e da pós-graduação: Hebréia & Leandro; Paulo, Fernando “Sussú”, Luciano, Ana Paula, Aline, Luana Monteiro, Stefanie, Mateus, Thatyane, Fabiana Lana, Karina Zorzi, Eric, Gustavo, Ériton, Luiz Fernando, João Paulo, Mozart e demais que no momento me falha a memória. Em especial aos amigos do Grupo “Chá Mate”: Aline, Palominha, Pedrão e Sidney pelas semanas de estudo e aflição, mas que foram superados pela nossa aprovação e momentos alegres de devaneios.

A todos aqueles que me ensinaram e fizeram interessar pela área científica: Marcos Marcondes, Ivanna, Viviane, Marjorrie, Cláudia, Daiany, Isabela Carvalho, Thiago, Ísis e Janderson.

A Wellington, Sr. Fernando, Sr. Mário, Monteiro, Plínio e Aline pela colaboração e pela ajuda necessária para a realização das análises laboratoriais.

A todos que contribuíram para que este trabalho fosse realizado e concretizado: Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

Erick Darlisson Batista, filho de João Batista Filho e Ilma Maria Batista, nasceu na cidade de Pedro Leopoldo, estado de Minas Gerais, no dia 16 de fevereiro de 1984.

Em julho de 2010, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 14 de fevereiro de 2012.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	6
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

RESUMO

BATISTA, Erick Darlison, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade.** Orientador: Edenio Detmann. Coorientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados no rúmen e/ou no abomaso sobre o consumo, a digestibilidade, dinâmica ruminal e os parâmetros do metabolismo de compostos nitrogenados em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade. Foram utilizados quatro novilhos da raça Nelore, não castrados, com peso corporal inicial médio de 280 ± 10 kg, fistulados no rúmen e no abomaso. Os tratamentos avaliados foram: controle (somente forragem); suplementação nitrogenada ruminal, com fornecimento diário de 224 g de proteína bruta (PB) suplementar intra-ruminal; suplementação nitrogenada abomasal, com fornecimento diário de 224 g de PB suplementar fornecida diretamente no abomaso; e suplementação nitrogenada ruminal e abomasal, com fornecimento diário de 224 g de PB suplementar, sendo 112 g no rúmen e 112 g no abomaso. A alimentação volumosa basal foi constituída por feno de capim-Tifton (*Cynodon* spp.) com teor médio de PB de 98,6 g/kg de matéria seca (MS), fornecido *ad libitum*. O experimento foi conduzido e analisado segundo delineamento em quadrado latino 4×4 balanceado para efeitos residuais com quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais com 29 dias de duração cada. Os períodos experimentais constaram de três fases ou subperíodos. No primeiro, avaliou-se o comportamento dos animais em termos de consumo sem suplementação. No segundo subperíodo foi avaliada a evolução do consumo em resposta à suplementação. Na terceira fase de cada período, pressupondo-se que os animais estivessem apresentando respostas estáveis à suplementação, procedeu-se às avaliações relativas aos coeficientes de digestibilidade, à dinâmica ruminal de compostos fibrosos e ao metabolismo dos compostos nitrogenados. Não foram observados efeitos ($P > 0,10$) de tratamentos sobre os consumos voluntários de fibra em detergente neutro (FDN) durante os dois primeiros subperíodos experimentais.

Na avaliação do consumo durante a fase pressuposta com resposta estável à suplementação não foram observadas diferenças ($P>0,10$) para o consumo de MS total, de forragem e de FDN. No entanto, o consumo de PB foi incrementado com o fornecimento de suplemento ($P<0,10$). A suplementação elevou ($P<0,10$) as estimativas do coeficiente de digestibilidade total da MS, PB e o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT). Os coeficientes de digestibilidade ruminal da MS e PB, embora não afetados de forma global pela suplementação, foram reduzidos de forma linear com o deslocamento da suplementação do rúmen para o abomaso. Adicionalmente, efeito linear positivo ($P<0,10$) relativo à mudança do local de suplementação do rúmen para o abomaso foi encontrado sobre os coeficientes de digestibilidade intestinal da MS e PB. A massa ruminal e as taxas de passagem e degradação da FDN não foram afetadas pelos tratamentos. Como verificado para o consumo de PB, o balanço aparente de nitrogênio também foi ampliado ($P<0,10$) sendo, em média superior em 43% para os tratamentos envolvendo a suplementação em relação ao controle. A eficiência de utilização do nitrogênio absorvido não foi afetada de forma global pela suplementação ($P>0,10$), entretanto efeito linear positivo ($P<0,10$) foi observado sobre esta variável com o deslocamento da suplementação para o abomaso. As concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal e nitrogênio uréico no soro foram ampliadas pela suplementação ($P<0,10$), apresentando também efeito linear negativo ($P<0,10$), com o deslocamento do local de suplementação do rúmen para o abomaso. O balanço de compostos nitrogenados no rúmen não foi afetado pela suplementação ($P>0,10$), sendo, contudo, observado efeito linear negativo ($P<0,10$) com a mudança da suplementação do rúmen para o abomaso. A excreção fracional de nitrogênio uréico foi incrementada pelo fornecimento da suplementação nitrogenada ($P<0,10$). Não houve efeitos dos tratamentos avaliados ($P>0,10$) sobre a excreção urinária de 3-metil-histidina e a degradação de proteína muscular. O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos não foi afetado pela suplementação ($P>0,10$), contudo efeito linear negativo ($P<0,10$) foi observado com a modificação do local de suplementação do rúmen para o abomaso. A suplementação com compostos nitrogenados no rúmen e/ou no abomaso em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade permite incrementar a retenção de nitrogênio no organismo animal de forma similar. Contudo, a eficiência de utilização do nitrogênio é ampliada com o deslocamento da suplementação do rúmen para o abomaso.

ABSTRACT

BATISTA, Erick Darlisson, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2012. **Ruminal and/or abomasal nitrogen supplementation in cattle fed high-quality tropical forage.** Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

The objective of this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds in the rumen and, or in the abomasum on intake, digestibility, rumen dynamics of fibrous compounds and on the parameters of nitrogenous compounds metabolism in cattle fed tropical forage quality. Four Nellore young bulls, averaging 280 ± 10 kg body weight (BW) and fitted with rumen and abomasum cannulas, were used. The following treatments were evaluated: control (only forage), ruminal nitrogenous compounds supplementation (daily supply of 224 g of crude protein in the rumen), abomasal nitrogenous compounds supplementation (daily supply of 224 g of crude protein in the abomasum), and ruminal and abomasal nitrogenous compounds supplementation (daily supply of 224 g of protein, being 112 g in the rumen and 112 g in the abomasum). The basal diet consisted of Tifton 85 (*Cynodon* spp.) hay, which presented average crude protein (CP) content of 98.6 g/kg of dry matter (DM). The experiment was implemented and analyzed according to a 4×4 Latin square design, balanced for residual effects, with four treatments, four animals and four experimental periods lasting 29 days each. The experimental periods consisted of three phases or sub-periods. At first one, it was evaluated the animal response in terms of intake without supplementation. In the second sub-period it was assessed the evolution of intake according to supplementation. In the third sub-period, it was supposed that animals were under a steady state with regard intake, digestibility and metabolism according to the treatments. From this assumption, it was evaluated the digestibility, the rumen dynamics of fibrous compounds, and the characteristic of the rumen and metabolism of nitrogenous compounds. There was no effect of the treatments ($P > 0.10$) on voluntary intake of neutral detergent fiber (NDF) during the first two experimental sub-periods. During the third sub-period, there was no effects of treatments ($P > 0.10$) on total DM, forage and NDF intake. However, the CP intake was increased by supplementation ($P < 0.10$). Supplementation increased ($P < 0.10$) the digestibility coefficients of DM, CP and

content total digestible nutrients (TDN). The ruminal digestibility of DM and CP, although not globally affected by supplementation were reduced linearly with the displacement of supplemental rumen to the abomasum. Additionally, a positive linear effect ($P < 0.10$) on the change of local to supplement the rumen to the abomasum was found on the intestinal digestibility of DM and CP. The mass and rumen passage and degradation rates of NDF were not affected by treatments. As observed for CP intake, apparent nitrogen balance was also enhanced ($P < 0.10$), being an average 43% higher for treatments involving supplementation compared to control. The efficiency of utilization of absorbed nitrogen was not affected globally by supplementation ($P > 0.10$), however a positive linear effect ($P < 0.10$) was observed on this variable with the displacement of supplementation to the abomasum. The concentrations of ruminal ammonia nitrogen and urea nitrogen in serum were increased by the supplementation ($P < 0.10$), also showing a linear effect ($P < 0.10$), with the displacement of local supplementation of rumen to the abomasum. The nitrogenous compounds in the rumen was not affected by supplementation ($P > 0.10$), being, however, observed a linear effect ($P < 0.10$) with the change of supplemental rumen to the abomasum. The fractional excretion of urea nitrogen was increased by the provision of nitrogen supplementation ($P < 0.10$). There was no effect of the treatments ($P > 0.10$) on the urinary excretion of 3-methylhistidine and degradation of muscle protein. The intestinal flow of microbial N synthesis was not affected by supplementation ($P > 0.10$), however a linear effect ($P < 0.10$) was observed with the change of place of supplementation in the rumen to the abomasum. Supplementation with nitrogenous compounds in the rumen and/or the abomasum in cattle fed tropical forage quality allows to increase nitrogen retention in the animal organism similarly. However, the efficiency of nitrogen utilization is enhanced with the deployment of supplemental rumen to the abomasum.

Introdução

A cadeia produtiva da carne bovina brasileira possui expressiva representatividade no âmbito internacional, sendo o Brasil líder em exportação de carne (FAO, 2011) e detentor do maior rebanho comercial do mundo (USDA, 2011). Além disso, o cenário econômico atual é bastante promissor: os preços continuam a crescer, pois a demanda cresce mais que a oferta; os países emergentes apresentam crescimento populacional, na renda *per capita* e na urbanização; sendo que essas tendências farão com que o Brasil seja o país que tenha o maior crescimento em produção e exportação de carne nos próximos dez anos (Cavalcanti, 2010).

Os sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil baseiam-se na utilização de pastagens, visto que as gramíneas tropicais são capazes de fornecer energia aos animais a custo baixo (Detmann et al., 2008). No entanto, os pastos tropicais raramente constituem dieta equilibrada à produção animal, verificando-se carências múltiplas de componentes minerais, energéticos e protéicos (Paulino et al., 2008), que implicam ineficiência do desempenho animal.

A pluviosidade sazonal nas regiões tropicais incorre períodos de baixa e de alta precipitação, comprometendo a oferta qualitativa e quantitativa da forragem disponível ao pastejo, permitindo que o ano seja dividido em duas estações principais: de seca e de águas (ou estação chuvosa).

Durante o período seco do ano, as forragens tropicais sob pastejo são caracterizadas pela queda acentuada na qualidade nutricional, apresentando baixo teor de proteína bruta (PB) (menor que 70 a 80 g PB/kg de matéria seca), o que limita a capacidade dos microrganismos ruminais em degradar os compostos fibrosos presentes na forragem basal (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009).

De forma contrária ao período de seca, no período de chuvas as forragens tropicais sob pastejo não apresentam baixa qualidade nutricional, apresentando teores de PB geralmente superiores a 70-80 g PB/kg de matéria seca (MS), sendo caracterizadas como de média a alta qualidade. No entanto, os ganhos de peso obtidos em sistemas de produção baseados exclusivamente no uso do pasto estão aquém do observado sob condições similares em regiões temperadas (Poppi & McLennan, 1995). O incremento efetivo deste ganho pode reduzir significativamente o tempo de abate dos animais para 18 a 20 meses, caracterizando a produção de animais precoces a pasto.

Esta discrepância supracitada poderia ser, segundo os conceitos teóricos clássicos aplicados à nutrição de bovinos sob pastejo de forragem de alta qualidade, ao menos em parte, atribuída à alta degradabilidade da PB da forragem. Neste cenário, haveria uma perda excessiva de compostos nitrogenados no ambiente ruminal na forma de amônia, gerando déficit protéico em relação às exigências necessárias para ganhos elevados (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2005).

Dessa forma, em termos teóricos, melhorias no desempenho animal seriam obtidas por intermédio da formulação de suplementos que ampliassem o fornecimento de proteína metabolizável (PM), 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) ou fornecimento de fontes protéicas não-degradáveis no rúmen (PNDR) (Poppi & McLennan, 1995).

Neste cenário, o fornecimento de fontes protéicas prontamente degradáveis no rúmen (PDR) não propiciaria melhorias na relação PM:energia metabolizável (EM), 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).

No entanto, em termos de resposta animal à suplementação, têm sido evidenciadas em condições tropicais respostas negativas, principalmente no tocante à depressão do consumo voluntário, em função de suplementação de base energética (Detmann et al., 2001; Costa et al., 2011a).

Por outro lado, respostas positivas em função do fornecimento de suplementos com alto teor protéico têm sido comumente relatadas. Tais respostas apresentam comportamento aproximadamente similar, no qual não se observa nenhum efeito sobre o consumo de pasto e sobre a digestibilidade ruminal da fibra em detergente neutro (FDN), sendo, contudo, incrementados os ganhos de peso e/ou o balanço de compostos nitrogenados (Zervoudakis, 2003; Zervoudakis et al., 2008; Porto, 2009; Costa et al., 2011b; 2011c), o que denota que os fundamentos teóricos apresentados anteriormente podem não representar completamente a relação entre suplementação com fontes protéicas degradáveis e a resposta animal.

Tendo em vista esses fatores, evidencia-se que os mecanismos de ação dos suplementos durante o período das águas ainda não se encontram totalmente elucidados, havendo a necessidade de se estabelecer diretrizes nutricionais exatas que permitam a formulação nutricional funcional de suplementos para animais manejados em tais condições.

Em trabalho recente conduzido em condições brasileiras com bovinos manejados em pastagem durante o período das águas (Costa et al., 2011b), evidenciou-se que o

rúmen de animais não suplementados poderia ser considerado dreno de uréia, decorrente do maior teor de matéria orgânica degradada no rúmen da forragem, o que aumentaria o requerimento de nitrogênio para sustentar o crescimento microbiano (Detmann et al., 2010a).

Dentre os vários mecanismos que regulam a reciclagem de uréia, a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) assume papel essencial (Huntington & Arquibeque, 2000; Marini & Van Amburgh, 2003). Dessa maneira, animais com baixo NAR terão maior taxa de transferência de uréia para o ambiente ruminal (Bunting et al., 1989). Assim, a intensificação ou redução do processo de transferência de uréia para o rúmen é indiretamente controlada pela concentração de NAR (Cheng & Wallace, 1979).

Sob condições de alta demanda de nitrogênio pelo rúmen poderia ocorrer maior utilização de aminoácidos para síntese de uréia. Assim, na presença de maior captura hepática de aminoácidos, duas situações poderiam ocorrer para a 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; ou em segundo lugar, para manutenção do *pool*, aminoácidos poderiam ser retirados dos tecidos, reduzindo a retenção de nitrogênio corpóreo; sendo que, o primeiro caso parece ser mais plausível em condições tropicais durante o período das águas (Detmann et al., 2010a).

Assim, a partir dos pressupostos apresentados, a suplementação com fontes de PDR ampliaria a concentração de NAR e poderia reduzir a demanda de uréia pelo rúmen. Isto poderia acarretar 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 (Costa et al., 2011b).

Por outro lado, a inclusão de fontes de PNDR, poderia auxiliar na ampliação do suprimento de PM ao animal (Poppi & McLennan, 1995) e elevar a disponibilidade de compostos para reciclagem ao ambiente ruminal (Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011). Contudo, a suplementação com PNDR seria menos eficiente em termos de manutenção do nível de NAR em comparação ao suprimento direto de PDR (Bandyk et al., 2001).

Adicionalmente, a suplementação conjunta de fontes de PDR e PNDR, estimularia indiretamente a reciclagem de nitrogênio no rúmen. Essa pressuposição seria provável de ocorrer mediante concentrações moderadas de NAR e deaminação mais prolongada a partir dos aminoácidos contidos na PNDR que seriam destinados não só ao suprimento de PM. Nesta situação, promoveria aumento na concentração de uréia no sangue coincidindo com a diminuição de NAR (Atkinson et al., 2007; 2010), o que estimularia a reciclagem de nitrogênio.

Contudo, é relevante considerar que a atribuição dos efeitos benéficos relacionados à suplementação com compostos nitrogenados para bovinos manejados em pastos de alta qualidade não permitem suportar com exatidão os efeitos de sua utilização.

Neste sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados no rúmen e/ou no abomaso sobre o consumo, a digestibilidade e sobre as características do metabolismo de compostos nitrogenados em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre os meses de novembro de 2010 e março de 2011.

Foram utilizados quatro novilhos da raça Nelore, não castrados, com peso corporal (PC) inicial médio de 280 ± 10 kg, fistulados no rúmen e no abomaso. Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas, com aproximadamente 10 m², providas de piso de concreto, dispostas com comedouro, bebedouro e acesso irrestrito a água e mistura mineral completa (80 g de fósforo/kg).

Os animais foram alimentados *ad libitum* com feno de capim-Tifton (*Cynodon* spp.) de alta qualidade, com teor médio de PB de 98,6 g/kg de MS, o qual foi fornecido diariamente às 6h00 e 18h00, permitindo-se sobras de, aproximadamente, 100 g/kg de forragem fornecida.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: controle (somente forragem); suplementação nitrogenada ruminal, com fornecimento diário de 224 g de PB suplementar intra-ruminal; suplementação nitrogenada abomasal, com fornecimento diário de 224 g de PB suplementar fornecida diretamente no abomaso; e suplementação nitrogenada ruminal e abomasal, com fornecimento diário de 224 g de PB suplementar, sendo 112 g no rúmen e 112 g no abomaso.

A massa de PB suplementar (224 g PB/dia) correspondeu a, aproximadamente, 30% das exigências dietéticas de PB, 50% das exigências de proteína degradável no rúmen ou 90% das exigências de proteína não degradável no rúmen, considerando-se

um novilho zebuino não castrado com 300 kg de PC e ganho esperado de 0,5 kg/dia (Marcondes et al., 2010a).

Como fonte de compostos nitrogenados suplementares foi utilizada a caseína (caseína pura; *Labsynth*). A escolha desse composto se deu com base na ausência de quantidades significativas de componentes energéticos não protéicos, que poderiam influenciar na avaliação isolada do efeito da suplementação protéica. Além disto, a caseína é considerada fonte de compostos nitrogenados degradável no rúmen e digestível no intestino. Assim, evitou-se confundimento que poderia advir do uso de diferentes fontes de compostos nitrogenados nos diferentes locais de suplementação.

O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino 4×4 balanceado para efeitos residuais (Cochran & Cox, 1957), com quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais com 29 dias de duração cada. Entre períodos utilizou-se intervalo de três dias para auxiliar na redução dos efeitos residuais dos tratamentos. Previamente ao início do experimento os animais foram adaptados por dez dias às condições de manejo, instalações e à forragem basal, receberam complexo vitamínico ADE por via intramuscular e foram tratados contra ecto/endo parasitas. No primeiro e no último dia de cada período experimental os animais foram pesados.

Os períodos experimentais constaram de três fases ou subperíodos. No primeiro, avaliou-se o comportamento dos animais em termos de consumo sem suplementação. No segundo subperíodo foi avaliada a evolução do consumo em resposta à suplementação. Na terceira fase de cada período, pressupondo-se que os animais estivessem apresentando respostas estáveis à suplementação, procedeu-se às avaliações relativas ao consumo voluntário, aos coeficientes de digestibilidade, à dinâmica ruminal de compostos fibrosos e ao metabolismo dos compostos nitrogenados.

Do primeiro ao quinto dia de cada período (primeiro subperíodo), os animais, em todos os tratamentos, foram alimentados exclusivamente com forragem.

A suplementação, característica de cada tratamento, foi iniciada no sexto dia de cada período experimental. O suplemento total foi fracionado em duas porções de mesmo peso e fornecido aos animais simultaneamente ao fornecimento da forragem (6h00 e 18h00).

No caso de suplementação ruminal, o suplemento foi acondicionado em saco de papel e introduzido diretamente no rúmen dos animais. Para o caso de suplementação abomasal, a caseína foi diluída em solução fisiológica (NaCl; 9 g/L) utilizando-se liquidificador. As tampas das cânulas abomasais foram adaptadas com tubos de polietileno de cerca de 10 cm, providos de válvulas externas. O suplemento foi infundido no abomaso por intermédio dessas válvulas.

Durante o período de alimentação exclusivo com forragem (1° ao 5° dia) e durante o período de mensuração da intensidade de resposta da suplementação sobre o consumo (6° ao 19° dia), a quantidade de alimento ofertado foi monitorada diariamente. As sobras foram computadas diariamente entre o 2° e o 6° dia e entre o 7° e o 20° dia para os períodos supracitados. As amostras de cada animal para cada dia de coleta, depois de pesadas, foram processadas em moinhos de facas (1 mm) e analisadas quanto aos teores de MS (AOAC, 1990) e de fibra em detergente neutro (FDN), segundo Mertens (2002), utilizando-se α -amilase termoestável e omitindo-se o uso de sulfito de sódio. As análises de FDN foram conduzidas em analisador de fibras (Ankom®²²⁰) utilizando sacos filtrantes F57 (Ankom®). As correções da FDN quanto aos teores de cinzas e proteína contaminantes foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente.

As avaliações considerando-se respostas estáveis à suplementação foram conduzidas do 20º ao 29º dia de cada período experimental. Neste sentido, computou-se o consumo voluntário do 20º ao 23º dia e as sobras obtidas do 21º ao 24º dia. As amostras de forragem e sobras deste período foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental, sendo posteriormente processadas em moinho de facas (1 e 2 mm).

A excreção fecal foi avaliada por intermédio de coletas pontuais de fezes, realizadas do 21º ao 24º dias de cada período experimental, seguindo-se a distribuição: 21º dia – 6h00 e 14h00; 22º dia – 8h00 e 16h00; 23º dia – 10h00 e 18h00; e 24º dia – 12h00 e 20h00, conforme Sampaio et al. (2010). Simultaneamente às coletas fecais foram obtidas amostras de digesta abomasal. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C) e, posteriormente, processadas em moinho de facas (1 e 2 mm).

No 25º dia de cada período experimental foi realizada coleta total de urina. A urina foi coletada utilizando-se funis coletores, fixados por alças elásticas no dorso dos animais, dotados de mangueiras as quais conduziram a urina a reservatórios de polietileno que foram mantidos em caixas de isopor com gelo. As coletas iniciaram às 6h00 e tiveram a duração de 24 horas (Jones et al., 1990). Ao final do período de coleta, o total de urina foi mensurado, homogeneizado e duas alíquotas de 50 mL foram obtidas. A primeira foi conduzida ao Laboratório de Nutrição Animal do DZO para avaliação dos teores de nitrogênio total (método de Kjeldahl; AOAC, 1990), uréia (método enzimático colorimétrico com fator clareante de lípidos; Human® 10505) e creatinina (método do picrato alcalino; Human® 006). A segunda alíquota de urina foi congelada (-80°C) e enviada para laboratório comercial (Laboratórios Hermes Pardini; Belo Horizonte, MG) para quantificação dos teores de 3-metil-histidina por intermédio de cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC).

Durante o 26º dia foram tomadas amostras sanguíneas dos animais às 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00, diretamente via punção da veia jugular, utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer®, SST II Advance) e tubos com vácuo e inibidor de coagulação (BD Vacutainer® K2). As amostras colhidas com gel separador foram imediatamente centrifugadas ($2700 \times g$; 20 minutos) para separação do soro, o qual foi analisado individualmente quanto à concentração de uréia (método enzimático colorimétrico com fator clareante de lípidos; Human® 10505) e creatinina (método do picrato alcalino; Human® 006). A concentração média diária de nitrogênio uréico no soro (NUS) e de creatinina foi obtida pela média aritmética das concentrações nos diferentes tempos de coleta. As amostras obtidas com inibidor de coagulação foram mantidas sob refrigeração (4°C). Ao final do período de coleta foram produzidas amostras compostas por animal, as quais foram enviadas para laboratório comercial (Laboratórios Hermes Pardini; Belo Horizonte, MG) para serem analisadas quanto à concentração de aminoácidos livres por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC; cromatografia quantitativa de aminoácidos).

Ainda durante o 26º dia de cada período experimental foram tomadas amostras de, aproximadamente, 500 mL de líquido ruminal às 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00 para o isolamento de microrganismos segundo técnica descrita por Cecava et al. (1990). Simultaneamente ao isolamento microbiano foram retiradas alíquotas de líquido ruminal para avaliação do pH e da concentração de NAR. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por camada tripla de gaze e submetidas à avaliação do pH por intermédio de potenciômetro digital. Em seguida uma alíquota de 40 mL foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise da concentração de NAR.

No 27º e 29º dias procedeu-se ao esvaziamento ruminal para quantificação da massa residente de fibra no rúmen e das taxas de passagem e degradação do material fibroso. O conteúdo ruminal foi retirado às 10h00 (4 horas após a alimentação matinal) e às 6h00 (antes da alimentação matinal), para os dias supracitados, respectivamente, conforme Oba & Allen (2003). O material coletado foi acondicionado em recipiente de polietileno e pesado. Após homogeneização manual, alíquota de aproximadamente 100 g/kg do material foi retirada e, posteriormente, filtrada para separação de sólidos e líquidos, os quais foram pesados, submetidos à secagem sob ventilação forçada (60°C) e processados em moinho de facas (1 e 2 mm). No 28º dia houve uma pausa para realimentação e descanso dos animais.

Posteriormente, as amostras de feno, sobras, fezes e digesta abomasal foram compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental. As amostras de conteúdo ruminal foram compostas pela proporção das amostras secas da parte sólida e líquida oriunda de cada horário do esvaziamento e, posteriormente, pelo percentual de cada coleta por animal e período, com base no peso seco ao ar.

As alíquotas processadas em peneiras de porosidade 1 mm, foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB e extrato etéreo (EE) segundo métodos descritos por AOAC (1990). Os teores de lignina (H_2SO_4 720 g/kg) foram estimados conforme descrições de Van Soest & Robertson (1985). Os teores de FDN foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002), utilizando-se α -amilase termoestável e omitindo-se o uso de sulfito de sódio. As correções da FDN quanto aos teores de cinzas e proteína contaminantes foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. A caseína foi analisada quanto aos teores de MS, MO, PB e EE, como descrito anteriormente (Tabela 1).

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

Item	Feno ⁴	Caseína ⁴
MS ¹	884,0±5,9	893,9±2,5
MO ²	940,0±3,6	978,7±0,1
PB ²	98,6±2,0	895,1±5,9
EE ²	16,4±1,4	2,5±0,1
CNF ²	110,1±4,1	81,1±5,9
FDN ²	766,3±5,9	---
FDNcp ²	715,0±3,9	---
PIDN ³	509,4±20,0	---
Lignina ²	42,2±1,8	---
FDNi ²	262,9±2,8	---

¹ g/kg de matéria natural. ² g/kg de matéria seca. ³ g/kg de proteína bruta. ⁴ Média±erro padrão.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF; g/kg MS) foram obtidos segundo Detmann & Valadares Filho (2010):

$$CNF = MO - (PB - EE - FDNcp) \quad (1);$$

em que: FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (g/kg MS). Os demais termos foram previamente definidos (g/kg MS).

As amostras de feno, sobras, fezes, digesta abomasal e de conteúdo ruminal (amostra do esvaziamento), processadas em peneira de 2 mm, foram avaliadas quanto ao teor de FDN indigestível (FDNi), utilizando-se sacos F57 (Ankom®) em procedimento de incubação *in situ* por 288 horas, segundo recomendações de Valente et al. (2011).

A excreção fecal e o fluxo abomasal de MS foram estimados pela razão entre concentração e consumo diário de FDNi, segundo a equação:

$$F = \frac{CFDNi}{[FDNi]} \quad (2);$$

em que: F = fluxo diário de digesta abomasal ou de fezes (g/dia); CFDNi = consumo diário de FDNi (g/dia); e [FDNi] = concentração abomasal ou fecal de FDNi (g/g de MS).

Ressalta-se que a massa de suplemento infundida no abomaso não foi considerada para o cálculo dos coeficientes de digestibilidade ruminal, mas somente para se calcular os coeficientes de digestibilidade intestinal.

As taxas relativas à dinâmica ruminal da FDN e FDNi foram estimadas por intermédio das equações adaptadas de Oba & Allen (2003):

$$MR_f = MR_m \times [FDNR] \quad (3);$$

$$MR_i = MR_m \times [FDNiR] \quad (4);$$

$$k_i = \frac{CFDN}{MR_f} \div 24 \quad (5);$$

$$k_{pi} = \frac{CFDN_i}{MR_i} \div 24 \quad (6);$$

$$k_p = \frac{FaFDN}{MR_f} \div 24 \quad (7);$$

$$k_d = k_i - k_p \quad (8);$$

em que: MR_f = massa ruminal de FDN (g); MR_m = massa ruminal de MS (g); [FDNR] = concentração ruminal de FDN (g/g de MS); MR_i = massa ruminal de FDNi (g); [FDNiR] = concentração ruminal de FDNi (g/g de MS); k_i = taxa de ingestão de FDN (/h); CFDN = consumo de FDN (g/dia); k_{pi} = taxa de passagem ruminal da FDNi (/h); CFDN_i = consumo de FDNi (g/dia); k_p = taxa de passagem ruminal da FDN (/h); FaFDN = fluxo abomasal de FDN (g/dia); e k_d = taxa de degradação da FDN (/h).

A concentração de NAR foi quantificada pela técnica colorimétrica proposta por Chaney & Marbach (1962). As concentrações obtidas nos diferentes tempos de amostragem foram combinadas por animal e período, 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 (AOAC, 1990) 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 duodenal. As bases púricas foram utilizadas como indicador para avaliação da concentração microbiana na digesta abomasal, tomando como base a relação $N_{RNA}:N_{total}$ nos microrganismos ruminais.

A carga de nitrogênio uréico filtrada pelos rins e a excreção fracional de nitrogênio uréico foram estimadas adaptando-se as proposições de Reece (2006) por intermédio das equações:

$$CNUF = \frac{EUC}{CSC} \times NUS \quad (9);$$

$$EFNU = \frac{EUNU}{CNUF} \quad (10);$$

em que: CNUF = carga de nitrogênio uréico filtrada pelos rins (g/dia); EUC = excreção urinária de creatinina (g/dia); CSC = concentração sérica de creatinina (g/dL); NUS = concentração de nitrogênio uréico no soro (g/dL); EFNU = excreção fracional de nitrogênio uréico (g/g); EUNU = excreção urinária de nitrogênio uréico (g/dia).

A degradação de proteína muscular foi estimada através da relação descrita por Jones et al. (1990):

$$DPMUS = \frac{EUTM}{[3MH_{músculo}]} \quad (11);$$

em que: DPMUS = degradação diária de proteína muscular (g/dia); EUTM = excreção urinária de 3-metil-histidina ($\mu\text{mol}/\text{dia}$); e $[3\text{MH}_{\text{músculo}}]$ = concentração de 3-metil-histidina no tecido muscular ($3,5106 \mu\text{mol}/\text{g}$).

A estimação da degradação de proteína muscular relativa à quantidade de músculo presente na carcaça foi realizada utilizando-se as equações:

$$M_{\text{carcaça}} = 14,4040 \times EUC \quad (12);$$

$$DPMUSR = \frac{DPMUS}{M_{\text{carcaça}}} \quad (13);$$

em que: $M_{\text{carcaça}}$ = massa de músculo presente na carcaça (kg); EUC = excreção urinária de creatinina (g/dia) (Costa-e-Silva, 2011); e DPMUSR = degradação diária de proteína muscular relativa à quantidade de músculo presente na carcaça (g/kg).

As estimativas do balanço aparente de compostos nitrogenados foram obtidas pela subtração das excreções fecal e urinária do consumo de nitrogênio, sendo todas as estimativas obtidas durante a fase de avaliação do consumo estável.

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino 4×4 balanceado para efeitos residuais (Cochran & Cox, 1957).

As variáveis mensuradas durante a fase de resposta estável à suplementação (consumo, coeficientes de digestibilidade total e parcial, pH, concentração ruminal de NAR, taxa de passagem, excreções urinárias, etc), foram avaliadas pelo modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + A_j + P_k + \varepsilon_{ijk} \quad (14);$$

em que: Y_{ijk} = variável resposta mensurada no animal j , durante o período k , submetido ao esquema de suplementação i ; μ = constante geral; S_i = efeito do esquema de suplementação i (efeito fixo); A_j = efeito do animal j (efeito aleatório); P_k = efeito do período experimental k (efeito aleatório); e ε_{ijk} = erro aleatório não observável, pressuposto de distribuição normal.

O consumo de FDN mensurado diariamente durante o período de avaliação da intensidade de resposta à suplementação foi interpretado em esquema de medidas repetidas no tempo por intermédio de método de modelos mistos, segundo o modelo (Kaps & Lamberson, 2004):

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + A_j + P_k + D_l + (S \times D)_{il} + \varepsilon_{ijkl} \quad (15);$$

em que: Y_{ijkl} = consumo de FDN mensurado no animal j , durante o período k , submetido ao esquema de suplementação i , no dia de avaliação l ; μ = constante geral; S_i = efeito do esquema de suplementação i (efeito fixo); A_j = efeito do animal j (efeito aleatório); P_k = efeito do período experimental k (efeito aleatório); D_l = efeito do dia de avaliação l (efeito fixo); $(S \times D)_{il}$ = interação entre o esquema de suplementação i e o dia de avaliação l (efeito fixo); e ε_{ijkl} = erro aleatório não observável, pressuposto de distribuição normal.

Para a análise segundo o modelo (15) foi realizada previamente a escolha da melhor estrutura da matriz de (co)variâncias. Optou-se por matriz com estrutura simétrica composta, seguindo avaliação de acordo com o critério de Akaike (Kaps & Lamberson, 2004).

Após a análise de variância, os tratamentos foram comparados por intermédio de contrastes ortogonais (Tabela 2) a partir da proporção de suplemento fornecido no abomaso, sendo 0, 50 e 100% para suplementação ruminal, ruminal/abomasal e abomasal, respectivamente.

Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do procedimento MIXED implementado no programa SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.1) adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. O cômputo dos graus de liberdade foi realizado segundo o critério de Kenward-Roger.

Tabela 2 - Distribuição dos coeficientes empregados nos contrastes

Contraste ²	Tratamentos ¹			
	C	R	R+A	A
C vs. S	+3	-1	-1	-1
L	0	-1	0	+1
Q	0	-1	2	-1

¹ C = controle; R = suplementação ruminal; R + A = suplementação ruminal e abomasal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs. suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso).

Durante as análises ocorreram perdas de informações relativas à avaliação de bases púricas (uma unidade experimental) e à excreção urinária (duas unidades experimentais).

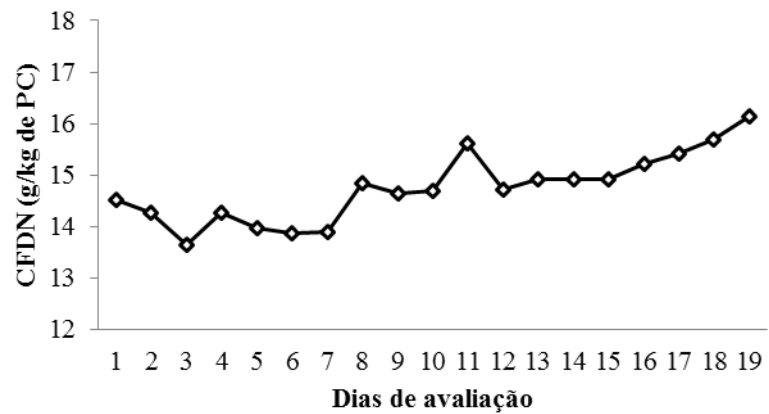
Resultados

Não foram observados efeitos ($P>0,10$) de tratamentos, dia de avaliação ou sua interação sobre o consumo voluntário de FDN durante os dois primeiros subperíodos experimentais (Figura 1).

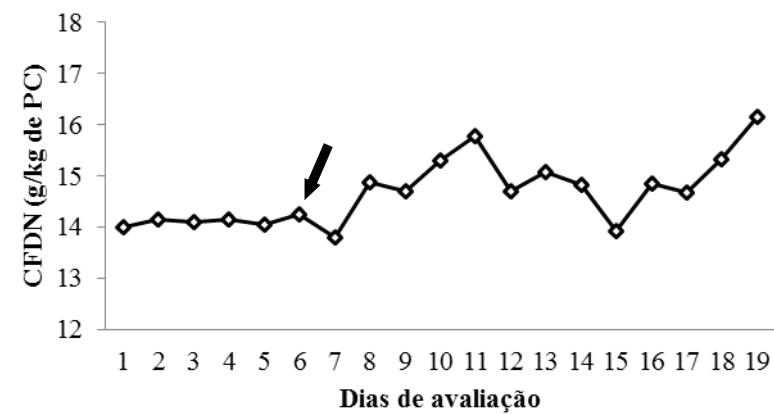
Os consumos de MS, MS de forragem, MO, MO de forragem, EE, CNF, FDN, MO digerida (MOD), FDN digerida (FDND), nutrientes digestíveis totais (NDT) e FDNi, não foram afetados ($P>0,10$) pelos tratamentos. Os consumos médios de MS, MO, FDN e FDNi foram de 21,8; 20,6; 15,0; e 5,4 g/kg de PC (Tabela 3).

O consumo de PB foi incrementado com o fornecimento de suplemento ($P<0,10$), não diferindo ($P>0,10$) entre os locais de suplementação. Os valores médios para o consumo de PB foram de 0,714 e 0,920 kg/dia para o controle e para os tratamentos envolvendo a suplementação, respectivamente (Tabela 3).

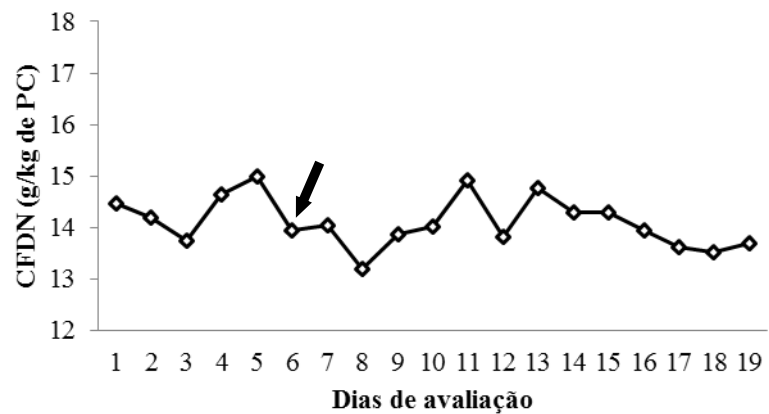
A suplementação elevou ($P<0,10$) as estimativas do coeficiente de digestibilidade total da MS, MO, PB e o nível dietético de NDT (Tabela 4), não havendo, contudo, diferenças ($P>0,10$) entre os locais de suplementação. As demais variáveis relacionadas à digestibilidade total não foram afetadas ($P>0,10$) pelo fornecimento de suplemento ou pela modificação no local de suplementação.



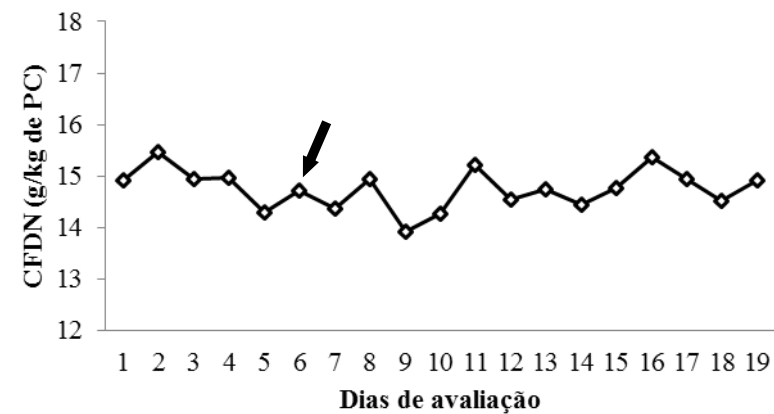
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1 – Consumo voluntário de fibra em detergente neutro (CFDN) em resposta à suplementação nitrogenada (a, controle; b, suplementação ruminal; c, suplementação ruminal/abomasal; e d, suplementação abomasal; a seta indica o dia em que se iniciou a suplementação).

Não foram verificadas diferenças entre tratamentos ($P>0,10$) quanto aos coeficientes de digestibilidade ruminal de CNF e FDNcp. Contudo, os coeficientes de digestibilidade ruminal da MS, MO e PB, embora não afetados de forma global pela suplementação ($P>0,10$), foram reduzidos de forma linear com o deslocamento da suplementação do rúmen para o abomaso. Ressalta-se que o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB somente foi positivo para a suplementação ruminal, sendo negativo para os demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 3 - Consumo voluntário de matéria seca (MS), MS de forragem (MSF), matéria orgânica (MO), MO de forragem (MOF), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), MO digerida (MOD), FDNcp digerida (FDNcpD), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹				EPM	Valor-P ²			
	C	R	R+A	A		C vs. S	L	Q	
	kg/dia								
MS	7,199	7,598	7,077	7,176	0,512	0,793	0,307	0,380	
MSF	7,199	7,348	6,827	6,926	0,512	0,610	0,307	0,380	
MO	6,775	7,167	6,675	6,768	0,495	0,756	0,304	0,378	
MOF	6,775	6,922	6,430	6,523	0,495	0,621	0,304	0,378	
PB	0,714	0,956	0,898	0,906	0,050	<0,001	0,210	0,335	
EE	0,121	0,125	0,118	0,119	0,014	0,942	0,327	0,398	
CNF	0,851	0,881	0,847	0,855	0,060	0,796	0,595	0,613	
FDNcp	5,091	5,204	4,812	4,888	0,394	0,599	0,287	0,357	
MOD	3,765	4,061	3,767	3,844	0,272	0,413	0,261	0,266	
FDNcpD	3,071	3,160	2,896	2,933	0,190	0,558	0,173	0,281	
FDNi	1,834	1,891	1,745	1,760	0,157	0,680	0,242	0,388	
NDT	3,937	4,242	3,940	4,015	0,277	0,422	0,258	0,275	
	g/kg de peso corporal								
MS	21,6	23,2	21,4	21,1	1,3	0,790	0,227	0,586	
MSF	21,6	22,5	20,6	20,4	1,3	0,768	0,225	0,575	
MO	20,3	21,9	21,2	19,9	1,2	0,763	0,217	0,514	
MOF	20,3	21,1	19,4	19,2	1,2	0,167	0,216	0,563	
FDNcp	15,2	15,9	14,5	14,4	0,9	0,736	0,215	0,535	
FDNi	5,5	5,8	5,3	5,2	0,4	0,820	0,230	0,604	

¹ C = controle (sem suplementação); R = suplementação ruminal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs. suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso).

Adicionalmente, a suplementação abomasal conferiu estimativas do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB cerca de três vezes inferior ao tratamento controle (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade (g/g) total, ruminal e intestinal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e conteúdo dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT, g/kg MS) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹				EPM	Valor-P ²		
	C	R	R+A	A		C vs. S	L	Q
	Total							
MS	0,535	0,547	0,546	0,549	0,019	0,031	0,685	0,814
MO	0,555	0,567	0,567	0,570	0,016	0,015	0,639	0,763
PB	0,593	0,689	0,687	0,676	0,028	<0,001	0,367	0,724
EE	0,667	0,656	0,678	0,668	0,050	0,997	0,692	0,557
CNF	0,284	0,255	0,272	0,325	0,100	0,998	0,234	0,709
FDNcp	0,603	0,612	0,608	0,602	0,018	0,730	0,467	0,918
NDT	0,547	0,559	0,559	0,561	0,015	0,022	0,709	0,822
	Ruminal ³							
MS	0,300	0,348	0,331	0,275	0,036	0,353	0,018	0,358
MO	0,380	0,421	0,397	0,347	0,032	0,632	0,010	0,472
PB	-0,153	0,137	-0,072	-0,463	0,122	0,846	0,003	0,431
EE	-0,268	-0,182	-0,264	-0,196	0,121	0,034	0,574	0,011
CNF	-0,347	-0,222	-0,248	-0,375	0,152	0,507	0,226	0,625
FDNcp	0,587	0,596	0,599	0,593	0,019	0,406	0,810	0,687
	Intestinal ³							
MS	0,336	0,304	0,326	0,382	0,015	0,934	0,040	0,300
MO	0,282	0,253	0,289	0,350	0,017	0,312	0,001	0,458
PB	0,648	0,639	0,705	0,756	0,014	0,009	<0,001	0,607
EE	0,733	0,713	0,740	0,726	0,034	0,765	0,628	0,391
CNF	0,467	0,380	0,404	0,506	0,057	0,411	0,050	0,415
FDNcp	0,040	0,038	0,021	0,021	0,015	0,448	0,425	0,629

¹ C = controle (sem suplementação); R = suplementação ruminal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs. suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso). ³ Calculado como fração do que chegou ao local.

A suplementação ampliou ($P < 0,10$) o coeficiente de digestibilidade ruminal de EE, o qual foi afetado de forma quadrática ($P < 0,10$) pela alteração no local de suplementação, com a menor estimativa ocorrendo com a suplementação ruminal/abomasal (Tabela 4).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os coeficientes de digestibilidade intestinal do EE e da FDNcp ($P > 0,10$). Contudo, a digestibilidade intestinal da PB diferiu entre o controle e os tratamentos envolvendo suplementação ($P < 0,10$). Adicionalmente, efeito linear positivo ($P < 0,10$) foi verificado sobre o coeficiente de digestibilidade intestinal da MS, MO, PB e CNF com a mudança de suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 4).

A massa ruminal de FDN e FDNi não foi alterada em função dos tratamentos ($P > 0,10$), sendo que os valores médios observados foram de 15,3 e 10,9 g/kg de PC (Tabela 5), respectivamente. De forma semelhante, não foram encontrados efeitos ($P > 0,10$) sobre as taxas de ingestão e de digestão de FDN, assim como para as taxas de passagem da FDN e FDNi (Tabela 5).

A concentração média de NAR foi ampliada pelo fornecimento de suplementos ($P < 0,10$). Em adição, verificou-se efeito linear negativo ($P < 0,10$) sobre a concentração de NAR com a modificação do local de suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 6).

O pH ruminal não foi afetado pelos tratamentos avaliados ($P > 0,10$), observando-se valor médio de 6,73 (Tabela 6).

Tabela 5 - Massa ruminal de fibra em detergente neutro (MRFDN_{cp}) e de fibra em detergente neutro indigestível (MRFDN_{ni}), taxas de ingestão (ki), de passagem (kp) e de degradação (kd) da FDN e taxa de passagem (kpi) da FDN_{ni} em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹				EPM	Valor-P ²			
	C	R	R+A	A		C vs. S	L	Q	
	g/kg de peso corporal								
MRFDN _{cp}	14,9	15,5	15,3	15,4	1,5	0,704	0,955	0,898	
MRFDN _{ni}	10,5	11,3	10,8	10,9	1,0	0,602	0,712	0,789	
	/h								
ki	0,043	0,046	0,040	0,039	0,004	0,776	0,246	0,630	
kp	0,018	0,019	0,016	0,016	0,002	0,608	0,253	0,576	
kd	0,025	0,027	0,024	0,023	0,003	0,881	0,194	0,634	
kpi	0,022	0,022	0,021	0,020	0,002	0,616	0,314	0,781	

¹ C = controle (sem suplementação); R = suplementação ruminal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs. suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso).

A concentração de NUS foi afetada pela suplementação ($P < 0,10$), sendo que os animais suplementados apresentaram, em média, 14,75 mg/dL e os animais não suplementados 10,09 mg/dL. Esta variável também foi afetada de forma linear negativa ($P < 0,10$) pela alteração do local de suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 7).

Não foram verificadas diferenças ($P > 0,10$) entre tratamentos quanto à concentração sanguínea de aminoácidos (Tabela 7).

O consumo e a excreção urinária de nitrogênio (EUN), assim como a excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU), foram incrementados ($P < 0,10$) pela suplementação. A EUN e EUNU apresentaram efeito linear negativo ($P < 0,10$) com a alteração da suplementação do rúmen para o abomaso. Entretanto, não foram observadas variações entre os tratamentos ($P > 0,10$) para a excreção fecal de nitrogênio (Tabela 7).

Tabela 6 - Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR, mg/dL) e pH ruminal em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹				EPM	Valor-P ²		
	C	R	R+A	A		C vs. S	L	Q
NAR	7,16	14,79	9,69	7,80	1,10	0,008	0,001	0,159
pH	6,73	6,76	6,71	6,72	0,08	0,952	0,750	0,766

¹ C = controle (sem suplementação); R = suplementação ruminal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso).

O balanço aparente de compostos nitrogenados (BN) foi ampliado ($P < 0,10$) pela suplementação, mas sem haver diferenças entre locais de suplementação ($P > 0,10$). Em média o BN dos tratamentos envolvendo suplementação foi superior em 43% em relação ao controle (Tabela 7).

O balanço nitrogenado relativo (g de nitrogênio aparentemente retido/g de nitrogênio ingerido ou absorvido) não foi afetado de forma global pela suplementação ($P > 0,10$). Contudo, efeito linear positivo ($P < 0,10$) foi observado sobre esta variável com o deslocamento da suplementação para o abomaso (Tabela 7).

De forma similar ao balanço nitrogenado relativo, o balanço de compostos nitrogenados no rúmen (BNRU) não foi afetado de forma global pela suplementação ($P > 0,10$). Contudo, observou-se efeito linear negativo ($P > 0,10$) com o deslocamento da suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 7). Ressalta-se que estimativa positiva de BNRU somente foi obtida quando suplemento foi fornecido no rúmen dos animais.

Houve efeito positivo da suplementação ($P < 0,10$) sobre a massa de proteína bruta digerida no intestino (PDI) e sobre a relação entre PDI e o consumo de NDT (PDI:NDT, g/kg). Adicionalmente, estas variáveis foram afetadas de forma linear positiva ($P < 0,10$) com a mudança de local de suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 7).

Tabela 7 - Concentração de nitrogênio uréico no soro (NUS, mg/dL), concentração sanguínea de aminoácidos (AA, $\mu\text{mol/dL}$), consumo de nitrogênio (CN, g/dia), excreção fecal (EFN, g/dia) e urinária de nitrogênio (EUN, g/dia) e de nitrogênio uréico (EUNU, g/dia), balanço aparente de compostos nitrogenados absoluto (BN, g/dia) e relativo (BNR), balanço aparente de compostos nitrogenados no rúmen (BNRU, g/dia), proteína bruta digerida no intestino (PDI, g/dia), relação entre PDI e consumo de NDT (PDI:NDT, g/kg), carga de nitrogênio uréico filtrada pelos rins (CNUF, g/dia), excreção fracional de nitrogênio uréico (EFNU, g/g), excreção urinária de 3-metil-histidina (EUTM, mg/g de creatinina), degradação de proteína muscular absoluta (DPMUS, g/dia) e relativa (DPMUSR, g/kg de músculo), fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos absoluto (NMIC, g/dia) e relativo ao consumo de nitrogênio (NMICR – g/g) e ao fluxo abomasal de nitrogênio (NMICRAB, g/g) e eficiência de síntese microbiana (EFM – g PB microbiana/kg de NDT) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹				EPM	Valor-P ²		
	C	R	R + A	A		C vs. S	L	Q
NUS	10,09	17,23	13,83	13,20	0,94	0,002	0,009	0,180
AA	103,8	101,6	99,2	110,9	11,2	0,988	0,306	0,370
CN	114,2	153,0	143,7	144,9	8,0	<0,001	0,210	0,335
EFN	45,8	47,3	45,2	47,1	3,7	0,758	0,923	0,427
EUN	41,7±5,3	73,9±5,6	62,7±5,3	54,8±5,6	---	0,001	0,005	0,564
EUNU	15,4±2,9	36,8±2,9	28,9±2,9	25,1±3,1	---	<0,001	0,003	0,296
BN	26,7±4,6	34,8±5,0	35,9±4,6	43,7±5,0	---	0,014	0,128	0,407
BNR ³	0,23±0,03	0,21±0,04	0,25±0,03	0,30±0,04	---	0,378	0,079	0,920
BNR ⁴	0,37±0,04	0,32±0,05	0,37±0,04	0,44±0,05	---	0,984	0,077	0,764
BNRU	-15,7	20,5	-8,9	-50,4	13,4	0,809	0,002	0,616
PDI	525,0	531,9	671,9	926,9	74,3	0,016	0,001	0,408
PDI:NDT	135,6	125,6	172,5	230,6	18,1	0,029	<0,001	0,750
CNUFR	53,5	87,9	73,6	56,2	8,7	0,005	0,001	0,757
EFNU	0,29	0,42	0,39	0,40	0,02	0,001	0,472	0,556
EUTM	15,9±5,9	16,1±5,9	17,3±5,9	18,2±7,7	---	0,773	0,774	0,966
DPMUS	188,4±57,6	174,4±57,6	168,8±57,6	164,1±74,7	---	0,652	0,881	0,993
DPMUSCR	1,86±0,69	1,88±0,69	2,03±0,69	2,12±0,90	---	0,774	0,775	0,966
NMIC	82,5±11,8	87,8±11,8	75,7±12,3	76,2±11,8	---	0,604	0,095	0,337
NMICR	0,72±0,06	0,57±0,06	0,50±0,07	0,52±0,06	---	0,001	0,236	0,269
NMICRAB	0,64±0,09	0,66±0,09	0,55±0,10	0,50±0,09	---	0,261	0,067	0,640
EFM	130,5±11,3	128,5±11,3	110,6±12,6	117,5±11,3	---	0,193	0,289	0,249

¹ C = controle (sem suplementação); R = suplementação ruminal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs. suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso); ³ g/g N ingerido; e ⁴ g/g de N absorvido.

A carga de nitrogênio uréico filtrado pelos rins (CNUFR) foi incrementada ($P<0,10$) pela suplementação e afetada de forma linear negativa ($P<0,10$) com a alteração da suplementação do rúmen para o abomaso. A suplementação ruminal, ruminal/abomasal e abomasal, elevou em média, 164,5; 137,7 e 105,2% a CNUFR, respectivamente, em relação ao tratamento controle (Tabela 7).

A suplementação conferiu maior ($P<0,10$) excreção fracional de nitrogênio uréico (EFNU), embora não se tenha verificado efeito ($P>0,10$) da alteração do local de suplementação (Tabela 7).

Não houve efeitos dos tratamentos ($P>0,10$) sobre a excreção urinária de 3-metil-histidina (EUTM). De forma análoga, a degradação de proteína muscular absoluta (g/dia; DPMUS) ou relativa (g/kg de músculo; DPMUSR) não foi afetada ($P>0,10$) pelos tratamentos (Tabela 7).

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (NIMIC) não foi afetado pela suplementação ($P>0,10$). Contudo, verificou-se efeito linear negativo ($P<0,10$) sobre esta variável com a modificação do local de suplementação do rúmen para o abomaso. Comportamento semelhante ($P<0,10$) foi verificado para o NMIC relativo ao fluxo abomasal de nitrogênio (NMICAB), sendo que o efeito linear negativo ($P<0,10$) observado foi reflexo direto do aumento da participação da proteína suplementar no abomaso. A suplementação afetou ($P<0,10$) o NMIC relativo ao consumo de nitrogênio (NMICR), sendo observado maior valor para o tratamento controle (Tabela 7).

Não foram verificadas diferenças ($P>0,10$) entre os tratamentos quanto à eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen (EFM), observando-se valor médio de 121,8 g PB microbiana/kg de NDT (Tabela 7).

Discussão

Considerando-se somente as características químicas da forragem utilizada (Tabela 1), observou-se que o teor de PB médio (98,6 g PB/kg de MS) situou-se próximo dos patamares normalmente observados para a forragem disponível ao pastejo em pastos tropicais durante o período de chuvas (média de 94,2 g PB/kg de MS; Detmann et al., 2010a). O nível médio encontrado neste trabalho foi superior ao mínimo exigido para a maximização do crescimento microbiano sobre os carboidratos fibrosos (70-80 g PB/kg de MS; Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009) e situou-se no patamar necessário para maximizar o consumo voluntário de forragem (90-100 g PB/kg de MS; Figueiras et al., 2010; Sampaio et al., 2010). Sendo assim, os consumos de MS digerida, MO digerida e FDNcp digerida (Tabela 3); as taxas de passagem e degradação da FDN; e a massa de fibra no rúmen foram similares entre os diferentes tratamentos (Figura 1; Tabelas 3 e 5).

O consumo voluntário de MS de forragem semelhante entre os animais não suplementados e suplementados (Tabela 3) demonstra que não houve qualquer efeito aditivo ou substitutivo sobre o consumo de forragem para nenhum tipo de suplementação avaliada.

Segundo os conceitos teóricos clássicos aplicados à nutrição de bovinos sob pastejo de forragem de média a alta qualidade, os suplementos deveriam ser formulados de forma a ampliar o fornecimento de PM, que poderia ser obtido via suprimento de energia de rápida disponibilidade no rúmen para a ampliação da assimilação dos compostos nitrogenados da forragem (Poppi & McLennan, 1995; Paulino et al., 2008).

As forragens tropicais de média a alta qualidade devem ser investigadas como dieta, principalmente no tocante à sua capacidade de fornecimento de energia e proteína de acordo com as exigências globais do animal (Detmann et al., 2010a). Neste contexto, analisando-se a dieta do tratamento controle, percebeu-se que a relação média NDT:PB (5,53) situou-se acima (4,73) daquela demandada por um novilho zebuino, não castrado, de 300 kg de peso corporal e com ganho esperado de 0,5 kg/dia (Marcondes et al., 2010a; 2010b). Logo, nestas circunstâncias, a inclusão de suplementos energéticos poderiam forçar um desequilíbrio ainda maior relativo à razão NDT:PB, pressupondo-se que essa indique a razão entre EM:PM (Detmann et al., 2010a), o que poderia deprimir o consumo voluntário de forragem (Costa et al., 2011a).

Por outro lado, a introdução de recursos suplementares na forma de compostos nitrogenados prontamente degradáveis no rúmen em tal situação não promoveria benefícios em relação ao fornecimento direto de PM de forma a melhorar a relação EM:PM; podendo, até mesmo, reduzir o consumo voluntário por elevar o metabolismo hepático de nitrogênio e a concentração intracelular e sangüínea de amônia, implicando em desconforto animal (Detmann et al., 2007).

Entretanto, de forma semelhante ao aqui obtido (Tabelas 3 e 4), em trabalhos conduzidos com bovinos manejados em pastagem tropicais no período de águas não foram verificadas alterações do consumo voluntário de forragem e digestibilidade da fibra com a suplementação com compostos nitrogenados (Zervoudakis et al., 2008; Porto, 2009; Costa et al., 2011b; 2011c). Contudo, esses autores verificaram ampliação na retenção de nitrogênio corporal, assim como foi verificado neste estudo (Tabela 7). Estes resultados contrariam os conceitos teóricos anteriormente citados, demonstrando que esses podem não representar a

relação exata existente entre a suplementação com fontes de PDR e o desempenho animal durante o período de águas (Detmann et al., 2010a).

No que se diz respeito à digestão total, foram observados maiores coeficientes de digestibilidade total da MS e da MO para os animais suplementados em relação aos não suplementados, sendo reflexo direto da digestibilidade da PB, uma vez que os coeficientes de digestibilidade total dos demais componentes dietéticos não foram afetados. Isso culminou com maior teor dietético de NDT para os tratamentos que receberam suplementação nitrogenada (Tabela 4), independente do local. Contudo, isso não foi capaz de alterar o consumo de NDT (Tabela 3).

A avaliação da massa aparentemente digerida de PB no intestino por intermédio do teste de entidade nutricional (Detmann et al., 2010b) permitiu evidenciar coeficiente de digestibilidade intestinal verdadeiro da PB de 0,903 g/g [Figura 2; $IC(\beta_1)_{0,90}$: $[0,833 \leq \beta_1 \leq 0,973]$], estimativa similar àquelas descritas por outros autores (Van Soest, 1994; Detmann et al., 2010b; Rufino, 2011). Esta estimativa, associada ao fato de não ter havido diferenças entre tratamentos quanto à excreção fecal de nitrogênio (Tabela 7), sugere que a proteína suplementar apresentou elevada digestão no intestino.

Tendo em vista que os efeitos sobre o consumo e a digestão tiveram pouco impacto sobre os parâmetros nutricionais, pode-se dizer que os efeitos mais proeminentes da suplementação com compostos nitrogenados foram observados sobre o metabolismo e a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, como verificado por outros autores em condições tropicais (Costa et al., 2011b; 2011c; Lazzarini, 2011; Rufino, 2011).

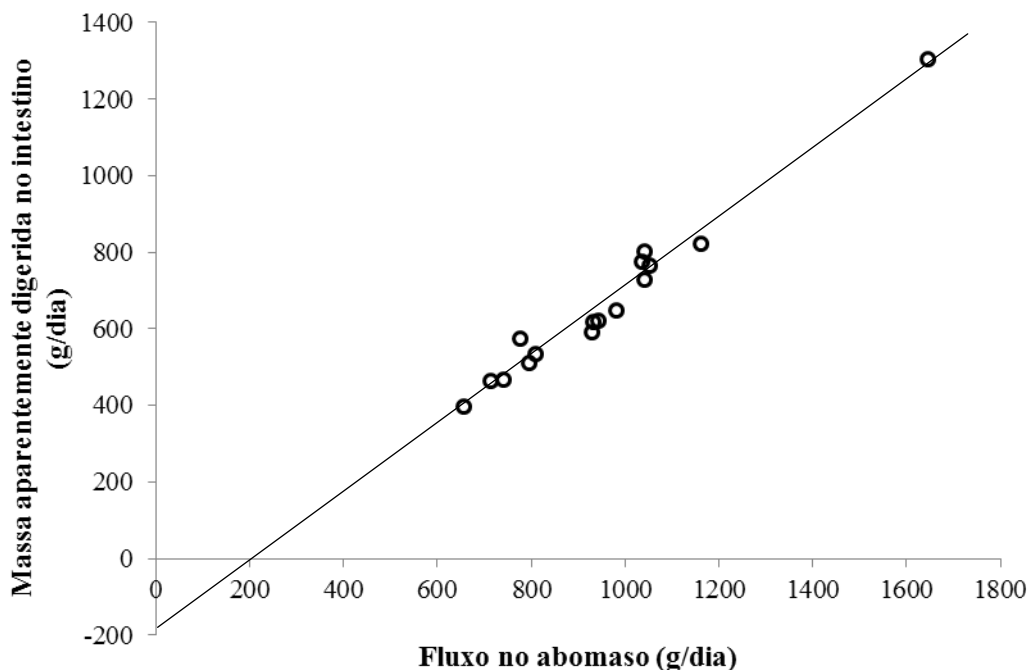


Figura 2 - Relação entre o fluxo abomasal de proteína bruta e a massa de proteína bruta aparentemente digerida no intestino ($\hat{Y} = -197,3 + 0,903 \times X$; $s_{XY} = 36,0$; $n = 16$).

O principal efeito positivo da suplementação observado neste trabalho pode ser atribuído à elevação do balanço nitrogenado, uma vez que a suplementação permitiu incremento médio de 11,4 g ou, aproximadamente, 43% (Tabela 7). Sendo assim, pode-se afirmar que houve maior retenção de compostos nitrogenados no organismo animal, o que, em condições práticas de produção, refletiria em aumento no ganho de peso (Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011). Contudo, apesar de ter sido providenciado quantidades similares de nitrogênio suplementar (Tabela 3), as vias metabólicas (Figura 3) pelas quais estes acarretaram maior deposição de proteína corporal parecem ser diferentes, uma vez que os compostos nitrogenados suplementares seriam utilizados diferenciadamente em função do local de suplementação (rúmen ou intestino).

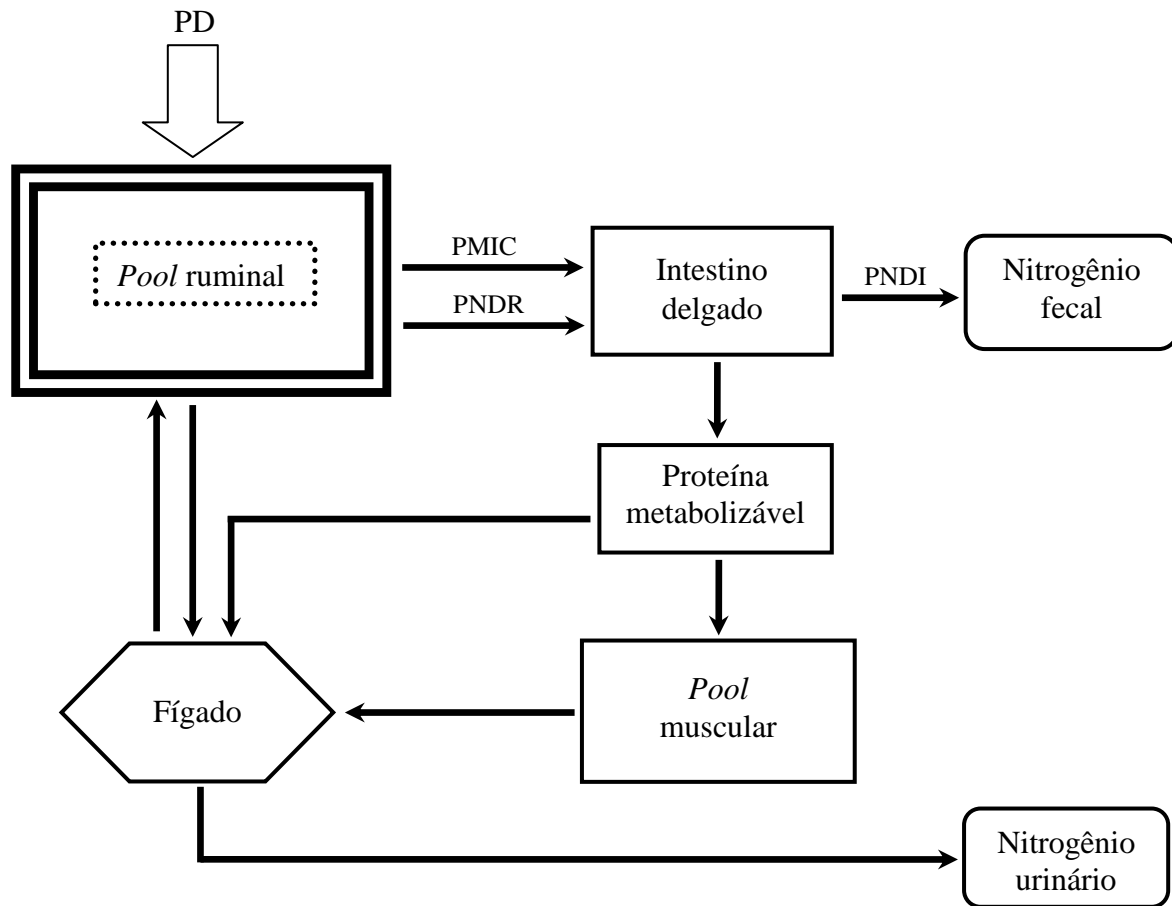


Figura 3 - Fluxograma simplificado das rotas teóricas dos compostos nitrogenados no organismo animal (PD = proteína dietética; PMIC = proteína microbiana; PNDR = proteína não degradada no rúmen; PNDI = proteína não digerida no intestino. O retângulo tracejado no rúmen indica a fração do *pool* ruminal em termos de nitrogênio amoniacal). Adaptado de Rufino (2011).

Considerando-se a ampliação na massa de PDI em relação do controle verificado com a suplementação ruminal (1,1 g N/dia) e a eficiência de uso do nitrogênio absorvido (0,32 g/g; Tabela 7), ter-se-ia incremento no BN a partir da PDI de 0,35 g, o que corresponde a aproximadamente 4,4% do incremento em BN. Logo, os efeitos do provimento da suplementação no rúmen não podem ser explicados pelo provável escape da proteína suplementar para o intestino delgado. Por outro lado, embora sem diferença significativa ($P>0,10$), a suplementação ruminal ampliou em 5,3 g/dia a produção de NMIC em relação ao

controle. Considerando-se que 60% do nitrogênio microbiano está na forma de proteína verdadeira e que essa apresenta 100% de digestibilidade intestinal (Sniffen et al., 1992), juntamente com a eficiência de uso do nitrogênio absorvido (0,32 g/g), a ampliação em NMIC responderia por 1,0 g do incremento em BN (aproximadamente 12,6% do incremento). Assim, aproximadamente 83% do incremento em BN obtido com a suplementação ruminal não podem ser explicados pelo incremento na absorção de proteína no intestino delgado. Desta forma, outros mecanismos devem estar associados à ampliação do balanço de compostos nitrogenados nos animais suplementados com fontes protéicas degradáveis no rúmen.

Comparando a suplementação com fontes protéicas degradáveis e não degradáveis no rúmen em bovinos mantidos em pastagem de alta qualidade, Hafley et al. (1993) verificaram ampliação no ganho de peso para a suplementação com proteína degradável (1,03 kg/dia) em relação ao tratamento controle (0,95 kg/dia). Contudo, ao acrescentarem ao suplemento fontes não degradáveis no rúmen (o que ampliaria o suprimento de PM, além do adicional de proteína microbiana) não verificaram efeito sobre o desempenho animal em comparação ao fornecimento exclusivo de PDR (1,08 kg/dia). Ressalta-se que o suprimento somente de fontes de PNDR não ampliou o ganho de peso em relação ao tratamento 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, esses podem não estar associados à maior produção de proteína microbiana (Marini & Van Amburgh, 2003; Porto, 2009; Costa et al. 2011b) o que corrobora os resultados aqui obtidos, principalmente quando se comparam diretamente os tratamentos controle e a suplementação ruminal (Tabela 7).

Entre os mecanismos que podem afetar indiretamente o balanço de compostos nitrogenados, a concentração de NAR parece assumir papel proeminente em condições tropicais (Detmann et al., 2010b; Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011; Rufino, 2011). A concentração média de NAR verificada nos animais não suplementados (7,16 mg/dL; Tabela 6) encontra-se abaixo do valor relatado por Detmann et al. (2010a) para que haja equilíbrio entre influxo e efluxo de compostos nitrogenados no rúmen em animais alimentados com forragens tropicais (aproximadamente 8,4 mg de NAR/dL). Assim, concordando com essa colocação, observou-se BNRU negativo para o controle (Tabelas 4 e 7). Adicionalmente, somente com a suplementação ruminal propiciou-se concentração de NAR superior a 13 mg/dL (Tabela 6), concentração mínima estabelecida por Detmann et al. (2010a) para que haja maximização do BNRU.

O suprimento de NAR pode ser 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). Considerando-se a baixa concentração de NAR no tratamento controle (Tabela 6), a reciclagem de nitrogênio nesta situação assumiria papel de mecanismo para manutenção do crescimento dos microrganismos ruminais, o que é reiterado pelo BNRU negativo verificado neste tratamento (Tabela 7). Sob essa condição, o fluxo de nitrogênio no abomaso é superior ao consumo de nitrogênio; em outras palavras, quando o aporte de nitrogênio dietético no rúmen é baixo, se espera que a reciclagem de nitrogênio participe significativamente para a sustentação do crescimento microbiano e o rúmen funcione como dreno de uréia (Detmann et al., 2010a; Costa et al., 2011b).

O nitrogênio direcionado para manutenção do *pool* ruminal de nitrogênio amoniacal é retirado da corrente sanguínea a partir da uréia circulante. Esta transferência é de certa forma facilitada, uma vez que a uréia transferida para o rúmen é rapidamente degradada à amônia

pelos microrganismos ureolíticos presentes no epitélio ruminal (NRC, 1985). Isto faz com que a concentração de uréia no rúmen seja extremamente baixa em relação à concentração sanguínea, garantindo gradiente favorável para sua transferência (Van Soest, 1994). No entanto, a intensidade de transferência de uréia não deve ser entendida simplesmente como efeito do ambiente de crescimento microbiano, mas como processo de interação entre o microrganismo e o hospedeiro com regulação específica (Waterlow, 2006).

A demanda de uréia pelo rúmen tende a ser ampliada com a elevação da qualidade da forragem, devido ao aumento da massa de MO degradada no rúmen (Detmann et al., 2010a). A MO degradada no rúmen exerce efeito direto e positivo sobre a transferência de uréia a partir da corrente sanguínea (Kennedy & Milligan, 1978; Kennedy et al., 1981), possível reflexo do maior crescimento microbiano com a utilização de forragens de melhor qualidade (Costa et al., 2010b; Detmann et al., 2010a).

Adicionalmente, a concentração de NAR possui papel de destaque na regulação da transferência de uréia para o rúmen por atuar como regulador da atividade ureolítica microbiana e por, possivelmente, atuar na síntese de facilitadores de transporte de uréia no epitélio ruminal (NRC, 1985; Huntington & Arquibeque, 2000; Marini & Van Amburgh, 2003; Marini et al., 2004). Assim, a transferência de uréia para o rúmen é indireta e negativamente controlada pela concentração de NAR (Reynolds & Kristensen, 2008; Detmann et al., 2010a). A máxima transferência de uréia para o rúmen é obtida com 5 a 8 mg de NAR/dL (Kennedy & Milligan, 1978), o que é compatível com a concentração média de NAR observada para os animais não suplementados (7,16 mg/dL; Tabela 6).

A síntese hepática de uréia envolve a assimilação de dois átomos de nitrogênio: um a partir da amônia mitocondrial e outro a partir do aspartato citoplasmático (Lindsay & Reynolds, 2005). Contudo, sob condições de alta demanda para síntese de uréia, o suprimento

mitocondrial de amônia pode não ser suficiente, resultando na ampliação do uso de aminoácidos para síntese de uréia (Parker et al., 1995).

Assim, a alta demanda de nitrogênio pelo rúmen sob baixa concentração de NAR poderia implicar maior utilização de aminoácidos para síntese de uréia. Os aminoácidos utilizados para síntese de uréia são retirados do *pool* sanguíneo de aminoácidos livres (Waterlow, 2006). Por sua vez, o *pool* de aminoácidos circulantes é mantido homeostaticamente (Van Soest, 1994), o que justifica a similaridade entre tratamentos (média de 103,9 $\mu\text{mol/dL}$) quanto à concentração sanguínea de aminoácidos (Tabela 7).

Em primeiro lugar, para manutenção do *pool* sanguíneo, aminoácidos poderiam ser retirados dos tecidos, reduzindo a retenção de nitrogênio corpóreo (Detmann et al., 2010a; Costa et al., 2011c). Este argumento também não se aplicaria às condições do presente estudo, pois a excreção urinária de 3-metil-histidina não foi alterada pela suplementação (Tabela 7).

A 3-metil-histidina é um aminoácido formado a partir da metilação da histidina após esta ser incluída na cadeia polipeptídica que irá originar as proteínas musculares (actina e miosina). Quando ocorre a degradação de proteína muscular, a 3-metil-histidina liberada não pode ser reutilizada para síntese protéica, sendo excretada na urina (Waterlow, 2006).

Portanto, a excreção urinária de 3-metil-histidina constitui indicador do *turnover* protéico muscular e, indiretamente, da degradação de proteína muscular (Harris & Milne, 1979), a qual poderá ser utilizada para o atendimento de outras funções fisiológicas ou metabólicas, como o fornecimento de uréia para o rúmen. Considerando-se que a excreção de creatinina é constante por unidade de massa muscular (Costa-e-Silva, 2011), a razão entre as excreções urinárias de 3-metil-histidina e creatinina indica a mobilização relativa de proteína por unidade de massa muscular. Com base nestes argumentos, infere-se que os tratamentos avaliados apresentaram mobilização de proteína muscular similares, uma vez que não

apresentaram diferenças ($P>0,10$) para a degradação absoluta e relativa de proteína muscular (Tabela 7).

Adicionalmente, a maior captura hepática de aminoácidos para manutenção homeostática do *pool* de aminoácidos poderia implicar na utilização de aminoácidos absorvidos no intestino delgado (PM), que deixariam de ser utilizados para síntese de tecidos (Detmann et al., 2010a), reduzindo a eficiência da conversão da PM em proteína líquida (Lazzarini, 2011). Entretanto, não foi observada diferença ($P>0,10$) para a eficiência de uso do nitrogênio absorvido entre animais suplementados e não suplementados (Tabela 7), o que parece descartar esse mecanismo na presente situação.

Animais com maior demanda ruminal de nitrogênio tendem a reduzir a excreção urinária de nitrogênio e ampliar a fração do nitrogênio retido no organismo e reciclado ao ambiente ruminal (Reynolds & Kristensen, 2008). Nessa situação, a quantidade de uréia que é excretada pelos rins é dependente de mudanças na concentração de NUS e na carga de uréia filtrada, na taxa de filtração glomerular e na reabsorção tubular renal (Harmeyer & Martens, 1980). De fato, observaram-se diferenças ($P<0,10$) para a concentração de NUS e carga de nitrogênio uréico filtrada pelos rins entre os animais não suplementados. A excreção fracional de uréia para o tratamento controle foi de aproximadamente 72% daquela observada para os tratamentos envolvendo a suplementação (Tabela 7). Isto indica que menor percentual de uréia presente no *pool* corporal foi eliminado na urina e maior proporção foi redirecionada para a reutilização em locais de possível demanda no organismo, como a manutenção ruminal (Figura 3). Em outras palavras, animais não suplementados foram mais eficientes em conservar nitrogênio, evidenciando que nestes poderia existir maior demanda de nitrogênio para reciclagem e manutenção do sistema ruminal. Isso é reforçado pela estimativa negativa de BNRU obtida no tratamento controle (Tabela 7).

Para o melhor entendimento dos efeitos da suplementação sobre BN algumas relações entre o nitrogênio consumido (CN) e as concentrações de NAR e NUS foram estabelecidas e avaliadas (Tabela 8).

A relação CN:NAR não foi afetada de forma global pela suplementação ($P>0,10$). Contudo, observou-se efeito linear positivo ($P<0,10$) com a alteração do local de suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 8). Neste experimento contraste utilizado para comparação entre animais suplementados e não suplementados considera o efeito médio observado nos tratamentos que envolveram suplementação. Para o caso específico da relação CN:NAR, verificou-se que a suplementação ruminal e abomasal propiciaram relações médias inferior e superior aos animais não suplementados, respectivamente, o que causou o efeito linear entre locais de suplementação. Em outras palavras, embora na média não tenha ocorrido efeito ($P>0,10$), percebe-se que a suplementação no rúmen e no abomaso alterou a eficiência de uso do nitrogênio para a implementação de níveis de NAR (Tabela 8).

Para o caso específico da suplementação ruminal, percebeu-se que o nitrogênio dietético foi utilizado de forma mais eficiente para a formação de NAR em relação ao controle (Tabela 8). Isso parece indicar que nos animais não suplementados parte do nitrogênio absorvido deixaria de ser usado para síntese de tecido em detrimento da ciclagem ao rúmen. Com a suplementação ruminal, menor massa de nitrogênio seria relativamente utilizada para o atendimento ruminal, incrementando o uso de nitrogênio para síntese de tecidos. Isso culminou com o aumento em BN (Tabela 8). Assim, embora a avaliação direta da eficiência de uso do nitrogênio absorvido e da mobilização de proteína muscular não tenha apontado este comportamento (Tabela 7), a avaliação das eficiências demonstradas na Tabela 8 corrobora a necessidade de deslocamento de nitrogênio para o rúmen e a perda de eficiência na construção de tecido.

Tabela 8 - Relação entre consumo de nitrogênio e nitrogênio amoniacal ruminal [CN:NAR, g de N/(mg/dL)], consumo de nitrogênio e nitrogênio uréico no soro [CN:NUS, g de N/(mg/dL)] e nitrogênio uréico no soro e nitrogênio amoniacal ruminal [NUS:NAR, (mg/dL)/(mg/dL)] em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹				EPM	Valor-P ²		
	C	R	R+A	A		C vs. S	L	Q
CN:NAR	16,43	10,48	15,41	19,12	1,52	0,427	0,003	0,747
CN:NUS	11,64	8,95	10,60	11,05	0,90	0,193	0,124	0,596
NUS:NAR	1,42	1,21	1,46	1,74	0,13	0,744	0,020	0,926

¹ C = controle (sem suplementação); R = suplementação ruminal; A = suplementação abomasal. ² C vs. S = controle vs suplementação; L e Q = efeitos linear e quadrático relativos à modificação do local de suplementação (do rúmen para o abomaso).

Comportamento similar à relação CN:NAR foi observado para a relação NUS:NAR (Tabela 8). Para a avaliação desta relação dois aspectos devem ser considerados. Em primeiro lugar, a concentração de NAR atua como controlador negativo da transferência de NUS para o rúmen (NRC, 1985; Huntington & Arquibeque, 2000; Marini & Van Amburgh, 2003; Marini et al., 2004). Em segundo lugar, as concentrações de NAR e de NUS podem ser consideradas indicadores dos *pools* potencialmente transferíveis de nitrogênio do rúmen para o sangue e do sangue para o rúmen, respectivamente. Logo, a queda na relação NUS:NAR indica redução na transferência de uréia para o rúmen e aumento na transferência de amônia para o sangue. O contrário se faz verdadeiro. Neste contexto, observou-se que a suplementação ruminal reduziu a relação NUS:NAR (Tabela 8), ou seja, ocorreu redução na transferência de nitrogênio do organismo para o atendimento do rúmen. Assim, maior parte do nitrogênio disponível no metabolismo poderia ser usada para os processos de síntese de tecidos, ampliando o BN (Tabela 7).

Por outro lado, o efeito direto da suplementação abomasal parece estar baseado no aumento da disponibilidade de aminoácidos absorvidos no intestino delgado, o que é representado pela maior massa de PDI em relação ao controle (Tabela 7). Estes aminoácidos

constituem a PM, a qual pode ser diretamente incorporada nos tecidos (Figura 3) ampliando o BN (Tabela 7; Figura 4) em relação aos animais não suplementados. Este fato é corroborado por Wickersham et al. (2008; 2009), os quais verificaram que a suplementação com níveis crescentes de proteína no pós-rúmen proporcionou aumento linear na retenção de nitrogênio no organismo animal.

De acordo com Bandyk et al. (2001) e Wickersham et al. (2004; 2009), a suplementação com fontes protéicas não degradáveis no rúmen podem ampliar o suprimento de NAR por intermédio da reciclagem de nitrogênio. Entretanto, a suplementação abomasal propiciou médias similares de NAR em comparação ao tratamento controle (7,16 *versus* 7,80 mg/dL; Tabela 6).

Nesta situação supracitada, o aumento na reciclagem seria favorecido pela elevação causada pela maior disponibilidade de nitrogênio no intestino sobre a concentração de NUS, fato verificado neste trabalho (Tabela 7). A maior concentração de NUS ampliaria o diferencial de concentração entre sangue e rúmen e incrementaria a transferência de uréia (Wickersham et al., 2004; 2009). Isso pode ser indiretamente comprovado por intermédio da redução do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB e BNRU com a suplementação abomasal (Tabela 4) em relação ao tratamento controle e, como consequência, o BNRU (Tabela 7). Ressalta-se que a massa de suplemento fornecida no intestino não foi contabilizada para o cálculo do coeficiente de digestibilidade ruminal.

Assim, considerando que o consumo de nitrogênio foi similar entre tratamentos com suplementação (Tabela 3), a única causa provável para a redução da digestibilidade ruminal da PB e do BNRU com a suplementação abomasal reside sobre a ampliação da massa de nitrogênio reciclada.

Adicionalmente, a eficiência de formação de NAR com a suplementação abomasal foi inferior àquela observada para o controle (Tabela 8). Isto é corroborado pela maior relação NUS:NAR, a qual indica modificação que favoreceria a transferência de uréia para o rúmen em relação ao tratamento controle (Tabela 8). Desta forma, infere-se que a suplementação abomasal foi capaz de ampliar o *pool* de nitrogênio disponível no rúmen, embora de forma menos eficiente em comparação ao tratamento controle.

O suprimento de nitrogênio no abomaso, de forma contrária ao verificado por Wickersham et al. (2009), não permitiu implementar o fluxo de nitrogênio microbiano, o que demonstra que os microrganismos ruminais não usaram de forma eficiente o nitrogênio reciclado, fato comprovado pelo efeito linear negativo ($P < 0,10$) observado sobre NMIC com o deslocamento da suplementação do rúmen para o abomaso (Tabela 7).

Esta pressuposição demonstra que a suplementação com fontes de PNDR como forma de amenizar a deficiência de compostos nitrogenados no ambiente ruminal seria menos eficaz do que a suplementação com fontes de PDR. A reciclagem de nitrogênio pode ser responsável por manter o consumo voluntário de animais alimentados com forragem de baixa qualidade quando é fornecida suplementação abomasal (Wickersham et al., 2004; 2009) em comparação à ruminal, assim como para forragens de média a alta qualidade (Tabela 3). No entanto, nesses casos, há claramente custos metabólicos associados com a formação de uréia (Parker et al, 1995), bem como uma perda potencial de nitrogênio por via urinária (Tabela 7; Lobley et al, 2000; Lapierre & Lobley, 2001). Tais ineficiências podem reduzir a quantidade de nitrogênio disponível no rúmen (Wickersham et al., 2004), evidenciado pelo BNRU (Tabela 7).

De forma geral, os efeitos da suplementação com fontes de compostos nitrogenados no rúmen/abomaso assumiram posição intermediária entre a suplementação ruminal e a suplementação abomasal (Tabelas 6, 7 e 8). Segundo Atkinson et al. (2007; 2010) a

suplementação conjunta poderia estimular indiretamente a reciclagem de nitrogênio no rúmen, por proporcionar concentrações moderadas de NAR e permitir que os aminoácidos contidos na PNDR sofresse uma deaminação mais prolongada, os quais seriam destinados não somente ao suprimento de PM. Então, aumento na concentração de uréia no sangue coincidiria com a diminuição de NAR, estimulando, indiretamente, a reciclagem de nitrogênio.

Sob esta consideração, a suplementação ruminal/abomasal conferiu concentração de NAR intermediárias às suplementações exclusivas no rúmen ou abomaso (Tabela 6), o que parece ter estimulado a reciclagem de nitrogênio, pois permitiu que o BNRU e a digestibilidade ruminal da PB fossem incrementados em relação ao controle. Esses resultados foram acompanhados por relações entre CN:NAR, CN:NUS e NUS:NAR semelhantes aos animais não suplementados; mas o equilíbrio entre o influxo e efluxo de nitrogênio no rúmen permitiu que maior parte do nitrogênio disponível no metabolismo fosse utilizado para os processos de síntese de tecidos, ampliando o BN em relação ao controle (Figura 7), conferindo, contudo, retenção de nitrogênio corporal semelhante à suplementação exclusiva no rúmen ou no abomaso.

Diante dos expostos apresentados, a suplementação nitrogenada no rúmen ou no pós-rúmen, apresentaria efeitos similares, porém a partir de mecanismos metabólicos diferentes.

Os benefícios inerentes à suplementação ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de média a alta qualidade estão diretamente ligados à otimização do metabolismo nitrogenado no ambiente ruminal, pois permite ampliar a concentração de NAR e, dessa forma, reduzir a demanda de uréia via reciclagem. Entretanto, tais eventos parecem não ampliar a eficiência de uso do nitrogênio absorvido (Tabela 7; Figura 4), pois se esperava que a PM deixasse de ser utilizada pelos eventos de reciclagem e seria efetivamente utilizada para síntese de tecidos corporais (Detmann et al., 2010a; Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011).

Assim, as rotas metabólicas efetivamente envolvidas na ampliação de BN por intermédio da suplementação com fontes de PDR são indiretas e sujeitas a desvios e eficiência diversas, reduzindo sua eficiência em relação ao suprimento direto de PM via PNDR (Figura 4). Pode-se verificar que a eficiência de utilização no nitrogênio foi reduzida com o aumento da proporção de suplemento fornecido no rúmen (Figura 4) e, mesmo havendo redução na demanda ruminal por uréia, a PM não foi adequadamente retida no organismo por provável deficiência de energia. Em animais ruminantes, a eficiência de deposição de proteína depende da suplementação energética, assim como a eficiência de uso da energia no metabolismo depende da disponibilidade de aminoácidos (Scales et al., 1974; Schroeder & Titgemeyer, 2008).

Dessa forma, a PM poderia estar em excesso relativo à disponibilidade de energia, sendo então parcialmente eliminada, o que ampliaria as perdas urinárias de nitrogênio, conforme verificado neste estudo (Tabela 7).

Por outro lado, a suplementação abomasal não reduz diretamente a demanda de uréia pelo rúmen, em decorrência da baixa concentração de NAR, corroborado pela digestibilidade ruminal negativa da PB, BNRU negativo e maior relação NUS:NAR. Apesar disso, o BN foi incrementado em relação ao controle e, o mais importante, a eficiência de utilização do nitrogênio para esse incremento foi maior em relação aos demais tratamentos envolvendo suplementação (Figura 4). Provavelmente, a suplementação abomasal incrementou de forma mais proeminente o balanço e a eficiência de compostos nitrogenados, devido ao aumento na oferta de energia em vez de, somente, provimento direto de proteína. Isto se deve ao fato de os aminoácidos digeridos podem ser catabolizados e utilizados como fonte de energia (Wichersham et al., 2009).

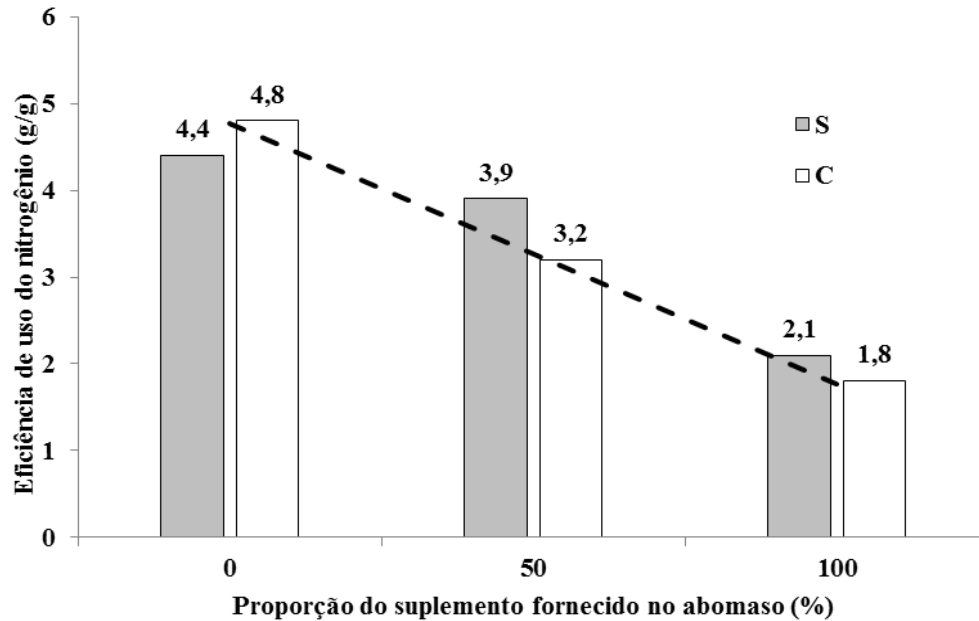


Figura 4 – Eficiência de uso do nitrogênio suplementar em relação ao nitrogênio retido no organismo animal [S = g de nitrogênio ofertado via suplemento/diferencial do balanço de nitrogênio em relação ao controle (g); C = diferencial do consumo de nitrogênio em relação ao controle (g)/diferencial do balanço de nitrogênio em relação ao controle (g)].

Considerando-se efeitos similares sobre a retenção de nitrogênio no organismo animal, havendo possibilidade de escolha entre a suplementação com fontes de PDR e PNDR, fatores adicionais devem ser relevados para a escolha mais adequada ao sistema de produção. Os custos envolvidos na utilização de fontes de PDR são quase sempre inferiores aos de PNDR. Considerando-se que o principal mecanismo para ampliação da retenção de nitrogênio corporal com a utilização de PDR seria o aumento do *pool* ruminal de nitrogênio amoniacal (Figura 3), o uso de fontes nitrogenadas não protéicas, como a uréia, poderia propiciar custo de suplementação inferior ao uso de PNDR. Por outro lado, as respostas com o uso de PNDR em termos de utilização direta da PM para os processos de síntese no animal demandam perfil de aminoácidos na fonte protéica compatível com o perfil demandado no processo anabólico (NRC, 2001). A caseína é considerada proteína de alto valor biológico. Assim, os efeitos

positivos aqui verificados poderão não ser obtidos com a utilização de outras fontes de PNDR, com perfil de aminoácidos digestíveis diferentes do perfil demandado para síntese de tecidos.

Dessa forma, somente seria viável ou lógica a suplementação com fontes de PNDR depois de explorados os efeitos benéficos da PDR, garantindo desempenho adicional pela melhoria no aporte de proteína metabolizável (Bandyk et al., 2001; Wickersham et al., 2009; Rufino, 2011).

Conclusões

A suplementação com compostos nitrogenados no rúmen e/ou no abomaso em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade permite incrementar a retenção de nitrogênio no organismo animal de forma similar. Contudo, a eficiência de utilização do nitrogênio é ampliada com o deslocamento da suplementação do rúmen para o abomaso.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington: AOAC International, 1990. Paginação descontínua.
- ATKINSON, R.L.; TOONE, C.D.; LUDDEN, P.A. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on site and extent of digestion and ruminal characteristics in lambs fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3322-3330, 2007.
- ATKINSON, R.L.; TOONE, C.D.; ROBINSON., T.J.; HARMON, D.L.; LUDDEN, P.A. Effect of ruminal protein degradability and frequency of supplementation on nitrogen retention, apparent digestibility, and nutrient flux across visceral tissues in lambs fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.88, p.727-736, 2010.
- BANDYK, C.A.; COCHRAN, R.C.; WICKERSHAM, T.A.; TITGEMEYER, E.C.; FARMER, C.G.; HIGGINS, J.J. Effect of ruminal vs. postruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.79, p.225-231, 2001.
- 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.
- CAVALCANTI, M.R. [2010]. Perspectivas mercado mundial da carne bovina 2010-20: parte 1. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/especiais/perspectivas-mercado-mundial-da-carne-bovina-2010-20-parte-1-66333>> Acesso em: 29 set. 2011.
- 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.
- 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.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs**. 2 ed. New York: John Willey & Sons, 1957. 611p.

- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CARVALHO, I.P.C.; MONTEIRO, L.P. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1788-1798, 2011a.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011b.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C.; VALENTE, T.N.P. Consumo e dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementação com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2805-2814, 2011c.
- COSTA-E-SILVA, L.F. **Exigências nutricionais, validação de equações para a estimação da composição do corpo vazio e uso de creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos Nelore**. 126f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- 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.; 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 compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1380-1391, 2005.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos *ad libitum* 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.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980-984, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2010a. p.191-240.

- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. Predição do valor energético de dietas para bovinos a partir da composição química dos alimentos. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. 2 ed. Viçosa: DZO-UFV, 2010b. p.47-64.
- FIGUEIRAS, J.F.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALENTE, T.N.P.; VALADARES FILHO, S.C.; LAZZARINI, I. Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1303-1312, 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. [2011]. Food outlook. Global Market Analysis. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/a1978e/a1978e00.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2011.
- 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.
- HARRIS, C.I.; MILNE, G. Urinary excretion of 3-methyl histidine in cattle as a measure of muscle protein degradation. **Proceedings of Nutrition Society**, v.38, p.11A, 1979.
- 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.
- JONES, S.J.; STARKEY, D.L.; CALKINS, C.R.; CROUSE, J.D. Myofibrillar protein turnover in feed-restricted and realimented beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2707-2715, 1990.
- KAPS, M.; LAMBERSON, W. **Biostatistics for animal science**. Wallingford: CAB International, 2004. 445p.
- KENNEDY, P.M.; MILLIGAN, L.P. Transfer of urea from the blood to the rumen of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.40, p.149, 1978.
- 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.
- LAPIERRE, H.; LOBLEY, G.E. Nitrogen recycling in the ruminant: a review. **Journal of Dairy Science**, v.84(Supl. E), E223-236, 2001.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Consumo, digestibilidade e 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.
- LAZZARINI, I. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido**. 2011. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

- 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.
- MARCONDES, M.I.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, M.F. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. Viçosa: DZO-UFV, 2010a. p.113-133.
- MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; GIONBELLI, M.P.; PAULINO, P.V.R.; PAULINO, M.F. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. Viçosa: DZO-UFV, 2010b. p.85-111.
- 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 transported abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1157-1164, 2004.
- 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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985. 138p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, DC: Academic Press, 2001. 381p.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.184-194, 2003.
- 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.; 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. **Suplementação múltipla para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *Brachiaria decumbens***. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- REECE, W.O. Função renal nos mamíferos. In: REECE, W.O. (Ed.) **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.67-96.
- REYNOLDS C.K.; KRISTENSEN, N.B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. **Journal of Animal Science**, v.86, p.E293-E305, 2008.
- RUFINO, L.M.A. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade**. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- 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 Zootecnia**, v.38, p.560-569, 2009.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; QUEIROZ, A.C. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1471-1479, 2010.
- SCALES, G.H.; DENHAM, A.H.; STREETER, C.L.; WARD, G.M. Winter supplementation of beef calves on sand hill range. **Journal of Animal Science**, v.38, p.442-448, 1974.
- SCHROEDER, G.F.; TITGEMEYER, E.C. Interaction between protein and energy supply on protein utilization in growing cattle: a review. **Livestock Science**, v.114, p.1-10, 2008.
- 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.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. [2011]. Livestock and poultry. World markets and trade. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf> Acesso em: 29 set. 2011.
- 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.
- VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; VALDARES FILHO, S.C.; GOMES, D.I.; FIGUEIRAS, J.F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565-2573, 2011.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, Ithaca, 1985. 202p.
- WATERLOW, J.C. **Protein turnover**. Wallingford: CAB International, 2006. 320p.
- WICKERSHAM, T.A.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C.; FARMER, C.G.; KLEVESAHL, E.A.; ARROQUY, J.I.; JOHNSON, D.E.; GNAD, D.P. Effect of post-ruminal protein supply on the response to ruminal protein supplementation in beef steers fed a low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.115, p.19-36, 2004.
- WICKERSHAM, T.A., TITGEMEYER, E.C.; COCHRAN, R.C.; WICKERSHAM, E.E.; GNAD, D.P. Effect of rumen degradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.86, p. 3079–3088, 2008.
- WICKERSHAM, T.A.; TITGEMEYER, E.C.; COCHRAN, R.C.; WICKERSHAM, E.E. Effect of undegradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. **British Journal of Nutrition**, v.101, p.225-232, 2009.
- ZERVOUDAKIS, J.T. **Suplementos múltiplos de autocontrole de consumo e frequência de suplementação, na recria de novilhos durante os períodos das águas e transição águas-seca**. 78f. 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 autocontrole de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1968-1973, 2008.