

**MARJORRIE AUGUSTO DE SOUZA**

**CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E DINÂMICA RUMINAL EM BOVINOS  
ALIMENTADOS COM FORRAGEM TROPICAL DE BAIXA QUALIDADE E  
SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS NITROGENADOS E/OU  
CARBOIDRATOS**

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  
2007**

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

T

S729c  
2007

Souza, Marjorrie Augusto de, 1980-  
Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em  
bovinos alimentados com forragem tropical de baixa  
qualidade e suplementados com compostos nitrogenados  
e / ou carboidratos / Marjorrie Augusto de Souza.  
– Viçosa, MG, 2007.  
ix, 45f. : il. ; 29cm.

Orientador: Edenio Detmann.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. Bovino -  
Nutrição. 3. Suplementos dietéticos. 4. Uréia na nutrição  
animal. 5. Amido na nutrição animal. 6. Capim -  
braquiária. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

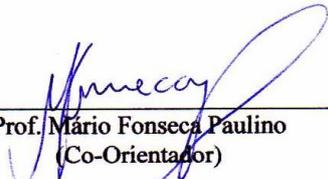
CDD 22.ed. 636.2085

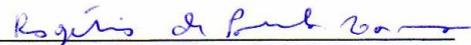
**MARJORRIE AUGUSTO DE SOUZA**

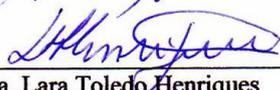
**CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E DINÂMICA RUMINAL EM BOVINOS  
ALIMENTADOS COM FORRAGEM TROPICAL DE BAIXA QUALIDADE E  
SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS NITROGENADOS E/OU  
CARBOIDRATOS**

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*.

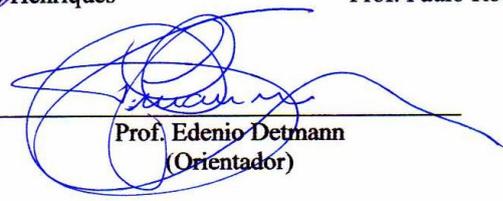
APROVADA: 13 de agosto de 2007

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Mário Fonseca Paulino  
(Co-Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Rogério de Paula Lana

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Lara Toledo Henriques

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Paulo Roberto Cecon

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Edenio Detmann  
(Orientador)

A Deus, a graça de estar simplesmente viva, por me dar a capacidade de  
enxergar sempre o caminho a seguir e de ter chegado até aqui

A minha mãe, pelo incentivo que sempre me deu aos estudos, pelo amor e  
dedicação

A meu pai, na sua simplicidade e humildade, fonte de sabedoria, exemplo  
de força e trabalho

A minha irmã Lorena e a pequena Anita cujo amor infinito me encoraja e  
enche sempre de esperanças

A vocês, que se doaram inteiros e renunciaram aos seus sonhos, para que,  
muitas vezes, pudesse realizar os meus

A Adiéliton,

pelo amor, apoio e por estar sempre presente em todos os  
momentos dessa caminhada

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e saúde.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, por tornar possível a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

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

Aos meus pais pelos ensinamentos de vida, amor incondicional, pela compreensão, apoio, incentivo e confiança.

À minha irmã e minha sobrinha, pela alegria e carinho em todos os momentos.

Ao Adieliton pelo carinho, dedicação e companheirismo demonstrado diariamente e pela companhia nas coletas de madrugada.

Ao Professor Edenio Detmann, pela oportunidade concedida, pela excelente orientação em todos os momentos deste trabalho, atenção, dedicação, paciência e por ensinar com tanta vontade e sabedoria.

Ao Professor Mário Fonseca Paulino, pelos ensinamentos primordiais e pela convicção e dedicação em tudo o que faz.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pela confiança e ensinamentos fundamentais ao longo de minha formação acadêmica.

Aos demais Professores do Departamento de Zootecnia, pela contribuição essencial à minha formação acadêmica.

Aos funcionários, Wellington, Fernando, Monteiro, Valdir, Vera, Pum, Zezé, Marcelo, Celeste e Fernanda, pelo apoio e atenção dispensada durante todo o trabalho.

Às amigas Cláudia e Isis, pelo apoio e colaboração imprescindíveis neste trabalho, do início ao fim, pela amizade construída e por tantos momentos de alegria e descontração.

Aos bolsistas Samuel e Matheus e aos estagiários Tiago, Monique, Isabela, César, Bolão e Felipe, pelo trabalho responsável que realizaram e pela dedicação demonstrada durante o experimento.

Às amigas da república, em especial à Karina e à "Meg", por fazerem parte de tantos momentos de alegria.

A Dona Cecília e ao Seu Adílio pelos almoços no fim de semana.

A todos os meus amigos e parentes que acreditaram e confiaram na concretização do meu trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Marjorie Augusto de Souza, filha de Joaquim Custódio de Souza e Fátima Luiza Augusta da Silva Souza, nasceu em Governador Valadares, no dia 23 de dezembro de 1980.

Em maio de 2006, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em maio de 2006, 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 13 de agosto de 2007.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4

### **CAPÍTULO 1 - Consumo, Digestibilidade e Síntese de Proteína Microbiana em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Carboidratos**

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	15
Conclusões.....	24
Literatura Citada.....	24

### **CAPÍTULO 2 - Dinâmica Ruminal da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Carboidratos**

Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão.....	36
Conclusões.....	41
Literatura Citada.....	41

CONCLUSÕES GERAIS.....	45
------------------------	----

## RESUMO

SOUZA, Marjorrie Augusto de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2007. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados e/ou carboidratos.** Orientador: Edenio Detmann. Co-Orientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos sobre o consumo, a digestibilidade, a síntese de proteína microbiana e sobre a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. Foram utilizadas quatro novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio inicial de 231,9 kg, fistuladas no rúmen. A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (5,16% de PB, com base na MS), fornecido *ad libitum*. Os quatro tratamentos foram: controle (somente feno); feno com adição de compostos nitrogenados, de forma a se elevar o nível de PB da forragem para 10%, com base na MS; feno com adição de amido, na proporção de 20% da MS da forragem ingerida; e feno com adição de compostos nitrogenados e amido, como descrito anteriormente. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, na proporção de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, segundo delineamento em quadrado latino 4 x 4, em esquema fatorial 2 x 2. Verificou-se efeito positivo ( $P < 0,10$ ) da suplementação com compostos nitrogenados sobre os consumos de MS, MO e FDNcp. Por outro lado, a suplementação com carboidratos reduziu o consumo de MS de forragem. A suplementação com compostos nitrogenados incrementou os coeficientes de digestibilidade da MS e FDNcp ( $P < 0,10$ ). A suplementação com carboidratos reduziu o consumo de FDN digerida ( $P < 0,10$ ). Verificou-se efeito de interação ( $P < 0,10$ ) entre proteína e carboidratos sobre as excreções urinárias de nitrogênio total e uréico, sobre as concentrações de nitrogênio uréico no soro e nitrogênio amoniacal ruminal e sobre a eficiência de síntese microbiana. Verificou-se que a suplementação conjunta com compostos nitrogenados e carboidratos amplia a assimilação de compostos nitrogenados no ambiente ruminal. Verificou-se que a suplementação exclusivamente protéica elevou em 14,8%, enquanto a suplementação exclusiva com carboidratos

reduziu em 32,5% as estimativas da taxa ponderada de degradação da FDN. A avaliação da taxa ponderada de dinâmica ruminal indicou que a suplementação com carboidratos causa efeitos deletérios sobre a utilização da FDN da forragem.

## ABSTRACT

SOUZA, Marjorie Augusto de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August of 2007. **Intake, digestibility, and rumen dynamics in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds and (or) carbohydrates**  
Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho

The objective in this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds and (or) carbohydrates on intake, digestibility, microbial protein synthesis and neutral detergent fiber (NDF) dynamics in rumen, in cattle fed low-quality tropical forage. Four Holstein x Zebu heifers, with average live weight of 231.9 kg and fitted with ruminal cannulae, were used. The animals were fed *ad libitum* with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) hay (5.16% of CP as DM basis). The treatments were: control (only hay); hay with nitrogenous compounds for elevating the CP of the forage at 10%; hay with carbohydrates at the level of 20% of forage intake; and hay with nitrogenous compounds and carbohydrates, as described above. The protein supplement was a mixture of urea, ammonium sulfate, and albumin (4.5:0.5:1.0, respectively). The corn starch was used as carbohydrate supplement. The experiment was carried out according to a 4 x 4 Latin square design in a 2 x 2 factorial arrangement. There was positive effect ( $P < 0.10$ ) of nitrogenous compounds supplementation on DM, OM, and NDFom(n) intakes. On the other hand, the carbohydrate supplementation decreased the intakes of DM from forage ( $P < 0.10$ ). The nitrogenous compounds supplementation increased the digestibility coefficients of DM and NDFom(n) ( $P < 0.10$ ). The carbohydrate supplement caused a lower intake of digested NDF ( $P < 0.10$ ). There was interaction between nitrogenous compounds and carbohydrates ( $P < 0.10$ ) on urinary excretions of total and urea nitrogen, on urea nitrogen contents in serum, or ammonia nitrogen in rumen fluid, and on efficiency of microbial synthesis. The supplementation with nitrogenous compounds and carbohydrates together increases the nitrogen assimilation in the rumen. The protein supplementation increased 14.8% the NDF weighted degradation rate. The estimate of this parameter was decreased 32.5% when carbohydrates were supplemented. The evaluation of weighted rumen dynamics rate indicated that carbohydrate supplementation causes negative effects on forage NDF utilization.

## INTRODUÇÃO GERAL

Forragens tropicais durante o período da seca normalmente apresentam níveis inferiores a 7% de proteína bruta (PB), valor considerado como limitante para atividade adequada dos microrganismos do rúmen (Sampaio, 2007; Lazzarini, 2007), implicando condições sub-ótimas no ambiente ruminal (Ørskov, 2000), comprometendo os limites para a manutenção do crescimento microbiano e a utilização dos compostos fibrosos da forragem em condições tropicais. Este quadro implica baixa degradação da forragem, com o não-aproveitamento de energia potencialmente extraível dos carboidratos fibrosos da parede celular vegetal, resultando em diminuição no consumo de matéria seca (MS) e baixo desempenho animal (Paulino et al., 2006).

Tal quadro assume papel preponderante nos trópicos, pois, entre os diferentes componentes dos alimentos, a fração fibrosa apresenta importância fundamental em sistemas de produção tropicais por fornecer quantidade significativa de energia a baixo custo (Detmann et al., 2004a).

A atividade microbiana ruminal, notadamente sobre os compostos fibrosos, é dependente do nível de nitrogênio presente no meio. Desta forma, o uso de suplementos pode auxiliar na implementação de níveis desejados de compostos nitrogenados no ambiente ruminal (Hafley et al., 1993; Lazzarini, 2007). Segundo Hoover (1986), para forragens de baixa qualidade, limitações na taxa e extensão de degradação podem ser atribuídas à deficiência no suprimento de nutrientes essenciais como o nitrogênio.

A eficiência de utilização dos nutrientes via suplementação surge a partir da otimização de utilização dos recursos nutricionais basais oriundos das forragens tropicais, os quais constituem os principais recursos nutricionais em sistemas de produção de bovinos em pastejo; provendo, principalmente, compostos energéticos de baixo custo (Paulino et al., 2006).

A maximização de utilização desses recursos energéticos pode ser alcançada pelo incremento na disponibilidade da porção degradada da fibra, ou seja, pela utilização da fibra em detergente neutro (FDN), a qual, em condições tropicais, constitui, em média, de 60% da MS total das forragens (Paulino et al., 2006).

Uma estratégia adequada de suplementação seria maximizar o uso de forragem por meio da otimização de sua digestão, do incremento da taxa de passagem do resíduo indigestível e, conseqüentemente, do aumento do consumo de nutrientes digestíveis totais (Paulino et al., 2004; Sampaio, 2007), uma vez que dietas baseadas em forragens tropicais apresentam como característica a lenta taxa de passagem, comprometendo o consumo e desempenho animal.

A integração entre os recursos nutricionais basais e o suplemento a ser utilizado deve buscar ao máximo a aproximação entre a fração efetivamente degradada e a fração potencialmente degradável da FDN, sem que ocorra comprometimento sobre o consumo, e através do incremento da taxa de passagem da porção indegradável, a qual, independentemente da situação alimentar, não poderá ser utilizada pelos microrganismos (Paulino et al., 2006).

Dessa forma, o desaparecimento da FDN do ambiente ruminal constitui a integração entre o processo de degradação da fração potencialmente degradável da FDN e da retirada da fração indegradável (FDNi) (Ellis et al., 1994); sendo estes processos determinantes do consumo voluntário sob dietas com predomínio de forragem (Detmann et al., 2003).

A prática da suplementação na época da seca tem por objetivos principais o aumento do teor protéico da dieta e o fornecimento de proteína degradável no rúmen (PDR), servindo como fonte de compostos nitrogenados aos microrganismos ruminais, satisfazendo as exigências dos animais por intermédio do aumento do consumo e digestibilidade da forragem básica (pasto seco), e não através do atendimento direto das exigências dos animais via suplemento (Sampaio, 2007).

O fornecimento adicional de nitrogênio para animais consumindo forragens de baixa qualidade favorece o crescimento das bactérias fibrolíticas, aumenta a taxa de digestão e a síntese de proteína microbiana e, desse modo, permite incrementar o consumo voluntário de forragem e a extração energética a partir dos carboidratos fibrosos da forragem, podendo, ainda, incrementar o aproveitamento dos substratos energéticos do próprio suplemento, resultando em maior aporte de nutrientes para o intestino e de ácidos graxos voláteis para o metabolismo energético (Detmann et al., 2004).

De acordo com Russell et al. (1992), se fornecida fonte de PDR ou fonte de compostos nitrogenados não-protéicos (NNP) que atenda às necessidades das bactérias fibrolíticas nas situações onde há limitação de nitrogênio, a atividade dessa população

aumenta significativamente, pois essa microbiota requer como principal fonte de nitrogênio a amônia, liberada a partir da degradação ruminal da PDR e do NNP.

De forma geral, os benefícios sobre a utilização da forragem basal de baixa qualidade são obtidos elevando-se o teor de PB da dieta a níveis próximos a 10% (Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007). Desta forma, ao momento da definição dos suplementos a serem fornecidos a animais mantidos em condições similares, a massa de PB suplementar deve ser analisada sob a ótica de dois diferentes *pools*.

O primeiro deve ser planejado para que se otimize a utilização dos substratos energéticos da forragem, o qual deve prover PB necessária para elevação do teor protéico da forragem basal a níveis próximos a 10%. Desta forma, propicia-se a obtenção de maior quantidade de energia a baixo custo ao metabolismo animal. O segundo *pool* protéico deverá, portanto, ser focado sobre a utilização das eventuais fontes de carboidratos presentes nos suplementos e, quando necessário, sobre o déficit protéico para que os níveis de ganho de peso planejados sejam efetivamente obtidos (Sampaio, 2007).

Por outro lado, depressões no consumo de forragem podem ocorrer em circunstâncias de reduzida relação volumoso:concentrado da dieta, as quais podem ser facilmente verificadas em animais em terminação mantidos em pastagem, quando o consumo de suplementos mantém-se em patamares próximos a 0,8-1,0% do peso vivo (Paulino, 1999). Nestas circunstâncias, a redução no consumo de forragem pode ter conseqüências imediatas sobre o rendimento produtivo do sistema, uma vez que compromete a utilização dos componentes fibrosos da forragem como precursores para a síntese de produto animal (Detmann et al., 2004).

Reduções na degradação ruminal da fibra em função da adição de carboidratos não-fibrosos (CNF) prontamente degradáveis à dieta são, em geral, atribuídas a dois efeitos distintos, denominados efeito pH e efeito concentrado ou efeito carboidrato (Mould et al., 1983; Arroquy et al., 2005). No primeiro caso, reduções significativas no pH ruminal são responsáveis pela inibição parcial da degradação da fibra, por comprometerem a condição ideal de meio para crescimento dos microrganismos fibrolíticos (Mould et al., 1983; Hoover, 1986; e Van Soest, 1994).

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

Estudos conduzidos em condições de pastagens tropicais permitem evidenciar que elevados níveis de suplementação, como os descritos anteriormente, não são capazes de comprometer o comportamento do pH ruminal a níveis aquém daqueles demandados para atividade fibrolítica eficiente (Detmann et al., 2005; Moraes, 2006). Este quadro parece ser reflexo da alta efetividade física de fibras longas (Mertens, 1997), características de forragens sob pastejo, as quais atuam de forma intensa na estimulação do tamponamento ruminal via atividade mastigatória e liberação de saliva.

Desta forma, o efeito carboidrato parece predominar na influência de altos níveis de suplementação sobre a utilização de substratos fibrosos por animais em pastejo.

Por outro lado, o fornecimento de fontes energéticas de rápida disponibilidade no rúmen poderia ampliar a assimilação de nitrogênio oriundo dos compostos nitrogenados de alta degradabilidade da forragem (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2005).

A sincronia entre a degradação da proteína e os carboidratos tem sido apontada como a base para o maior aproveitamento dos suplementos fornecidos a bovinos em pastejo e em confinamento (Russell, 2002), sendo o baixo teor de CNF nas gramíneas tropicais responsável pela lenta degradação dos carboidratos totais disponíveis nas forragens.

No entanto, quantificações exatas dos efeitos da adição conjunta de compostos nitrogenados e carboidratos sobre os eventos da dinâmica ruminal são praticamente inexistentes em condições tropicais. Portanto, estudos complementares devem ser realizados com o intuito de gerar respostas mais objetivas acerca do problema exposto.

Desta forma, de acordo com os pressupostos aqui apresentados, definiu-se como objetivo nesta dissertação avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos sobre o consumo, a digestibilidade e a dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROQUY, J.I.; COCHRAN R.C.; NAGARAJA, T.G. et al. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.93-106, 2005.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CECON, P.R. et al. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1763-1777, 2003.

- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiço em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e característica de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.169-180, 2004.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p.1380-1391, 2005.
- EL-SHAZLY, K; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.682-756.
- HAFLEY, J.L.; ANDERSIN, 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.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2755-2766, 1986.
- LAZZARINI, I. **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**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p. 15-30, 1983.
- MORAES, E.H.B.K. **Desempenho e exigências de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 97p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- ØRSKOV, E.R. The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. et al. (Eds.) **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London: CAB International, 2000. p.175-188.
- PAULINO, M.F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1. 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 1999. p.137-156.
- PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M.; MORAES, E.H.B.K. et al. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2004. p.93-144.

- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2006. p.359- 392.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- RUSSELL, J.B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca: James B. Russell, 2002. 119p.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SAMPAIO, C.B. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

## CAPÍTULO 1

### **Consumo, Digestibilidade e Síntese de Proteína Microbiana em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Carboidratos**

**RESUMO** – Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos sobre o consumo, a digestibilidade e a síntese de proteína microbiana em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. Foram utilizadas quatro novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio inicial de 231,9 kg, fistuladas no rúmen. A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (5,16% de PB, com base na MS), fornecido *ad libitum*. Os quatro tratamentos foram: controle (somente feno); feno com adição de compostos nitrogenados, de forma a elevar-se o nível de PB da forragem para 10%, com base na MS; feno com adição de amido, na proporção de 20% da MS da forragem ingerida; e feno com adição de compostos nitrogenados e amido, como descrito anteriormente. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, na proporção de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, segundo delineamento em quadrado latino 4 x 4, em esquema fatorial 2 x 2. Verificou-se efeito positivo ( $P < 0,10$ ) da suplementação com compostos nitrogenados sobre os consumos de MS, MO e FDNcp. Por outro lado, a suplementação com carboidratos reduziu o consumo de MS de forragem. A suplementação com compostos nitrogenados incrementou o coeficientes de digestibilidade da MS e FDNcp ( $P < 0,10$ ). A suplementação com carboidratos reduziu o consumo de FDN digerida ( $P < 0,10$ ). Verificou-se efeito de interação ( $P < 0,10$ ) entre proteína e carboidratos sobre as excreções urinárias de nitrogênio total e uréico, sobre as concentrações de nitrogênio uréico no soro e nitrogênio amoniacal ruminal e sobre a eficiência de síntese microbiana. Verificou-se que a suplementação conjunta com compostos nitrogenados e carboidratos amplia a assimilação de compostos nitrogenados no ambiente ruminal.

**Palavras-chave:** amido, capim-braquiária, nitrogênio amoniacal ruminal, suplementação, uréia

## **Intake, Digestibility, and Microbial Protein Synthesis in Cattle Fed Low-Quality Tropical Forage and Supplemented with Nitrogenous Compounds and (or) Carbohydrates**

**ABSTRACT** – The objective in this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds and (or) carbohydrates on intake, digestibility, and microbial protein synthesis in cattle fed low-quality tropical forage. Four Holstein x Zebu heifers, with average live weight of 231.9 kg and fitted with ruminal cannulae, were used. The animals were fed *ad libitum* with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) hay (5.16% of CP as DM basis). The treatments were: control (only hay); hay with nitrogenous compounds for elevating the CP of the forage at 10%; hay with corn starch at the level of 20% of forage intake; and hay with nitrogenous compounds and carbohydrates, as described above. The protein supplement was a mixture of urea, ammonium sulfate, and albumin (4.5:0.5:1.0, respectively). The experiment was carried out according to a 4 x 4 Latin square design in a 2 x 2 factorial arrangement. There was positive effect ( $P < 0.10$ ) of nitrogenous compounds supplementation on DM, OM, and NDFom(n) intakes. On the other hand, the carbohydrate supplementation decreased the intakes of DM from forage ( $P < 0.10$ ). The nitrogenous compounds supplementation increased the digestibility coefficients of DM and NDFom(n) ( $P < 0.10$ ). The carbohydrate supplement caused a lower intake of digested NDF ( $P < 0.10$ ). There was interaction between nitrogenous compounds and carbohydrates ( $P < 0.10$ ) on urinary excretions of total and urea nitrogen, on urea nitrogen contents in serum, or ammonia nitrogen in rumen fluid, and on efficiency of microbial synthesis. The supplementation with nitrogenous compounds and carbohydrates together increases the nitrogen assimilation in the rumen.

**Keywords:** rumen ammonia nitrogen, signal grass, starch, supplementation, urea

### **Introdução**

As forragens tropicais constituem os principais recursos nutricionais básicos para os sistemas de produção de bovinos em pastejo, provendo compostos energéticos de baixo custo, principalmente a partir da fibra em detergente neutro (FDN), suprimindo grande parte das exigências de manutenção e produção dos animais.

As regiões de clima tropical são caracterizadas pela distribuição desuniforme das chuvas, resultando em acentuada defasagem na oferta de forragem nas pastagens durante os períodos de precipitação escassa (período seco). Desta forma, os fatores climáticos são responsáveis pela baixa disponibilidade qualitativa e quantitativa de forragem no período seco, devido ao aumento da maturidade fisiológica, o que implica elevação dos teores de constituintes fibrosos insolúveis, notadamente tecidos lignificados, e redução do conteúdo celular vegetal, destacando-se quedas drásticas nos teores de compostos nitrogenados totais.

A depressão no consumo de forragens de baixa qualidade, como durante o período seco, pode ser atribuída à deficiência de nitrogênio, implicando redução da fermentação ruminal e menor saída de resíduos não-digeridos do rúmen (Van Soest, 1994).

Forragens tropicais de baixa qualidade normalmente apresentam níveis inferiores a 7% de proteína bruta (PB), valor considerado limítrofe para atividade adequada dos microrganismos do rúmen sobre os carboidratos fibrosos da forragem basal (Sampaio, 2007), o que implica não-aproveitamento de energia potencialmente extraível dos carboidratos fibrosos da parede celular vegetal, resultando em diminuição no consumo de matéria seca e baixo desempenho animal (Paulino et al., 2006).

A suplementação com compostos nitrogenados para bovinos alimentados com forragem basal de baixa qualidade deve ser analisada sob a ótica de dois *pools*, sendo o primeiro destes responsável pelo suprimento protéico para que se otimize a utilização dos carboidratos fibrosos da forragem (Paulino et al., 2006). Segundo Sampaio (2007), o quadro acima descrito seria obtido com a suplementação com compostos nitrogenados em quantidade suficiente para elevar-se o nível de PB da forragem basal a valores próximos a 10%, com base na matéria seca (MS).

Por outro lado, reduções no consumo de forragem podem ocorrer em função da suplementação com carboidratos não-fibrosos (CNF) (Minson, 1990), as quais parecem estar associadas a comprometimentos na utilização da fibra pelos microrganismos ruminais (Mould et al., 1983).

Nestas circunstâncias, reduções na degradação ruminal da fibra são, em geral, atribuídas ao efeito carboidrato (Mould et al., 1983; Arroquy et al., 2005), o qual se manifesta por intermédio de competições por nutrientes essenciais entre microrganismos fibrolíticos e aqueles que degradam CNF (Mould et al., 1983), sendo

mais pronunciado em meios deficientes em compostos nitrogenados (El-Shazly et al., 1961).

Contudo, são ainda escassos em condições tropicais estudos nos quais se buscam avaliar os possíveis efeitos de interação entre a suplementação com compostos nitrogenados e com carboidratos sobre a utilização de forragem basal de baixa qualidade.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos sobre o consumo, a digestibilidade e a síntese de proteína microbiana em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Animais e do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre agosto e novembro de 2006.

Foram utilizadas quatro novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de  $231,9 \pm 15,5$  kg, fistuladas no rúmen, mantidas em baias individuais cobertas, com piso de concreto, dispostas com comedouro e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral.

A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) de baixa qualidade, com nível médio de PB de 5,16 %, com base na MS, o qual foi fornecido *ad libitum*.

Os quatro tratamentos experimentais foram: controle (somente feno); feno com adição de compostos nitrogenados, de forma a se elevar o nível de PB da forragem para 10%, com base na MS; feno com adição de amido, na proporção de 20% da MS da forragem ingerida; e feno com adição de compostos nitrogenados e amido, conforme descrito anteriormente. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, na proporção de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. Os suplementos foram calculados com base no consumo de MS computado no dia anterior e introduzidos no rúmen dos animais.

A alimentação volumosa foi fornecida *ad libitum*, permitindo-se, aproximadamente, 10% de sobras, sendo fracionada em duas porções de mesmo peso e fornecidas diariamente às 8h00 e 16h00. No momento do fornecimento do volumoso os suplementos foram introduzidos no rúmen dos animais em duas porções de pesos

equivalentes. O volumoso ofertado e as respectivas sobras foram quantificados diariamente.

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais à suplementação.

Para efeito de quantificação do consumo voluntário foram considerados os alimentos fornecidos entre o sexto e o nono dia de cada período experimental, sendo as sobras computadas entre o sétimo e o décimo dia.

As amostras de volumoso e sobras foram processadas em moinho de facas (1 mm), acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posterior análise.

Para estimação dos coeficientes de digestibilidade foram realizadas coletas fecais diretamente no reto dos animais do sétimo ao décimo dia do período experimental segundo a distribuição: 7º dia - 6h00 e 14h00; 8º dia - 8h00 e 16h00, 9º dia - 10h00 e 18h00; e 10º dia - 12h00 e 20h00. As amostras de fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada (60°C/72 horas) e processadas em moinho de facas (1 mm). Posteriormente, elaboraram-se amostras compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

Para avaliação do pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) realizaram-se, no sexto dia do período experimental, coletas de líquido ruminal às 4h00, 8h00, 12h00, 16h00, 20h00 e 24h00. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por uma camada tripla de gaze e submetidas à avaliação do pH por intermédio de potenciômetro digital. Em seguida, separou-se alíquota de 40 mL, a qual foi fixada com 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise.

No décimo dia do período experimental realizou-se coleta de conteúdo ruminal com o objetivo de se isolar microrganismos ruminais. As amostras foram tomadas imediatamente antes e seis horas após o fornecimento da alimentação matinal, conforme técnica descrita por Cecava et al. (1990). Depois de centrifugadas e secas em estufa com ventilação forçada (60°), as amostras foram processadas em moinho tipo “bola” e armazenadas.

No décimo segundo, décimo quarto e décimo sexto dias foram realizadas coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais, aproximadamente quatro horas após o fornecimento da alimentação matinal, para quantificação das concentrações urinárias de uréia, nitrogênio total, creatinina, alantoína

e ácido úrico. As amostras foram filtradas em gaze, sendo separada alíquota de 10 mL, a qual foi diluída em 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) e congelada (-20°C).

No décimo sexto dia foi realizada coleta de sangue, quatro horas após a alimentação, via veia jugular, utilizando-se tubos de ensaio com gel separador e acelerador de coagulação. As amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 2700 x g para obtenção do soro, que foi congelado (-20°C) para posterior avaliação dos teores de uréia.

As amostras de feno, sobras e fezes foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de FDN foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002). As correções no tocante aos teores de cinzas e proteína contidos na FDN e na FDA foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Os teores de lignina foram também expressos com correção para o teor de compostos nitrogenados, segundo especificações de Henriques et al. (2007).

O suplemento protéico foi analisado quanto aos teores de MS, MO e PB (Silva & Queiroz, 2002). O amido foi analisado quanto aos teores de MS, MO, PB, EE e CNF. A composição química da forragem, do suplemento e do amido é apresentada na Tabela 1.

Para quantificação do consumo de CNF para os tratamentos envolvendo a suplementação com compostos nitrogenados utilizou-se a equação (Hall, 2000):

$$CCNF = CMO - [CEE + CFDNcp + (CPB - CPBur + Cur)] \quad (1);$$

em que CCNF, CMO, CEE, CFDNcp, CPB, CPBur, e Cur equivalem aos consumos de CNF, de MO, de EE, de FDNcp, de PB, de PB proveniente da uréia, e de uréia, respectivamente (kg/dia).

As estimativas de excreção fecal foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) com indicador interno. Amostras de feno, sobras e fezes foram processadas em moinho de facas (2 mm) e incubadas em duplicata (20 mg MS/cm<sup>2</sup>) em sacos de tecido não-tecido (TNT - 100 g/m<sup>2</sup>) no rúmen de duas novilhas mestiças recebendo dieta mista (20% de concentrado) por 240 horas. Após este período o material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro (Mertens, 2002) para quantificação dos teores de FDNi. Os valores de excreção fecal foram obtidos por intermédio da relação entre consumo e concentração fecal de FDNi.

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), lignina, lignina corrigida para proteína (LIGp) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) no feno, no suplemento protéico e no amido

Item	Feno	Suplemento Protéico	Amido
MS <sup>1</sup>	89,25	96,67	88,06
MO <sup>2</sup>	94,69	98,68	99,84
PB <sup>2</sup>	5,16	250,84	0,00
EE <sup>2</sup>	0,76	---	0,50
FDN <sup>2</sup>	86,41	---	---
FDNcp <sup>2</sup>	82,89	---	---
CNF <sup>2 3</sup>	5,88	---	99,34
FDAcp <sup>2</sup>	58,73	---	---
Lignina <sup>2</sup>	8,63	---	---
LIGp <sup>2</sup>	8,22	---	---
PIDA <sup>4</sup>	30,13	---	---

<sup>1</sup>/% da matéria natural. <sup>2</sup>/ % da MS. <sup>3</sup>/ CNF = MO – (EE + FDNcp + PB). <sup>4</sup>/ % da PB.

A concentração de NAR no líquido ruminal foi estimada pelo sistema micro-Kjeldahl, sem digestão ácida e utilizando-se como base para destilação o hidróxido de potássio (2 N), após centrifugação prévia da amostra a 1000 x g por 15 minutos. 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 MS, PB (Silva & Queiroz, 2002) e bases púricas (Ushida et al., 1985).

As amostras de urina, após serem descongeladas, foram compostas por cada animal e período experimental. As concentrações de creatinina e ácido úrico na urina e uréia na urina e soro foram estimadas pelos métodos de Jaffé modificado (Bioclin K016-1), colorimétrico (UOD-PAP, Bioclin K052) e enzimático colorimétrico (Bioclin K047), respectivamente. Os teores urinários de alantoína foram estimados por intermédio de método colorimétrico, conforme Chen & Gomes (1992), sendo o teor de nitrogênio total estimado pelo método de Kjeldahl (Silva & Queiroz, 2002). A conversão dos valores de uréia em nitrogênio uréico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,466.

O volume total urinário foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina a sua excreção por unidade de peso vivo, segundo equação descrita por Chizzotti (2004):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (2);$$

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

A excreção de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina.

As purinas absorvidas foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas por intermédio da equação (Verbic et al., 1990):

$$PA = \frac{DP - 0,385 \times PV^{0,75}}{0,85} \quad (3);$$

em que: PA = purinas absorvidas (mmol/dia); DP = excreção de derivados de purinas (mmol/dia); 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina; e 0,385 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol/kg PV<sup>0,75</sup>).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen foi estimada em função das purinas absorvidas e da relação N<sub>RNA</sub>:N<sub>TOTAL</sub> nos microrganismos, segundo Chen & Gomes (1992):

$$N_{mic} = \frac{70 \times PA}{0,83 \times R \times 1000} \quad (4);$$

em que: N<sub>mic</sub> = fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado (g/dia); R = relação N<sub>RNA</sub>:N<sub>TOTAL</sub> nos microrganismos; 70 = conteúdo de nitrogênio na purinas (mg/mol); e 0,83 = digestibilidade intestinal das purinas microbianas.

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino 4 x 4 com quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais. A soma de quadrados para tratamentos foi decomposta segundo esquema fatorial 2 x 2 (fornecimento ou não de compostos nitrogenados e fornecimento ou não de carboidratos). Quando pertinente, a avaliação do efeito de interação foi realizada por intermédio de contrastes não-ortogonais.

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

## Resultados e Discussão

As estimativas do consumo médio diário em kg/dia e g/kg PV são apresentadas na Tabela 2. Não foram verificados efeitos de interação entre a suplementação com carboidratos e com compostos nitrogenados ( $P>0,10$ ).

Tabela 2 - Médias de mínimos quadrados, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os consumos de matéria seca (MS), de matéria seca de forragem (MSF), de matéria orgânica (MO), de proteína bruta (PB), de carboidratos não-fibrosos (CNF), de extrato etéreo (EE), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), de matéria seca digerida (MSD), de fibra em detergente neutro digerida (FDND) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos

Item	SP <sup>1</sup>		CP <sup>1</sup>		CV(%)	Efeito <sup>2,3</sup>			
	SC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>	SC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>		P	C	P x C	
	kg/dia								
MS	3,457	3,494	4,479	4,938	8,9	***	ns	ns	
MSF	3,457	2,968	4,235	4,036	9,3	***	*	ns	
$\Delta$ MSF <sup>4</sup>	---	-0,93	+3,19	+0,64	---	---	---	---	
MO	3,270	3,341	4,250	4,717	8,8	***	ns	ns	
PB	0,182	0,156	0,841	0,774	15,8	***	ns	ns	
CNF	0,193	0,691	0,222	0,886	15,1	**	***	**	
EE	0,027	0,023	0,033	0,031	5,9	***	**	ns	
FDN	2,987	2,566	3,653	3,483	9,7	***	ns	ns	
FDNcp	2,868	2,470	3,512	3,353	9,7	***	ns	ns	
$\Delta$ FDNcp <sup>5</sup>	---	-0,76	+2,64	+0,54	---	---	---	---	
MSD	1,077	1,477	1,979	2,357	12,7	***	**	ns	
FDND	1,156	0,973	1,764	1,508	13,6	***	*	ns	
NDT	1,120	1,516	2,338	2,713	12,7	***	**	ns	
	g/kg PV								
MS	15,2	15,2	19,0	22,0	10,3	***	ns	ns	
MO	14,4	14,5	18,1	21,0	10,2	***	ns	ns	
FDN	13,2	11,1	15,5	15,5	10,3	***	ns	ns	
FDNcp	12,7	10,7	14,9	15,0	10,3	***	ns	ns	
NDT	5,0	6,6	9,9	12,0	14,0	***	**	ns	

<sup>1/</sup> SP = sem proteína; CP = com proteína; SC = sem carboidratos; e CC = com carboidratos. <sup>2/</sup> P, C e P x C = efeitos relativos à suplementação com proteína, com carboidratos e sua interação, respectivamente. <sup>3/</sup> (ns), (\*), (\*\*), (\*\*\*): não significativo ( $P>0,10$ ) e significativo aos níveis de 10, 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. <sup>4/</sup> Variação sobre o consumo de MS de forragem em função do consumo de suplementos (g/g). <sup>5/</sup> Variação sobre o consumo de FDNcp em função do consumo de suplementos (g/g).

Verificou-se efeito ( $P<0,10$ ) da suplementação com compostos nitrogenados sobre os consumos de MS, MO, FDN e FDNcp, em kg/dia. Comportamento similar ( $P<0,10$ ) foi verificado para os consumos de MS, MO, FDN e FDNcp, quando

expressos em g/kg PV. Por outro lado, não se observou efeito da suplementação com carboidratos sobre estas variáveis ( $P>0,10$ ) (Tabela 2).

De forma geral, o consumo voluntário foi incrementado com a suplementação com compostos nitrogenados (Tabela 2), o que corrobora a natureza prioritária dos compostos nitrogenados na suplementação de animais alimentados com forragem de baixa qualidade (Leng, 1990; Paulino et al., 2001).

A atividade microbiana ruminal, notadamente sobre os compostos fibrosos, é dependente do nível de nitrogênio presente no meio. O fornecimento adicional de nitrogênio para animais consumindo forragens de baixa qualidade favorece o crescimento das bactérias fibrolíticas, aumenta a taxa de digestão e a síntese de proteína microbiana, permitindo incrementar o consumo voluntário da forragem e ampliar a extração energética a partir de carboidratos fibrosos da forragem (Paulino et al., 2006).

De acordo com Russell et al. (1992), se fornecida uma fonte de PDR ou uma fonte de compostos nitrogenados não-protéicos (NNP) que atenda às necessidades das bactérias fibrolíticas nas situações onde há limitação de nitrogênio, a atividade dessa população aumenta significativamente, pois essa requer nitrogênio amoniacal como principal fonte de compostos nitrogenados, o qual é liberado a partir da degradação ruminal da PDR e do NNP.

Apesar da ausência de efeitos ( $P>0,10$ ) da suplementação com carboidratos sobre o consumo total, a avaliação do consumo de MS oriunda da forragem indicou efeito negativo do amido sobre a ingestão voluntária ( $P<0,10$ ) (Tabela 2).

Tal comportamento pode ser atribuído ao efeito de substituição da forragem pelo amido suplementar, uma vez que a taxa de substituição da forragem pelo suplemento é dependente do nível de carboidratos prontamente fermentescíveis consumido (Dixon & Stockdale, 1999).

Em situações nas quais ruminantes são alimentados com forragens de baixa qualidade, a substituição da forragem pelo grão (ou suplemento energético) é geralmente menor do que em animais alimentados com forragem de alta qualidade (Minson, 1990). Contudo, a substituição pode ser de magnitude suficiente para tornar a utilização do suplemento energético ineficiente (Dixon & Stockdale, 1999).

O efeito substitutivo obtido para o tratamento com a suplementação exclusiva com amido foi de 0,93 g de MS de forragem/g de suplemento, implicando em ausência de alterações sobre o consumo voluntário total (Tabela 2).

Na alimentação de ruminantes com forragens de baixa qualidade, espera-se que o efeito de enchimento ruminal seja o mecanismo predominante na regulação do consumo voluntário (Mertens, 1994). Segundo Dixon & Stockdale (1999), a suplementação com carboidratos pode afetar indiretamente o enchimento ruminal por modificar a quantidade de resíduos não-digeridos no rúmen como reflexo de alterações na taxa de degradação microbiana dos componentes fibrosos e, possivelmente, na taxa de remoção dos resíduos não-digeridos do rúmen, o que compromete o consumo voluntário de forragens de baixa qualidade.

De outra forma, a suplementação exclusivamente protéica implicou efeito aditivo de 3,19 g MS de forragem/g de suplemento (Tabela 2). De acordo com os resultados obtidos, a ausência de interação entre proteína e carboidratos ( $P > 0,10$ ), indica que os efeitos destes compostos sobre o consumo são aditivos entre si, o que implicou redução do efeito aditivo da proteína em função do efeito substitutivo do carboidrato (Tabela 2), conduzindo, na suplementação conjunta, a impactos sobre o consumo de forragem inferiores aos observados somente com a suplementação protéica (+0,64 g de MS forragem/g de suplemento). Comportamento similar foi observado sobre o consumo de FDNcp (Tabela 2).

O coeficiente de digestibilidade da MS foi influenciado pela suplementação com carboidratos e com proteína ( $P < 0,10$ ). Por outro lado, os coeficientes de digestibilidade da FDNcp, da FDNpd e o nível de NDT na dieta foram afetados somente pela suplementação protéica ( $P < 0,10$ ), ao passo que somente a suplementação com carboidratos afetou a digestibilidade dos CNF ( $P < 0,10$ ). Efeito de interação entre os fatores principais ( $P < 0,10$ ) foi observado sobre a digestibilidade da MO e da PB (Tabela 3).

Na ausência de carboidratos suplementares, os coeficientes de digestibilidade dos CNF foram negativos, indicando ingestão abaixo da massa metabólica fecal de CNF. Neste contexto, a suplementação com carboidratos elevou o consumo de CNF altamente digestíveis, permitindo a observação de coeficientes de digestibilidade positivos (Tabela 3), o que justifica o efeito observado neste estudo.

O desdobramento do efeito de interação sobre o coeficiente de digestibilidade da MO indicou que a suplementação protéica elevou a digestão da MO na ausência de carboidratos ( $P < 0,10$ ), mas não afetou esta característica quando ocorreu suplementação com amido ( $P > 0,10$ ). Para o primeiro caso, releva-se o estímulo sobre a degradação ruminal observado com a adição de compostos nitrogenados sobre forragens de baixa

qualidade (Sampaio, 2007; Lazzarini, 2007). Para o segundo caso, devido à suplementação com MO altamente digestível via amido, o efeito da proteína suplementar mostrou-se de menor magnitude (Tabela 3), não se permitindo evidenciar significativamente os efeitos diretos sobre a utilização da MO da forragem.

Tabela 3 - Médias de mínimos quadrados, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (MS), da matéria orgânica (MO), da proteína bruta (PB), do extrato etéreo (EE), da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), dos carboidratos não-fibrosos (CNF), da fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) e nível de nutrientes digestíveis totais (NDT) na dieta em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos

Item	SP <sup>1</sup>		CP <sup>1</sup>		CV(%)	Efeito <sup>2,3</sup>		
	SC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>	SC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>		P	C	P x C
MS	32,0	43,0	44,1	48,3	8,5	***	***	ns
MO	34,7	45,7	46,1	50,1	7,3	***	***	*
PB	16,6	20,4	79,8	75,4	7,5	***	ns	*
EE	29,4	39,1	36,2	35,5	30,9	ns	ns	ns
FDNcp	39,7	38,8	48,2	43,8	8,7	**	ns	ns
CNF	-63,8	64,6	-75,5	59,7	587,4	ns	***	ns
FDNpd	64,0	61,3	76,8	70,1	8,1	***	ns	ns
NDT	33,2	34,0	52,0	48,3	7,1	***	ns	ns

<sup>1/</sup> SP = sem proteína; CP = com proteína; SC = sem carboidratos; e CC = com carboidratos. <sup>2/</sup> P, C e P x C = efeitos relativos à suplementação com proteína, com carboidratos e sua interação, respectivamente. <sup>3/</sup> (ns), (\*), (\*\*), (\*\*\*): não significativo (P>0,10) e significativo aos níveis de 10, 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tanto na ausência, como na presença de carboidratos, a suplementação com compostos nitrogenados elevou o coeficiente de digestibilidade da PB (P<0,10), sendo esta elevação de menor amplitude na presença de carboidratos (Tabela 3).

A elevação do coeficiente de digestibilidade da FDNcp com a suplementação com compostos nitrogenados (P<0,10), o que acarretou ampliação no nível de NDT, corrobora seu efeito positivo sobre a atividade fibrolítica no rúmen (Leng, 1990; Sampaio, 2007; e Lazzarini, 2007).

Este comportamento refletiu diretamente sobre a ampliação do consumo dos compostos fibrosos com alto poder de repleção ruminal (Tabela 2). Incrementos no consumo voluntário de forragens de baixa qualidade frequentemente estão associados a aumentos na taxa de passagem e digestão da forragem (McCullum & Gaylean, 1985; Köster et al., 2002), o que acelera o processo de remoção dos compostos não-digeridos e indigestíveis da fibra e amplia o *turnover* da massa residente no rúmen (Allen, 1996)

e, conseqüentemente, amplia o consumo de NDT (Paulino et al., 2004), como verificado neste trabalho (Tabelas 2 e 3).

Neste contexto, o aumento do consumo de MS foi acarretado pela ampliação na degradação dos carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis (Lazzarini, 2007), justificado pela ampliação no coeficiente de digestibilidade da FDNpd.

A ausência de efeitos da suplementação com carboidratos sobre a digestibilidade da FDN ( $P>0,10$ ) aparentemente contraria as observações de Chase Jr. & Hibberd (1987), que verificaram redução no coeficiente de digestibilidade à medida que se incrementou a suplementação com milho em grão em bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade.

Sendo inversa a relação entre consumo e digestibilidade dos componentes fibrosos (Van Soest, 1994), a redução no consumo de FDNcp causada pela suplementação com carboidratos implicou, para um mesmo consumo, em elevação de seu coeficiente de digestibilidade. Isto acarretou aparente ausência de efeitos dos carboidratos suplementares sobre a digestão da FDNcp (Tabela 3).

A mensuração da massa ingerida efetivamente digerida permite integrar os efeitos da suplementação sobre o consumo e digestibilidade (Sampaio, 2007). Nesse contexto, verificou-se que a suplementação com carboidratos reduziu ( $P<0,10$ ) o consumo de FDN digerida (Tabela 2), o que indica, indiretamente, redução na digestibilidade total da FDNcp.

A ação deletéria da suplementação com carboidratos sobre a degradação ruminal da FDN pode ser atribuída a quedas no pH ruminal ou à ocorrência do efeito carboidrato (Mould et al., 1983; Arroquy et al., 2005). Contudo não foram verificados efeitos da suplementação com carboidratos sobre o pH ruminal ( $P>0,10$ ) (Tabela 4; Figura 1). Desta forma, a redução na digestão da FDNcp pode ser atribuída ao efeito carboidrato, o qual compreende relações amensais e de competição por substratos essenciais entre espécies fibrolíticas e não-fibrolíticas no ambiente ruminal (El-Shazly et al., 1961; Costa et al., 2007).

O pH ruminal foi reduzido em função da suplementação protéica ( $P<0,10$ ) (Tabela 4; Figura 1), como reflexo direto do incremento na digestibilidade (Tabela 3).

Verificou-se efeito de interação ( $P<0,10$ ) entre proteína e carboidratos sobre as excreções urinárias de nitrogênio total (EUN) e de nitrogênio uréico (NUU) e sobre as concentrações de nitrogênio uréico no soro (NUS) e NAR (Tabela 4).

O desdobramento destas interações indicou que a suplementação protéica, independentemente da presença de carboidratos, elevou as estimativas das variáveis supracitadas ( $P < 0,10$ ). Por outro lado, a adição de carboidratos, na presença de proteína, implicou redução ( $P < 0,10$ ) dos valores observados.

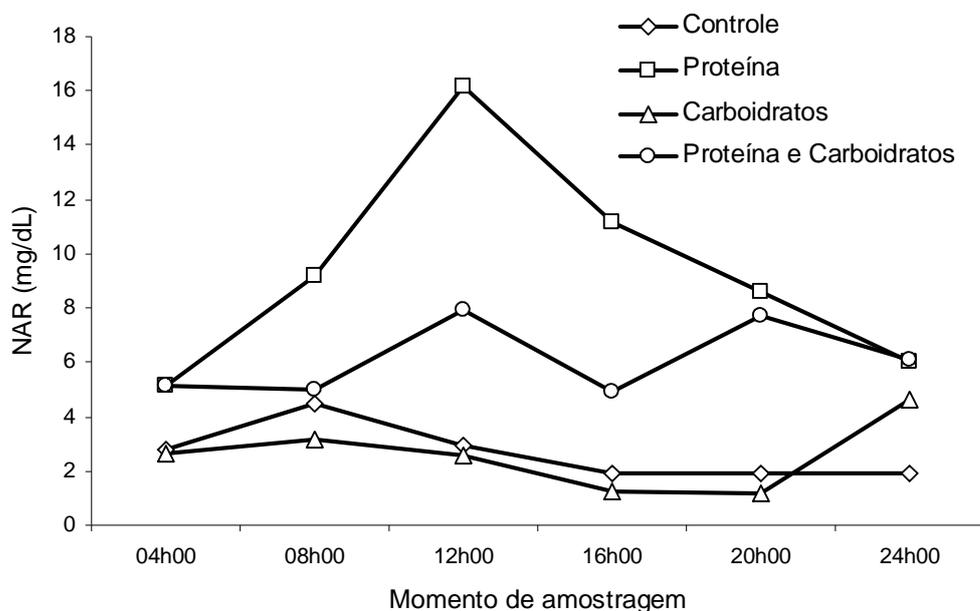


Figura 1 - Valores médios do pH ruminal em função do momento de amostragem e dos tratamentos.

O fluxo de nitrogênio microbiano no intestino delgado (NMIC) não foi alterado pela suplementação isolada com carboidratos ou proteína ( $P > 0,10$ ), mesmo havendo efeitos positivos sobre a concentração de NAR com a suplementação protéica (Tabela 4; Figura 2). Incrementos em NMIC somente foram observados com a suplementação conjunta com proteína e carboidratos ( $P < 0,10$ ).

A avaliação conjunta destas variáveis indica que a suplementação exclusivamente protéica, embora amplie a utilização dos substratos basais no rúmen (Tabela 3) pode não conferir ampliação na assimilação de compostos nitrogenados pelos microrganismos ruminais em função de falta de acoplamento com a disponibilidade da energia oriunda da FDN, o que causa incremento nas perdas urinárias de nitrogênio. Por outro lado, a suplementação exclusiva com carboidratos não permite a formação de proteína microbiana por deficiência global de compostos nitrogenados.

O fornecimento de carboidratos em conjunto com a proteína promove maior assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal (o que é reforçado pela queda em NAR e

NUS e pelo incremento em NMIC), reduzindo, conseqüentemente as perdas urinárias (Tabela 4).

Este comportamento refletiu sobre o balanço aparente de compostos nitrogenados (BNA) (Tabela 4). Embora não tenha verificado efeito de interação entre proteína e carboidratos ( $P>0,10$ ), reflexo do elevado coeficiente de variação, verificou-se que a adição de amido na dieta de animais suplementados com compostos nitrogenados elevou a estimativa de BNA, indicando maior retenção de nitrogênio nos animais suplementados simultaneamente com proteína e carboidratos.

Tabela 4 - Médias de mínimos quadrados, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para o pH ruminal, nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), consumo de nitrogênio (CN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN – g/dia), balanço nitrogenado aparente (BNA – g/dia), concentração de nitrogênio uréico na urina (NUU – mg/dL), nitrogênio uréico no soro (NUS – mg/dL), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC – g/dia), relação nitrogênio purina:nitrogênio total nas bactérias ( $N_{RNA}:NT$ ), concentração de nitrogênio nas bactérias (NBAC – % da MS), eficiência de síntese microbiana (EFM – g PB microbiana/kg NDT) e eficiência de síntese microbiana com base no conceito de digestibilidade verdadeira (EFM<sub>v</sub> – g PB microbiana/kg NDT<sub>v</sub>) em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos

Item	SP <sup>1</sup>		CP <sup>1</sup>		CV(%)	Efeito <sup>2,3</sup>		
	SC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>	SC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>		P	C	P x C
pH	6,76	6,72	6,48	6,20	3,0	***	ns	ns
NAR	2,74	2,53	9,72	6,24	29,3	***	**	**
CN	29,13	24,98	134,55	123,85	15,8	***	ns	ns
EUN	34,19	31,49	103,18	74,68	18,7	***	**	**
EFN	24,05	20,15	27,10	30,98	13,4	***	ns	*
BNA	-29,12	-26,68	4,25	18,21	151,6	***	ns	ns
NUU	18,45	12,57	95,69	51,88	28,5	***	***	**
NUS	6,01	4,30	16,76	11,03	19,8	***	**	*
NMIC	40,74	40,61	41,14	67,01	18,2	**	**	**
$N_{RNA}:NT$	0,144	0,152	0,148	0,130	9,9	ns	ns	ns
NBAC	5,75	4,95	5,42	5,58	7,5	ns	ns	*
EFM	226,1	163,0	110,5	153,7	10,7	***	ns	***
EFM <sub>v</sub>	152,8	122,3	90,1	129,2	11,3	**	ns	**

<sup>1/</sup> SP = sem proteína; CP = com proteína; SC = sem carboidratos; e CC = com carboidratos. <sup>2/</sup> P, C e P x C = efeitos relativos à suplementação com proteína, com carboidratos e sua interação, respectivamente. <sup>3/</sup> (ns), (\*), (\*\*), (\*\*\*): não significativo ( $P>0,10$ ) e significativo aos níveis de 10, 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A partir da avaliação destas variáveis, infere-se que, embora a suplementação com carboidratos e proteína apresente efeitos aditivos entre si sobre o consumo voluntário de forragem de baixa qualidade, o que torna prioritária a suplementação

protéica, esse efeitos se tornam interativos no tocante à assimilação de compostos nitrogenados para o metabolismo animal.

Assim, a suplementação com fontes de compostos nitrogenados degradáveis no rúmen permite a ampliação do consumo de nutrientes digestíveis totais a partir de forragem de baixa qualidade (Tabela 2) o que amplia o desempenho animal (Paulino et al., 2001). Contudo, a associação com fontes de energia prontamente degradáveis, em níveis nos quais não se comprometa o consumo voluntário, pode resultar em incrementos produtivos em virtude da maior disponibilização de proteína metabolizável a partir da melhor assimilação de compostos nitrogenados no ambiente ruminal (Tabela 4).

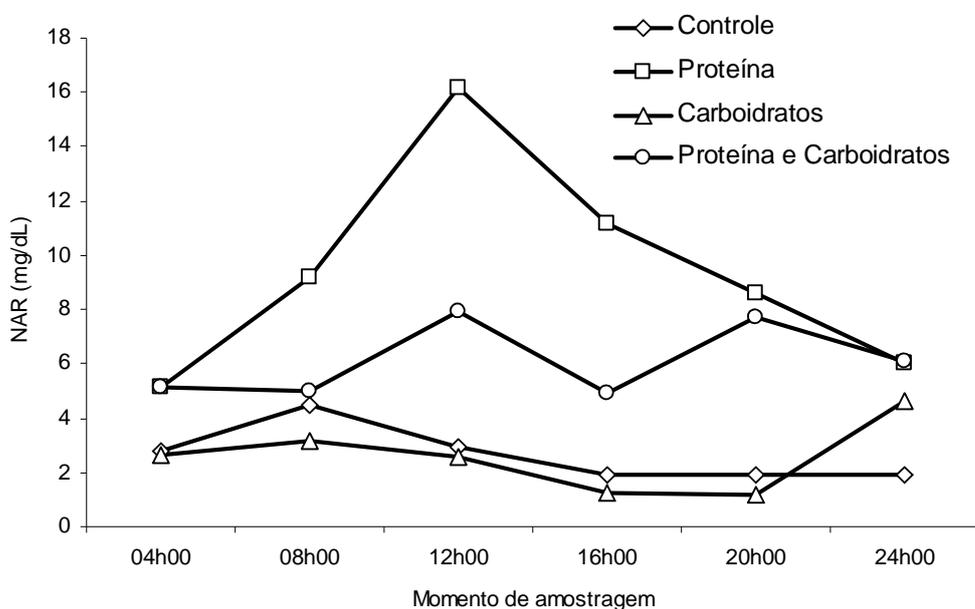


Figura 2 - Valores médios da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em função do momento de amostragem e dos tratamentos.

A suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos não proporcionou alterações na relação nitrogênio purina:nitrogênio total nas bactérias ( $P > 0,10$ ), obtendo-se valor médio de 0,146.

O desmembramento do efeito de interação permitiu evidenciar redução na concentração de nitrogênio nas bactérias (NBAC) com a suplementação com amido somente na ausência de proteína ( $P < 0,10$ ). Quando a atividade bacteriana é limitada pela baixa concentração de nitrogênio e os carboidratos não-fibrosos se encontram em excesso, a síntese de proteína é deficiente, ocorrendo acúmulo de ATP, o que

indisponibiliza o ADP para reações de fosforilações na via glicolítica (Russell, 2002), implicando acúmulo de carboidratos no meio intracelular, reduzindo, proporcionalmente, a concentração de compostos nitrogenados.

Observou-se efeito de interação entre proteína e carboidratos ( $P < 0,10$ ) sobre a eficiência de síntese microbiana (EFM) (Tabela 4). Em virtude dos baixos teores de componentes não-fibrosos da forragem basal, observou-se, de forma geral, baixos coeficientes de digestibilidade aparente (Tabela 3), o que ampliou a representatividade da contribuição metabólica fecal, elevando os valores de eficiência microbiana.

Desta forma, os valores de EFM foram também estimados com base no conceito de digestibilidade verdadeira (EFMv) com base nas contribuições metabólicas fecais para bovinos em crescimento relatadas por Detmann et al. (2006a; b; c).

Na ausência de proteína, a suplementação com carboidratos reduziu a EFMv ( $P < 0,10$ ). O valor médio obtido sem a presença de carboidratos (152,8 g PB microbiana/kg de NTDv) situou-se acima do relatado por Valadares Filho et al (2006) (120 g PB microbiana/kg NDT) para condições tropicais. Segundo o NRC (2001), em situações nas quais há carência de compostos nitrogenados no rúmen, ocorre ganho líquido de nitrogênio no sistema via reciclagem, o que incrementa a EFM.

Por outro lado, a adição de carboidratos degradáveis, em situação de deficiência protéica incrementa a ocorrência de *energy spilling*. Este fenômeno é mediado pelo ciclo fútil de prótons através da membrana das células e ativado pela ATPase que bombeia os prótons para fora da célula. Devido à alta hidrólise de ATP as células podem incrementar a força próton motora, diminuindo a resistência da membrana celular ao próton, potencializando o ciclo fútil (Russell, 2002), reduzindo a eficiência microbiana.

Na presença de proteína, observou-se menor rendimento na ausência de carboidratos ( $P < 0,10$ ), sendo o valor médio (90,1 g PB microbiana/kg NDTv) inferior ao referencial descrito por Valadares Filho et al. (2006). Segundo o NRC (2001), se a disponibilidade de nitrogênio é relativamente alta comparada à MO fermentada no rúmen, a EFM será reduzida, indicando que a utilização de compostos nitrogenados e energia tornou-se desincronizada, o que torna menor a utilização de energia para a síntese de proteína microbiana.

Nesta situação, a adição de carboidratos elevou a EFMv ( $P < 0,10$ ), o que suporta a melhor assimilação de nitrogênio no rúmen, anteriormente indicada por outras

variáveis (NAR, NUS, EUN e NUU) e reitera o fato de proteína e carboidratos apresentarem efeito interativo sobre a retenção de proteína no animal.

### Conclusão

A suplementação de bovinos com proteína e carboidratos implica efeitos positivos e negativos sobre o consumo de forragem de baixa qualidade, respectivamente, os quais refletem alterações sobre a digestibilidade da fibra em detergente neutro.

Nestas condições, suplementos protéicos e carboidratos apresentam efeito interativo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados, otimizando a assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal quando fornecidos conjuntamente.

### Literatura Citada

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- ARROQUY, J.I.; COCHRAN R. C.; NAGARAJA, T.G. et al. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.93-106, 2005.
- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C. et al. 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.
- CHASE JR., C.C.; HIBBERD, C.A. Utilization of low quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. **Journal of Animal Science**, v.65, p.557-566, 1987.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details**. Buchsburnd Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L. **Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 141p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função de suplementação com proteína e/ou carboidratos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2007 (no prelo).

- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1479-1486, 2006a.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1469-1478, 2006b.
- DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2101-2109, 2006c.
- DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.757-773, 1999.
- EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates**. Nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.
- HENRIQUES, L.T.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C. et al. Frações dos compostos nitrogenados associados à parede celular em forragens tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.258-263, 2007.
- KÖSTER, H.H.; WOODS, B.C.; COCHRAN, R.C. et al. Effects of increasing proportion of supplemental N from urea in prepartum supplements on range beef cows: performance and forage intake and digestibility by steers fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1652-1662, 2002.
- LAZZARINI, I. **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**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutritional Research and Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, n.57, p.347-358, 1996.
- McCOLLUM, F.T.; GALYEAN, M.L. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.60, p.570-577, 1985.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNING, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-25, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 381p.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2. 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2001. p.187-233.
- PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M.; MORAES, E.H.B.K. et al. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4. 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2004. p.93-144.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3. 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2006. p.359-392.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- RUSSELL, J.B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca: James B. Russell, 2002. 119 p.
- SAMPAIO, C.B. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, p.1037-1046. 1985.
- VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos**. Viçosa: DZO-UFV, 2006. p.13-44.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.

## CAPÍTULO 2

### **Dinâmica Ruminal da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Carboidratos**

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos sobre a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. Foram utilizadas quatro novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio inicial de 231,9 kg, fistuladas no rúmen. A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (5,16% de PB, com base na MS), fornecido *ad libitum*. Os quatro tratamentos foram: controle (somente feno); feno com adição de compostos nitrogenados, de forma a se elevar o nível de PB da forragem para 10%, com base na MS; feno com adição de amido, na proporção de 20% da MS da forragem ingerida; e feno com adição de compostos nitrogenados e amido, como descrito anteriormente. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, na proporção de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, segundo delineamento em quadrado latino 4 x 4. Os modelos correspondentes aos tratamentos foram comparados por teste de identidade de modelos não-lineares. Verificou-se que a suplementação exclusivamente protéica elevou em 14,8%, enquanto a suplementação exclusiva com carboidratos reduziu em 32,5% as estimativas da taxa ponderada de degradação da FDN. A avaliação da taxa ponderada de dinâmica ruminal indicou que a suplementação com carboidratos causa efeitos deletérios sobre a utilização da FDN da forragem.

**Palavras-chave:** amido, capim-braquiária, degradação ruminal, suplementação, repleção ruminal, uréia

## **Rumen Dynamics of Neutral Detergent Fiber in Cattle Fed Low-Quality Tropical Forage and Supplemented with Nitrogenous and (or) Carbohydrates**

**ABSTRACT** – The objective in this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds and (or) carbohydrates on rumen dynamics of neutral detergent fiber (NDF) in cattle fed low-quality tropical forage. Four Holstein x Zebu heifers, with average live weight of 231.9 kg and fitted with ruminal cannulae, were used. The animals were fed *ad libitum* with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) hay (5.16% of crude protein as dry matter basis). The treatments were: control (only hay); hay with nitrogenous compounds for elevating the CP of the forage at 10%; hay with corn starch at the level of 20% of forage intake; and hay with nitrogenous compounds and carbohydrates, as described above. The protein supplement was a mixture of urea, ammonium sulfate, and albumin (4.5:0.5:1.0, respectively). The experiment was carried out according to a 4 x 4 Latin square design. The models corresponding to the treatments were compared through a non-linear models identity test. The protein supplementation increased 14.8% the NDF weighted degradation rate. The estimate of this parameter was decreased 32.5% when carbohydrates were supplemented. The evaluation of weighted rumen dynamics rate indicated that carbohydrate supplementation causes negative effects on forage NDF utilization.

**Keywords:** rumen degradation, rumen fill, signal grass, starch, supplementation, urea

### **Introdução**

As forragens tropicais, base da alimentação dos bovinos no Brasil, especialmente na época seca, apresentam altos teores de fibra e baixos teores de proteína bruta (PB), geralmente inferiores a 7-8%, valores considerados limitantes para a adequada atividade dos microrganismos do rúmen (Sampaio, 2007; Lazzarini, 2007), que resultam em lenta taxa de passagem pelo trato gastrintestinal e baixa taxa de degradação da fibra, resultando em baixo consumo voluntário.

Neste contexto, faz-se necessária a suplementação aos animais em pastejo, de forma a proporcionar equilíbrio nutricional, contornando-se a deficiência do pasto e facilitando-se o desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, para que estes possam degradar com maior facilidade a fibra, aumentando a taxa de passagem e, conseqüentemente, elevando-se o consumo e a absorção de nutrientes pelo animal (Paulino et al., 2002).

O fornecimento adicional de nitrogênio para animais consumindo forragens de baixa qualidade favorece o crescimento das bactérias fibrolíticas, aumenta a taxa de digestão e a síntese de proteína microbiana e, desse modo, permite incrementar o consumo voluntário de forragem e a extração de energia a partir dos carboidratos fibrosos da forragem, o que resulta em maior aporte de nutrientes para o intestino e ácidos graxos voláteis para o metabolismo energético (Detmann et al., 2004).

Neste contexto, o aumento do consumo voluntário poderá ser acarretado pela ampliação na velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis (Lazzarini, 2007). A ampliação da taxa de degradação da fibra em detergente neutro (FDN) implica redução do tempo necessário para que a partícula fibrosa alcance a faixa de gravidade específica que a habilite a ser retirada do ambiente ruminal, o que é determinado pela ampliação na concentração relativa da fração indegradável na partícula (Allen, 1996).

Desta forma, amplia-se o *turnover* ruminal da fração que efetivamente demanda espaço residente (Mertens, 1994), tendo como consequência direta o aumento no consumo e digestibilidade da FDN oriunda do pasto, fonte energética de maior viabilidade econômica.

Por outro lado, depressões no consumo de forragem podem ocorrer em circunstâncias de reduzida relação volumoso:concentrado na dieta. Essas reduções no consumo de forragem devido a elevados níveis de carboidratos não-fibrosos (CNF) na dieta, inclusos via suplementos, parecem estar associadas a comprometimentos na utilização da fibra pelos microrganismos ruminais (Mould et al., 1983), o que compromete efetivamente o *turnover* das partículas residentes no rúmen.

Nestas circunstâncias, a redução no consumo de forragem pode ter consequências imediatas sobre o rendimento produtivo do sistema, uma vez que compromete a utilização dos componentes fibrosos da forragem como precursores para a síntese de produto animal (Paulino, 1999).

Estas reduções na degradação ruminal da fibra, em função da adição de CNF prontamente degradáveis a dieta são atribuídas ao efeito concentrado ou efeito carboidrato (Mould et al., 1983; Arroquy et al., 2005).

O efeito carboidrato parece envolver a competição por nutrientes essenciais entre grupos de espécies microbianas, em especial entre microrganismos fibrolíticos e aqueles que degradam CNF (El-Shazly et al., 1961 e Mould et al., 1983), a qual se pronunciaria em meios deficientes em compostos nitrogenados (El-Shazly et al., 1961)

podendo envolver, concomitantemente, mecanismos de regulação catabólica (Russell & Baldwin, 1978).

Em vários estudos se verificam relações positivas entre o nitrogênio suplementar, o consumo voluntário e a digestibilidade de forragens de baixa qualidade (Delcurto et al., 1990; Hannah et al., 1991; e Köster et al., 1996); contudo, são escassas as informações sobre o estudo da dinâmica ruminal dos carboidratos fibrosos em forragens tropicais de baixa qualidade quando carboidratos são adicionados.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou carboidratos sobre a dinâmica ruminal da FDN em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Animais e do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre agosto e novembro de 2006.

Foram utilizadas quatro novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de  $231,9 \pm 15,5$  kg, fistuladas no rúmen, mantidas em baias individuais cobertas, com piso de concreto, dispostas com comedouro e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral.

A alimentação volumosa basal foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) de baixa qualidade, com nível de PB médio de 5,16 %, com base na matéria seca (MS), o qual foi fornecido *ad libitum*.

Os quatro tratamentos experimentais foram: controle (somente feno); feno com adição de compostos nitrogenados, de forma a se elevar o nível de PB da forragem para 10%, com base na MS; feno com adição de amido, na proporção de 20% da MS da forragem ingerida; e feno com adição de compostos nitrogenados e amido, conforme descrito anteriormente. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, na proporção de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. Os suplementos foram calculados com base no consumo de matéria seca computado no dia anterior e introduzidos no rúmen dos animais.

A alimentação volumosa foi fornecida diariamente *ad libitum*, permitindo-se aproximadamente 10% de sobras, sendo fracionada em duas porções de mesmo peso, as quais foram fornecidas diariamente às 8h00 e 16h00. No momento do fornecimento do

volumoso os suplementos foram introduzidos no rúmen dos animais em duas porções de mesmo peso. O volumoso ofertado e as respectivas sobras foram quantificados diariamente. A composição química do feno e dos suplementos é apresentada na Tabela 1.

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo os dez primeiros dias destinados à adaptação dos animais à suplementação.

Do décimo primeiro ao décimo oitavo dia do período experimental realizou-se procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, que se baseou no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose única (Ellis et al., 1994), sendo empregado como indicador o cromo mordentado à fibra, produzido conforme descrição de Udén et al. (1980).

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) para o feno, o suplemento protéico e o amido

Item <sup>1</sup>	Feno	Suplemento Protéico	Amido
MS <sup>2</sup>	89,25	96,67	88,06
MO <sup>3</sup>	94,69	98,68	99,84
PB <sup>3</sup>	5,16	250,84	---
FDN <sup>3</sup>	86,41	---	---

<sup>1/</sup> MS, MO e PB avaliados segundo Silva & Queiroz (2002); FDN avaliada segundo Mertens (2002), omitindo-se a correção quanto às cinzas insolúveis em detergente neutro. <sup>2/</sup>% da matéria natural. <sup>3/</sup>% da MS.

A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras do volumoso fornecido. Foram fornecidos, para cada animal, 100 g de fibra mordente, às 8h00 do décimo primeiro dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 84, 96, 120, 144, 168 e 192 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas e processadas em moinho de facas (1 mm).

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

Amostras de feno foram processadas em moinho de facas (2 mm). O material foi acondicionado em sacos de tecido não-tecido (TNT – 100 g/m<sup>2</sup>), obedecendo-se à relação de 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície (Nocek, 1988). As amostras, em duplicata, foram introduzidas no rúmen dos animais. Os tempos de incubação avaliados foram:

0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 e 120 horas. A disposição das amostras em relação aos tempos de incubação foi realizada de forma inversa, permitindo assim a retirada de todas as amostras simultaneamente, sendo submetidas à lavagem até o clareamento total da água, conduzidas à estufa de ventilação forçada (60°C/72 horas) e analisadas no tocante dos teores de FDN em equipamento analisador de fibras (TE 149/Tecnal).

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

As informações relativas aos quatro períodos experimentais no tocante aos resíduos de degradação da FDN e à concentração fecal de cromo foram unidas, produzindo-se, assim, um único conjunto de dados para cada tratamento.

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

$$C_t = Z \times (t - \tau) \times L \times \exp[-L \times (t - \tau)] \quad (1);$$

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

A avaliação gráfica dos resíduos não-degradados em função do tempo indicou haver comportamento de degradação heterogêneo da fração potencialmente degradável da FDN (FDNpd), como exemplificado na Figura 1. Desta forma, os perfis de degradação foram interpretados considerando-se dois sub-compartimentos para a FDNpd, segundo o modelo:

$$R_t = B_1 \times \exp(-kd_1 \times t) + B_2 \times \exp(-kd_2 \times t) + I \quad (2);$$

em que:  $R_t$  = resíduo não-degradado de FDN no tempo “t” (%);  $B_1$  = sub-compartimento de rápida degradação da fração potencialmente degradável da FDN (%);  $B_2$  = sub-compartimento de lenta degradação da fração potencialmente degradável da FDN (%); I = fração indegradável (%); e  $kd_1$  e  $kd_2$  = taxas fracionais de degradação ( $h^{-1}$ ) relativas aos sub-compartimentos  $B_1$  e  $B_2$ , respectivamente.

Os ajustamentos não-lineares relativos às equações (1) e (2) foram realizados por intermédio do algoritmo iterativo de Gauss-Newton (Souza, 1998), implementado no procedimento NLIN do programa SAS (*Statistical Analysis System*).

Após o ajustamento inicial para cada tratamento, os modelos foram comparados segundo o teste de identidade de modelos não-lineares proposto por Regazzi (2003), segundo as hipóteses:

$$H_0 : \beta_C = \beta_P = \beta_E = \beta_{EP} \quad (3a);$$

$$H_a : \text{não}H_0 \quad (3b);$$

em que:  $\beta$  = parâmetro testado; e C, P, E, e EP (sub-escritos) = tratamentos controle, com suplementação protéica, com suplementação com carboidratos e com suplementação protéica e com carboidratos, respectivamente.

O teste acima descrito foi realizado individualmente sobre os parâmetros  $B_1$ ,  $B_2$ , I,  $Kd_1$ ,  $Kd_2$ , L e  $\tau$  (Equações 1 e 2). Adotou-se 0,10 como limite crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

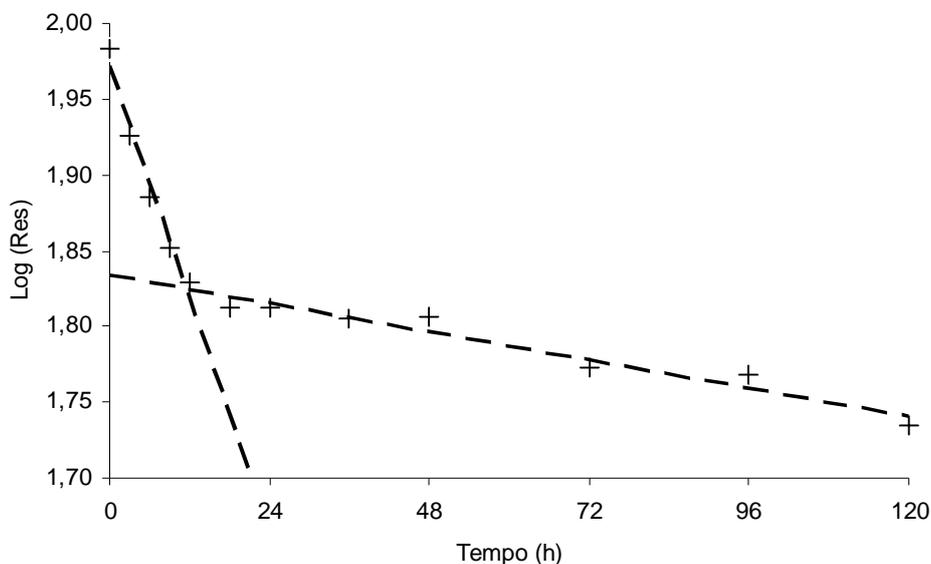


Figura 1 - Exemplo de comportamento para o logaritmo decimal do resíduo não-degradado (Res) da fibra em detergente neutro em função do tempo de incubação ruminal.

A partir das estimativas obtidas em (1), estimaram-se os tempos médios de retenção no rúmen-retículo e no trato gastrintestinal total, segundo as equações (Ellis et al., 1994):

$$TMRR = \frac{2}{L} \quad (4);$$

$$TMRT = TMRR + \tau \quad (5);$$

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

As frações da FDN estimadas em (2) foram expressas na forma padronizada, segundo sugestões de Waldo et al. (1972).

$$B_1 p = \frac{B_1}{B_1 + B_2 + I} \quad (6);$$

$$B_2 p = \frac{B_2}{B_1 + B_2 + I} \quad (7);$$

$$Ip = \frac{I}{B_1 + B_2 + I} \quad (8).$$

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

$$FED = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [f(t) \times (-\frac{dR_1 t}{dt} - \frac{dR_2 t}{dt})] dt \quad (9);$$

em que: FED = fração efetivamente degradada da FDN (%);  $f(t)$  = função relativa ao deslocamento de sólidos no ambiente ruminal;  $R_1$  e  $R_2$  = resíduos de degradação relativos aos sub-compartimentos  $B_1$  e  $B_2$ , respectivamente.

A função  $f(t)$  foi obtida por re-parametrização de (1), re-interpretando-se o perfil de partículas emergentes para partículas residentes (Ellis et al., 1994):

$$f(t) = (1 + L \times t) \times \exp(-L \times t) \quad (10).$$

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

$$RR_{pd} = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t \{ [B_1 p \times \exp(-kd_1 \times t) + B_2 p \times \exp(-kd_2 \times t)] \times (1 + L \times t) \times \exp(-L \times t) \} dt \quad (11);$$

$$RR_i = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Ip \times (1 + L \times t) \times \exp(-L \times t)] dt \quad (12);$$

$$RR_t = RR_{pd} + RR_i \quad (13);$$

em que:  $RR_t$  = efeito de repleção ruminal total (h);  $RR_{pd}$  = efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (h); e  $RR_i$  = efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (h).

As taxas ponderadas de degradação e de dinâmica ruminal foram estimadas por intermédio das equações:

$$\delta = (B_1 p \times kd_1) + (B_2 p \times kd_2) + (Ip \times 0) \quad (14);$$

$$\Delta = [B_1 p \times (kd_1 + 0,59635L)] + [(B_2 p \times (kd_2 + 0,59635L))] + (Ip \times 0,59635L) \quad (15);$$

em que:  $\delta$  e  $\Delta$  = taxas ponderadas de degradação e dinâmica ruminal da FDN ( $h^{-1}$ ), respectivamente.

## Resultados e Discussão

A avaliação gráfica dos resíduos não-degradados da FDN em função do tempo de incubação (Figura 1) permitiu evidenciar a presença de dois sub-compartimentos para a FDNpd, sendo um de rápida ( $B_1$ ) e outro de lenta ( $B_2$ ) degradação. Isto reitera a elevada heterogeneidade da porção fibrosa insolúvel de forragens (Van Soest, 1994).

A suplementação não influenciou a dimensão da fração indegradável da FDN ( $P > 0,10$ ), contudo efeitos foram verificados sobre a partição da FDNpd em relação aos dois sub-compartimentos descritos anteriormente ( $P < 0,10$ ). A inspeção das estimativas obtidas (Tabela 2) permite evidenciar que a suplementação com compostos nitrogenados ampliou a participação do sub-compartimento de rápida degradação e, conseqüentemente, reduziu as estimativas do sub-compartimento de lenta degradação. A suplementação com carboidratos não causou grandes alterações sobre estas características.

Em termos teóricos, a dimensão dos compartimentos (e, possivelmente, dos sub-compartimentos) constitui característica única e exclusiva do substrato (Ørskov, 2000). Contudo, alterações, ao menos aparentes, tem sido relatadas em forragens de baixa qualidade em função de melhores adequações do meio ruminal na presença de suplementação com nutrientes limitantes (Lazzarini, 2007; Ortiz-Rubio et al., 2007; e Sampaio, 2007).

A ampliação da fração de lenta degradação da FDNpd na ausência de suplementação protéica (Tabela 2) evidencia a deficiência de sistemas enzimáticos microbianos para a degradação dos carboidratos fibrosos (Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007). Desta forma, pode-se pressupor que a estimativa desta fração na presença de suplementação protéica corresponda à verdadeira fração do alimento. Assim, em situações nas quais ocorre deficiência de compostos nitrogenados na dieta, parte da

fração de rápida degradação converte-se, aparentemente, em fração de lenta degradação por deficiência enzimática.

Este comportamento corrobora o fato de a dinâmica de degradação ruminal da FDN constituir processo de segunda ordem (Detmann et al., 2005a; Mertens, 2005), ou seja, na deficiência de compostos nitrogenados, a degradação seria limitada não só pelas características intrínsecas do substrato, mas também pela deficiência de sistemas enzimáticos microbianos (Paulino et al., 2006).

Tabela 2 - Estimativas das frações padronizadas do sub-compartimento de rápida degradação da fração potencialmente degradável da FDN ( $B_{1p}$  - %), do sub-compartimento de lenta degradação da fração potencialmente degradável da FDN ( $B_{2p}$  - %) e da fração indegradável da FDN ( $I_p$  - %), das taxas fracionais de degradação relativas aos sub-compartimentos  $B_1$  ( $kd_1 - h^{-1}$ ) e  $B_2$  ( $kd_2 - h^{-1}$ ), parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas ( $L - h^{-1}$ ) e tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes ( $\tau - h$ ) em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos

Item	Sem Proteína		Com Proteína		Significância <sup>1</sup>
	Sem Carboidrato	Com Carboidrato	Sem Carboidrato	Com Carboidrato	
$B_{1p}$	28,78	27,04	41,39	37,12	**
$B_{2p}$	33,31	34,39	20,30	24,12	***
$I_p$	37,90	38,57	38,32	38,76	ns
$kd_1$	0,2507	0,1795	0,2043	0,1595	ns
$kd_2$	0,0060	0,0044	0,0033	0,0032	**
$L$	0,0144	0,0170	0,0165	0,0218	***
$\tau$	6,10	6,40	7,33	5,32	ns

<sup>1/</sup> (ns), (\*), (\*\*) e (\*\*\*): não significativo ( $P > 0,10$ ) e significativo ao nível de 10, 5 e 1% de probabilidade pelo teste  $\chi^2$ .

Verificou-se efeito da suplementação sobre a taxa de degradação do sub-compartimento de lenta degradação da FDNpd ( $P < 0,10$ ), ao passo que a taxa de degradação do compartimento de rápida degradação não foi alterada ( $P > 0,10$ ) (Tabela 2).

Contudo, em função da alteração concomitante nos sub-compartimentos da FDNpd, melhor percepção dos impactos da suplementação sobre estes parâmetros pode ser verificada analisando-se a taxa ponderada de degradação da FDN ( $\delta$ ), expressa na Tabela 3.

Verificou-se que a suplementação exclusivamente protéica elevou em 14,8%, enquanto a suplementação exclusiva com carboidratos reduziu em 32,5% as estimativas

de  $\delta$ . Por outro lado, verificou-se que a suplementação concomitante com proteína e carboidratos reduziu em 19,1% a estimativa de  $\delta$  (Tabela 3). Este comportamento indica, possivelmente, que os efeitos da suplementação com proteína e carboidratos agem de forma aditiva, e não interativa, sobre a degradação ruminal da FDN. Este comportamento corrobora os resultados obtidos por Souza et al. (s.d.), que verificaram ausência de interação entre proteína e carboidratos sobre o consumo e sobre o coeficiente de digestibilidade total da FDN em bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade.

Tabela 3 - Estimativas da taxa ponderada de degradação da FDN ( $\delta - h^{-1}$ ), da taxa ponderada de dinâmica ruminal da FDN ( $\Delta - h^{-1}$ ), da fração efetivamente degradada da FDN (FED - %), do efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (RRpd - h), do efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (RRi - h), do efeito de repleção ruminal total da FDN (RRt - h), do tempo médio de retenção no rúmen-retículo (TMRR - h) e do tempo médio de retenção no trato gastrointestinal total (TMRT - h) em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos

Item	Sem Proteína		Com Proteína	
	Sem Carboidrato	Com Carboidrato <sup>1</sup>	Sem Carboidrato <sup>1</sup>	Com Carboidrato <sup>1</sup>
$\delta$	0,0742	0,0501 (67,5)	0,0852 (114,8)	0,0600 (80,9)
$\Delta$	0,0827	0,0602 (72,8)	0,0951 (115,0)	0,0730 (88,3)
FED	41,81	37,07 (88,7)	43,22 (103,4)	39,44 (94,3)
RRpd	28,79	30,14 (104,7)	20,55 (71,4)	20,16 (70,0)
RRi	51,59	44,97 (87,2)	45,95 (89,1)	35,48 (68,8)
RRt	80,38	75,11 (93,4)	66,50 (82,7)	55,64 (69,2)
TMRR	138,89	117,65 (84,7)	121,21 (87,2)	91,74 (66,1)
TMRT	144,99	124,05 (85,6)	128,54 (88,7)	97,06 (66,9)

<sup>1/</sup> Os valores entre parênteses representam o percentual em relação ao tratamento sem suplementação com carboidratos e proteína.

Os estímulos sobre a degradação da FDN com a suplementação protéica podem ser atribuídos, como discutido anteriormente, à melhor adequação do meio ruminal em relação à disponibilidade de compostos nitrogenados para o crescimento dos microrganismos fibrolíticos (Satter & Slyter, 1974; Leng, 1990; Paulino et al., 2006; e Lazzarini, 2007).

A queda na degradação ruminal da fibra decorrente da suplementação com carboidratos não-fibrosos tem sido atribuída, em condições tropicais, ao efeito carboidrato (Costa, 2006; Paez-Bernal, 2007).

O efeito carboidrato com a adição de amido ao meio ruminal parece envolver a competição por nutrientes essenciais entre grupos de espécies microbianas, resultando em maior proliferação dos microrganismos que degradam amido (El-Shazly et al., 1961; Mould et al 1983). Esta competição conduziria à preferência inicial pela utilização do amido como substrato energético no ambiente ruminal como um todo (El-Shazly et al., 1961), com a transformação gradativa dos carboidratos fibrosos em substratos energéticos predominantes na medida que se reduz a disponibilidade de amido (El-Sahzly et al., 1961; Mertens & Loften, 1980; e Arroquy et al., 2005), podendo envolver, concomitantemente, mecanismos de regulação catabólica (Russell & Baldwin, 1978) ou a inibição da atividade de enzimas fibrolíticas (Hiltne & Dehority, 1983, citados por Arroquy et al., 2005).

Ressalta-se que, mesmo que a suplementação com proteína tenha elevado a taxa ponderada de degradação da FDN na presença de carboidratos, este estímulo não se mostrou suficiente para neutralizar completamente o efeito carboidrato (Tabela 3).

A suplementação afetou a taxa de passagem de partículas fibrosas pelo rúmen ( $P < 0,10$ ) (Tabela 2). Neste contexto, tanto a suplementação protéica, como com carboidratos, elevou as estimativas deste parâmetro, reduzindo, conseqüentemente, o tempo médio de retenção no rúmen-retículo (TMRR) (Tabela 3). Mais uma vez, percebe-se que os efeitos de proteína e carboidratos podem ser considerados aditivos entre si.

Contudo, os estímulos sobre a taxa de passagem para ambos os compostos parecem ser de origem diferenciada.

Para a suplementação protéica, a alteração na taxa de passagem de partículas fibrosas parece estar associada diretamente ao incremento na taxa de degradação da FDN (Paulino et al., 2006). À medida que a FDN<sub>pd</sub> é degradada, reduz-se a produção de gases e amplia-se a concentração relativa da fração indegradável da FDN na partícula, normalmente mais densa devido à maior concentração de compostos fenólicos. Esta dinâmica leva à migração gradativa da partícula para posições mais ventrais, o que amplia significativamente a probabilidade dessa ser deslocada ao trato gastrointestinal posterior (Allen, 1996), ampliando-se, assim, o deslocamento ruminal de partículas fibrosas.

Por outro lado, incrementos no deslocamento de sólidos podem também constituir reflexo do deslocamento de líquidos (Stokes et al., 1988), o qual se amplia com a adição de concentrados à dieta (Bürger et al., 2000). Partículas do alimento que

passam através do orifício omasal estão suspensas no líquido ruminal (Poppi et al., 1981, citado por Hess et al., 1994). Desta forma, alterações positivas no deslocamento de líquidos podem levar ao maior escape de partículas (Detmann et al., 2005b). Neste contexto, a elevação do deslocamento de partículas fibrosas com a suplementação com amido não refletiria maior adequação sobre a dinâmica ruminal da FDN, mas simplesmente alterações indiretas sobre a dinâmica ruminal da fração não-fibrosa.

O desaparecimento da FDN do ambiente ruminal constitui processo tempo-dependente, no qual integram-se as velocidades de degradação da fração potencialmente degradável e de retirada da fração não-degradada do ambiente ruminal (Ellis et al., 1994), as quais, em conjunto com a baixa densidade da FDN, constituem os principais determinantes do consumo voluntário sob dietas com predomínio de forragem (Detmann et al., 2003). A dinâmica do desaparecimento da FDN do ambiente ruminal pode ser mensurada de forma integrada por sua capacidade de repleção ruminal (Paulino et al., 2006).

De forma similar ao anteriormente observado, tanto a suplementação com carboidratos, como com proteína, reduziu o efeito de repleção ruminal das frações potencialmente degradável e indegradável da FDN (Tabela 3), o que, aparentemente indica ampliação na capacidade de consumo da fibra. Contudo, Souza et al. (s.d.) verificaram, em bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade, que somente a suplementação protéica elevou o consumo de FDN, enquanto a suplementação com carboidratos implicou efeito substitutivo.

A redução no efeito de repleção ruminal com a suplementação com carboidratos parece refletir diretamente a elevação no deslocamento ruminal de sólidos (Tabela 2) e não necessariamente melhorias na degradação ruminal da FDN, uma vez que foram observadas depressões sobre a taxa ponderada de degradação (Tabela 3).

Segundo Paulino et al. (2006), embora a FDN<sub>pd</sub> possa ser plenamente contabilizada como recursos energético para produção animal, deve-se relevar que esta constitui um conceito assintótico, ou seja, somente pode ser considerado válido se avaliado sob uma escala de tempo infinita. Em termos práticos, os eventos da dinâmica ruminal ocorrem em escalas de tempo finitas, o que impossibilita a exploração total dos substratos energéticos da FDN<sub>pd</sub>, permitindo a extração de apenas parte destes, a qual constitui a fração efetivamente degradada da FDN (FED). Assim, a exploração racional da interação entre forragem e suplementos deve buscar a máxima aproximação entre a

FED e FDN<sub>pd</sub>, sem que ocorram, simultaneamente, implicações negativas sobre outros parâmetros determinantes do processo produtivo, como o consumo voluntário.

Neste contexto, observa-se que somente a suplementação protéica permitiu elevação da estimativa de FED, enquanto a suplementação com carboidratos implicou efeitos deletérios (Tabela 3).

De outra forma, a avaliação da taxa ponderada de dinâmica ruminal ( $\Delta$ ), a qual integra as dinâmicas de trânsito e degradação, permite indicar que, apesar da elevação no deslocamento ruminal de sólidos e redução no efeito de repleção ruminal, a suplementação com carboidratos causou efeitos gerais deletérios sobre a utilização da FDN da forragem.

### **Conclusão**

A suplementação protéica implica melhorias nos aspectos relacionados à dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro de forragem de baixa qualidade.

Nestas circunstâncias, a suplementação com carboidratos, embora eleve o deslocamento ruminal de partículas fibrosas, causa efeitos deletérios sobre o aproveitamento ruminal dos compostos fibrosos.

Os efeitos da suplementação protéica e com carboidratos são aditivos entre si, contudo os efeitos benéficos da suplementação protéica não são suficientes para anular os efeitos deletérios dos carboidratos sobre a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro.

### **Literatura Citada**

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- ARROQUY, J.I.; COCHRAN R.C.; NAGARAJA, T.G. et al. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.93-106, 2005.
- BÜRGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; COELHO da SILVA, J.F. et al. Taxas de passagem e cinética da degradação ruminal em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 225-235, 2000.

- COSTA, V.A.C. **Dinâmica de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragens tropicais em função de suplementação protéica e/ou energética.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- DeLCURTO, T.; COCHRAN, R.C.; HARMON, D.L. et al. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, v.68, p.515-531, 1990.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CECON, P.R. et al. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1763-1777, 2003.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiço em pastejo durante época seca: desempenho produtivo e característica de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.169-180, 2004.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.S. et al. Simulação e validação de parâmetros da cinética digestiva em novilhos mestiços suplementados a pasto por intermédio de sistema *in vitro* de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2112-2122, 2005a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R. et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005b.
- EL-SHAZLY, K; DEHORITY, B.A.; JOHSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- ELLIS, W.C., MATIS, J.H., HILL, T.M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.682-756.
- HANNAH, S.M.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E.S. et al. Influence of protein supplementation on site and extent of digestion, forage intake, and nutrient flow characteristics in steers consuming dormant Bluestem-Range forage. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2624-2633, 1991.
- HESS, B.W., PARK, K.K., KRYSL, L.J. et al. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior ruminal fermentation, and digestion. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2113-2123, 1994.
- KÖSTER, H.H.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.S. et al. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality Tallgrass-Prarie forage by beef cows. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2473-2481, 1996.

- LAZZARINI, I. **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.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutritional Research and Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization.** Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.** 2 ed. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p.13-47.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p1437-1446, 1980.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-25, 1983.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.
- ØRSKOV, E.R. The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. et al. (Eds.) **Forage evaluation in ruminant nutrition.** London: CAB International, 2000. p.175-188.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- ORTIZ-RUBIO, M.A.; ØRSKOV, E.R.; MILNE, J. et al. Effect of different sources of nitrogen on *in situ* degradability and feed intake of Zebu cattle fed sugarcane tops (*Saccharum officinarum*). **Animal Feed Science and Technology**, 2007 (in press).
- PAEZ-BERNAL, D.M. **Dinâmica de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de capim-braquiária em função de suplementação com diferentes fontes de compostos nitrogenados e carboidratos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- PAULINO, M.F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1. 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 1999. p.137-156.
- PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K. et al. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3. 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2002. p.153-196.

- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3. 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2006. p.359-392.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- RUSSELL, J.B.; BALDWIN, R.L. Substrate preferences in rumen bacteria: evidence of catabolite regulatory mechanisms. **Applied and Environmental Microbiology**, v.36, p.319-329, 1978.
- SAMPAIO, C.B. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. 505p.
- SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Consumo, digestibilidade e síntese de proteína microbiana em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, s.d. (submetido).
- STOKES, S.R., GOETSCH, A.L., JONES, A.L. et al. Feed intake and digestion by beef cows fed prairie hay with different levels of soybean meal and receiving post ruminal administration of antibiotics. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1778-1789, 1988.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381-385, 1962.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.

## CONCLUSÕES GERAIS

A suplementação de bovinos com proteína e carboidratos implica efeitos positivos e negativos sobre o consumo de forragem de baixa qualidade, respectivamente, os quais refletem alterações sobre a digestibilidade da fibra em detergente neutro. Nestas condições, suplementos protéicos e carboidratos apresentam efeito interativo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados, otimizando a assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal quando fornecidos conjuntamente.

A suplementação protéica implica melhorias nos aspectos relacionados à dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro de forragem de baixa qualidade. Nestas circunstâncias, a suplementação com carboidratos, embora eleve o deslocamento ruminal de partículas fibrosas, causa efeitos deletérios sobre o aproveitamento ruminal dos compostos fibrosos.

Os efeitos da suplementação protéica e com carboidratos são aditivos entre si, contudo os efeitos benéficos da suplementação protéica não são suficientes para anular os efeitos deletérios dos carboidratos sobre a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro.