

ISIS LAZZARINI

**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**

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

ISIS LAZZARINI

**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**

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: 03 de julho de 2007

Prof. Mário Fonseca Paulino
(Co-Orientador)

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Co-Orientador)

Dr^a. Lara Toledo Henriques

Prof. Rogério de Paula Lana

Prof. Edenio Detmann
(Orientador)

A minha amada mãe que me permitiu viver e sonhar.

É seu, o mérito do sucesso que se diz meu!

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do presente trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e pelo financiamento do projeto.

Ao Professor Edenio Detmann, pela valorosa orientação, paciência e por ensinar com tanta vontade e sabedoria.

Aos Professores Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho, pelo apoio no que fosse necessário e pela confiança neste trabalho.

À minha família pelos ensinamentos, em especial à minha amada mãe pelo amor incondicional.

Ao Marco Antonio, cuja compreensão e paciência, assim como, cujo apoio e amor foram fundamentais à execução deste trabalho.

Às amigas Cláudia e Marjorrie e aos estagiários Fabrício, Felipe, Isabela, Mateus e Samuel pela imprescindível colaboração e pela amizade construída.

Aos funcionários Wellington, Monteiro, Fernando, Valdir, Vera, Pum, Marcelo, Joelson, José Geraldo e Celeste pela colaboração e pela agradável convivência.

BIOGRAFIA

Isis Lazzarini, filha de Nilton Moscato Lazzarini e Egle Ceolin Lazzarini, nasceu na cidade de São Paulo, estado de São Paulo, no dia 21 de novembro de 1981.

Em julho de 2005, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2005, 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 03 de julho de 2007.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
CAPÍTULO 1 - Consumo e Digestibilidade em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Suplementados com Compostos Nitrogenados	
Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	15
Conclusões.....	27
Literatura Citada.....	27
CAPÍTULO 2 - Dinâmicas de Trânsito e Degradação da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Compostos Nitrogenados	
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão.....	39
Conclusões.....	49
Literatura Citada.....	49
CONCLUSÕES GERAIS.....	52

RESUMO

LAZZARINI, Isis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2007. **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.** Orientador: Edenio Detmann. Co-Orientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

Objetivou-se avaliar os efeitos de compostos nitrogenados suplementares sobre o consumo, a digestibilidade, a síntese de proteína microbiana e as dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. Foram utilizadas cinco novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio inicial de 209 kg, fistuladas no rúmen. A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens Stapf.*) (5,08% de PB, com base na MS), fornecido *ad libitum*. Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de acordo com o nível de suplementação protéica (0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais acima do nível de PB da forragem). Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5. Os níveis médios observados de PB nas dietas foram de 5,28, 8,08, 9,82, 11,87 e 13,63%, com base na MS. Verificou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) dos níveis de PB na dieta sobre os consumos de MS, MO, FDN e FDNcp (kg/dia), com respostas máximas sobre os níveis de 10,83%, 10,78%, 10,43% e 10,37% de PB, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade da MO e FDN apresentaram relação do tipo *linear-response-plateau* (LRP) com os níveis de PB na dieta ($P < 0,10$), com início de platô (resposta máxima) em 7,93% e 7,55% de PB, respectivamente. A concentração média diária de nitrogênio amoniacal ruminal apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,10$) em função dos níveis de PB da dieta, com valor estimado de 15,33 mg/dL equivalente ao máximo consumo de MS. A avaliação da relação entre consumo de nitrogênio e fluxo intestinal de nitrogênio microbiano indicou que as estimativas destas variáveis tornam-se equivalentes sobre o nível de 7,13% de PB na dieta. Observou-se falta de relação ($P > 0,10$) entre os

níveis de PB e a eficiência de síntese de proteína microbiana. Verificou-se elevação linear ($P < 0,10$) da fração potencialmente degradável da FDN até o nível de 8,62% de PB, com platô estimado de 47,92% da FDN. Em contrapartida, verificou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) para a taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN em função dos níveis de PB da dieta, com máxima resposta estimada sobre 13,39% de PB. Em função dos níveis de PB na dieta, o fluxo ruminal de partículas fibrosas, o tempo médio de retenção no rúmen-retículo e o efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN apresentaram relação LRP ($P < 0,10$), com pontos críticos para o início do platô localizados sobre os níveis de 7,59%; 7,68% e 8,00% de PB, respectivamente.

ABSTRACT

LAZZARINI, Isis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2007. **Intake, digestibility and transit and degradation dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and nitrogenous compounds.** Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

The objective of this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds on intake, digestibility, and transit and degradation dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage. Five crossbred heifers, with average live weight of 209 kg and fitted with ruminal cannulae, were used. The animals were fed *ad libitum* with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) hay, which had crude protein (CP) content of 5.08% of dry matter (DM). The five treatments were defined according to the increasing level of CP in the diet (0, 3, 5, 7, and 9 percentile points above the CP level of the roughage). The 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 5 x 5 Latin square design, with five experimental periods. The average CP levels in the diets were: 5.28, 8.08, 9.82, 11.87, and 13.63% in DM basis. The intakes of DM, OM, NDF, and NDFom(n) showed a quadratic response according to CP levels in the diet ($P < 0.10$), with maximum responses on 10.83%, 10.78%, 10.43%, and 10.37% of CP, respectively. The digestibility coefficients of OM and NDF showed a *linear-response-plateau* (LRP) according to CP levels ($P < 0.10$), with plateau beginning (maximum response) on 7.93% and 7.55% of CP, respectively. The average daily concentration of rumen ammonia nitrogen (RAN) was positively related with CP levels ($P < 0.10$). The RAN estimate associated with the maximum DM intake was 15.33 mg/dL. It was observed that intestinal flow of microbial nitrogenous compounds and nitrogen intake become equivalent each other on 7.13% of CP. There was no relationship between CP levels and efficiency of microbial synthesis ($P > 0.10$). The potentially degradable fraction of NDF was linearly increased ($P < 0.10$) according to CP levels in diet until 8.62% CP. From this point, there was stabilization of estimates (47.92% of NDF). On the other

hand, the degradation rate of potentially degradable NDF showed a quadratic response ($P<0.10$) to CP levels, with maximal response on 13.39% of CP. The rumen rate of passage of fibrous particles, the mean retention time in the rumen, and the rumen fill effect of undegradable NDF showed a LRP ($P<0.10$) according to CP levels in the diet, with plateau beginning on 7.59, 7.68, and 8.00% of CP, respectively.

INTRODUÇÃO GERAL

As pastagens constituem a principal fonte de nutrientes para a bovinocultura no Brasil, destacando-se dos demais meios de alimentação pelo baixo custo de produção e alta praticidade (Paulino et al., 2006). Os pastos tropicais são caracterizados por apresentar rápida taxa de crescimento durante o período chuvoso, levando à maturidade das plantas, as quais contêm altos níveis de constituintes da parede celular. Desta maneira, os animais em pastejo têm disponibilidade de forragem de bom valor nutritivo por curto espaço de tempo, pois o pasto, com a chegada da estação seca, decresce rapidamente em digestibilidade, constituindo o principal fator limitante para a produção animal (Leng, 1984).

Embora nessas condições as carências nutricionais sejam de natureza múltipla, a deficiência de compostos nitrogenados apresenta natureza prioritária (Paulino et al., 1982), implicando condições sub-ótimas no ambiente ruminal (Ørskov, 2000), limitando a atividade microbiana, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem, acarretando, assim, baixo desempenho animal.

Como estratégia para contornar tais limitações, a suplementação permite ajustar os desequilíbrios nutricionais da dieta nas pastagens tropicais (Paulino et al., 2006). A suplementação adequada visa maximizar o uso da forragem por intermédio da otimização de sua degradação, do incremento na taxa de passagem do resíduo indigestível e, conseqüentemente, do aumento no consumo de nutrientes digestíveis totais (Paulino et al., 2004).

Contudo, embora substratos energéticos ou protéicos possam ser introduzidos no sistema via suplementação, grande parte dos substratos energéticos relativos à fibra em detergente neutro potencialmente degradável (FDN_{pd}) da forragem deixam de ser utilizados por deficiência de sistemas enzimáticos microbianos no ambiente ruminal (Paulino et al., 2006; Sampaio, 2007). Desta forma, a suplementação prioritária com compostos nitrogenados incrementa a atividade microbiana (Satter & Slyter, 1974) e propicia a ampliação do consumo e extração de energia a partir da forragem (Leng, 1990), como reflexo dos estímulos verificados sobre a taxa e

extensão da degradação da FDNpd, com conseqüente redução do efeito de repleção ruminal (Costa, 2006).

Segundo Van Soest (1994), as exigências de compostos nitrogenados dos microrganismos ruminais deixam de ser atendidas em níveis dietéticos basais de proteína bruta (PB) inferiores a 7%; mas a garantia teórica de que toda a extensão da FDNpd possa ser utilizada pelos microrganismos ao serem supridos níveis mínimos de compostos nitrogenados não assegura a otimização no uso dos recursos basais, uma vez que estímulos sobre a taxa de degradação são ainda verificados com a elevação dos níveis basais de PB a valores próximos a 13 a 14% (Satter & Slyter, 1974).

A ingestão de matéria seca (MS) constitui fator preponderante, pois estabelece as quantidades de nutrientes disponíveis para a saúde e produção animal (NRC, 2001). Segundo Van Soest (1994), depressões no consumo de animais alimentados com forragens de baixa qualidade podem ser atribuídas à deficiência de nitrogênio na dieta, à redução da fermentação ruminal ou à menor saída de resíduos não-digeridos do rúmen. Köester et al. (1996) relevaram que o consumo de proteína degradável pode ser considerado, na dieta, como primeiro componente limitante na utilização de forragens de baixa qualidade. Conseqüentemente, dispor de suplementos com adequadas quantidades de proteína degradável para ruminantes alimentados com forragens de baixa qualidade promove aumentos no consumo de forragem e no fluxo de nutrientes para o intestino delgado (Hannah et al., 1991).

Del Curto et al. (1990), avaliando efeitos da suplementação protéica sobre a utilização de forragem de baixa qualidade, encontraram incrementos de até 60% no consumo de MS para os animais suplementados em relação aos animais não suplementados. Incrementos na digestibilidade total da dieta também foram encontrados para os animais suplementados, sendo esta resposta mediada pelo aumento na taxa de digestão da forragem e na taxa de passagem. Verifica-se, portanto, que a proteína é fator limitante em relação à ingestão de MS em ruminantes alimentados com forragem de baixa qualidade. É necessário, portanto, o estabelecimento de pontos de equilíbrio entre a suplementação com compostos nitrogenados e a utilização otimizada da FDNpd (Paulino et al., 2006).

Desta forma, no momento da definição dos níveis protéicos dos suplementos a serem fornecidos, a massa suplementar de PB deve ser analisada sob a ótica de dois diferentes *pools*. O primeiro deve ser planejado para que se otimize a utilização de

substratos energéticos da forragem e o segundo *pool* protéico deverá, portanto, ser focado sobre a utilização das eventuais fontes de carboidratos presentes nos suplementos e, quando necessário, suprir o déficit protéico para que os níveis de ganho de peso planejados sejam efetivamente obtidos (Paulino et al., 2006; Sampaio, 2007).

Entre os parâmetros da nutrição protéica dos ruminantes, a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) tem sido empregada frequentemente como referência à qualificação das condições ruminais para as atividades microbianas, destacadamente microrganismos que degradam carboidratos fibrosos, os quais empregam o NAR como fonte nitrogenada exclusiva para crescimento (Russell et al., 1992). Níveis deficitários de NAR implicam redução no crescimento microbiano tanto por deficiência direta, como por ampliação dos custos energéticos para captação destes compostos no meio (Wallace et al., 1997).

Sob este contexto, é possível inferir que a concentração de NAR deve estar em condições adequadas para a otimização do crescimento microbiano e posterior utilização dos substratos fibrosos da forragem. O NRC (1988) sugeriu concentração mínima de 5 mg de NAR/dL para que ocorra digestão eficiente da matéria orgânica no rúmen. Por outro lado, Leng (1990) afirmou que em condições tropicais são necessários de 10 a 20 mg de NAR/dL para que se maximize a degradação ruminal da fibra e o consumo de matéria seca, respectivamente. De outra forma, Hoover (1986), em ampla revisão de literatura, computou níveis ótimos de NAR para o crescimento microbiano e a degradação ruminal, relatando valores de 6,2 mg/dL e 21,4 mg/dL para dietas com teores superiores e inferiores a 6% de PB, respectivamente.

Estas aparentes contradições na interpretação dos níveis amoniacais ótimos para o favorecimento da degradação ruminal dos alimentos (principalmente carboidratos fibrosos) parecem ser reflexo direto de interações com o substrato degradado (Hoover, 1986). Este quadro implica na necessidade do estabelecimento de condições ótimas de concentração amoniacal ruminal, para que se possa otimizar o crescimento microbiano e a utilização dos substratos fibrosos da forragem em condições tropicais.

Sendo a dimensão das frações potencialmente degradável e indegradável, característica do substrato, alterações no ambiente ruminal implicam variações sobre a taxa de degradação pelos microrganismos (Ørskov, 2000). Esses efeitos apresentam

maior impacto em condições tropicais com relação à fibra em detergente neutro (FDN), devido ao seu papel como principal substrato energético e como determinante do processo de repleção ruminal, o qual se amplia à medida que decresce a qualidade da forragem (Vieira et al., 1997). Este comportamento implica diretamente redução do consumo voluntário por ruminantes, resultando em utilização do espaço ruminal e retardando a introdução ao sistema de novos componentes potencialmente degradáveis.

Alterações positivas no escape de partículas no ambiente ruminal estão associadas à utilização de suplementos nitrogenados em forragens de baixa qualidade, relacionando-se fortemente à ampliação do consumo total pelo animal (McCollun & Galyean, 1985; Gunthrie & Wagner, 1968). É importante ressaltar que os processos de degradação e trânsito ruminal devem ser avaliados de forma integrada, no sentido de que, à medida que se amplia a velocidade de utilização dos compostos potencialmente degradáveis reduz-se o tempo necessário para que a partícula alcance a faixa de gravidade específica para a remoção do rúmen (Allen, 1996). Desta forma, para que o consumo de dietas ricas em fibra seja otimizado podem-se manipular as dietas através de alguns mecanismos: aumentando-se a taxa de digestão microbiana e/ou aumentando-se a taxa de passagem. Embora, a literatura nacional permita suportar os efeitos benéficos da suplementação nitrogenada sobre a utilização de forragens de baixa qualidade (Paulino et al., 2001), observa-se carência de resultados que permitam quantificar exatamente tais benefícios.

Sabe-se, portanto, que o fornecimento de compostos nitrogenados suplementares contribui para a nutrição da população microbiana ruminal ampliando o consumo e a digestibilidade da forragem de baixa qualidade. Todavia, há necessidade de se quantificar de forma exata os benefícios da suplementação de bovinos com compostos nitrogenados quando a produção se baseia em forragens de baixa qualidade, para que seja então permitida a otimização na utilização de suplementos nitrogenados.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de compostos nitrogenados suplementares sobre o consumo, a digestibilidade, a síntese de proteína microbiana e as dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- 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.
- Del CURTO, 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.
- GUTHRIE, M. J.; WAGNER, D. G. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization and passage rate of prairie hay in steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1529-1537, 1988.
- 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.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2755-2766, 1986.
- 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.
- LENG, R.A. Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production. In: GILCHRIST, F.M.C.; MACKIE, R.I. (Eds.) **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics**. Craighall: The Science Press, 1984. p.129-144.
- 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.
- 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, n.2, p.570-577, 1985.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6 ed. Washington, DC: Academic Press, 1988. 158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press. 2001. 381p.
- 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.; REHFELD, O.A.M.; RUAS, J.R.M et al. Alguns aspectos da suplementação de bovinos de corte em regime de pastagem durante a época seca. **Informe Agropecuário**, n.89, p.28-31, 1982.
- 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.
- 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.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. The influence of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.
- WALLACE, R.J.; ONODERA, R.; COTTA, M.A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: HOBSON, R.J.; STEWART, C.S. (Eds.). **The rumen microbial ecosystem**. 2 ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p.283-328.

Capítulo 1

Consumo e Digestibilidade em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Suplementados com Compostos Nitrogenados¹

Resumo – Objetivou-se avaliar os efeitos de compostos nitrogenados suplementares sobre o consumo, a digestibilidade e a síntese de proteína microbiana em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. Foram utilizadas cinco novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio inicial de 209 kg, fistuladas no rúmen. A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (5,08% de PB, com base na MS), fornecido *ad libitum*. Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de acordo com o nível de suplementação protéica (0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais acima do nível de PB da forragem). Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5. Os níveis médios observados de PB nas dietas foram de 5,28, 8,08, 9,82, 11,87 e 13,63%, com base na MS. Verificou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) dos níveis de PB na dieta sobre os consumos de MS, MO, FDN e FDNcp (kg/dia), com respostas máximas sobre os níveis de 10,83%, 10,78%, 10,43% e 10,37% de PB, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade da MO e FDN apresentaram relação do tipo *linear-response-plateau* com os níveis de PB na dieta ($P < 0,10$), com início de platô (resposta máxima) em 7,93% e 7,55% de PB, respectivamente. A concentração média diária de nitrogênio amoniacal ruminal apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,10$) em função dos níveis de PB da dieta, com valor estimado de 15,33 mg/dL equivalente ao máximo consumo de MS. A avaliação da relação entre consumo de nitrogênio e fluxo intestinal de nitrogênio microbiano indicou que as estimativas destas variáveis tornam-se equivalentes sobre

¹ Trabalho protocolado junto à *Revista Brasileira de Zootecnia* em 19/06/2007 sob o número 000254-07.

o nível de 7,13% de PB na dieta. Observou-se falta de relação ($P>0,10$) entre os níveis de PB e a eficiência de síntese de proteína microbiana.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, suplementação, nitrogênio amoniacal ruminal, síntese de proteína microbiana

Intake and Digestibility in Cattle Fed Low-Quality Tropical Forage and Supplemented with Nitrogenous Compounds

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds on intake, digestibility, and rumen microbial synthesis in cattle fed low-quality tropical forage. Five crossbred heifers, with average live weight of 209 kg and fitted with ruminal cannulae, were used. The animals were fed *ad libitum* with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) hay, which had crude protein (CP) content of 5.08% of dry matter (DM). The five treatments were defined according to the increasing level of CP in the diet (0, 3, 5, 7, and 9 percentile points above the CP level of the roughage). The 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 5 x 5 Latin square design, with five experimental periods. The average CP levels in the diets were: 5.28, 8.08, 9.82, 11.87, and 13.63% in DM basis. The intakes of DM, OM, NDF, and NDFom(n) showed a quadratic response according to CP levels in the diet ($P<0.10$), with maximum responses on 10.83%, 10.78%, 10.43%, and 10.37% of CP, respectively. The digestibility coefficients of OM and NDF showed a *linear-response-plateau* according to CP levels ($P<0.10$), with plateau beginning (maximum response) on 7.93% and 7.55% of CP, respectively. The average daily concentration of rumen ammonia nitrogen (RAN) was positively related with CP levels ($P<0.10$). The RAN estimate associated with the maximum DM intake was 15.33 mg/dL. It was observed that intestinal flow of microbial nitrogenous compounds and nitrogen intake become equivalent each other on 7.13% of CP. There was no relationship between CP levels and efficiency of microbial synthesis ($P>0.10$).

Keywords: *Brachiaria decumbens*, microbial protein synthesis, supplementation, rumen ammonia nitrogen

Introdução

As pastagens constituem a principal fonte de nutrientes para a bovinocultura no Brasil, destacando-se dos demais meios de alimentação pelo baixo custo de produção e alta praticidade (Paulino et al., 2006). Os pastos tropicais são caracterizados por apresentar rápida taxa de crescimento durante o período chuvoso, levando à maturidade das plantas, as quais contêm altos níveis de constituintes da parede celular. Desta maneira, os animais em pastejo têm disponibilidade de forragem de bom valor nutritivo por curto espaço de tempo, pois o pasto, com a chegada da estação seca, decresce rapidamente em digestibilidade, levando à perda excessiva de peso, constituindo o principal fator limitante para a produção animal (Leng, 1984).

Embora nessas condições as carências nutricionais sejam de natureza múltipla, a deficiência de compostos nitrogenados apresenta natureza prioritária (Paulino et al., 1982), implicando condições sub-ótimas no ambiente ruminal (Ørskov, 2000), limitando a atividade microbiana, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem e acarretando, assim, baixo desempenho animal.

Como estratégia para contornar tais limitações, a suplementação permite ajustar os desequilíbrios nutricionais da dieta nas pastagens tropicais (Paulino et al., 2006) e visa maximizar o uso da forragem por intermédio da otimização de sua digestão, do incremento na taxa de passagem do resíduo indigestível e, conseqüentemente, do aumento no consumo de nutrientes digestíveis totais (Paulino et al., 2004).

Contudo, embora compostos energéticos e protéicos possam ser introduzidos no sistema via suplementação, grande parte dos substratos energéticos relativos à fibra em detergente neutro potencialmente degradável (FDNpd) da forragem deixam de ser utilizados por deficiência de sistemas enzimáticos microbianos no ambiente ruminal (Paulino et al., 2006). Desta forma, como o nitrogênio é o principal nutriente limitante nas forragens de baixa qualidade, a suplementação prioritária com compostos nitrogenados incrementa a atividade microbiana (Satter & Slyter, 1974) e propicia a ampliação do consumo e extração de energia a partir da forragem (Leng, 1990), como reflexo dos estímulos verificados sobre a taxa e extensão da degradação da FDNpd, com conseqüente redução do efeito de repleção ruminal (Costa, 2006).

Segundo Van Soest (1994), depressões no consumo em animais alimentados com forragens de baixa qualidade podem ser atribuídas à deficiência de nitrogênio na dieta, à redução da fermentação ruminal ou à menor saída de resíduos não-digeridos do rúmen. Köester et al. (1996) relevaram que o consumo de proteína degradável pode ser considerado, na dieta, como primeiro componente limitante na utilização de forragens de baixa qualidade. Conseqüentemente, dispor de suplementos com adequadas quantidades de proteína degradável para ruminantes alimentados com forragens de baixa qualidade promoveria aumentos no consumo de forragem e no fluxo de nutrientes para o intestino delgado (Hannah et al., 1991). É necessário, portanto, o estabelecimento de pontos de equilíbrio entre a suplementação com compostos nitrogenados e a utilização otimizada da FDNpd (Paulino et al., 2006).

Desta forma, no momento da definição dos suplementos a serem fornecidos, a massa de proteína bruta (PB) suplementar deve ser analisada sob a ótica de dois diferentes *pools*. O primeiro deve ser planejado para que se otimize a utilização de substratos energéticos da forragem e o segundo *pool* protéico deverá, portanto, ser focado sobre a utilização das eventuais fontes de carboidratos presentes nos suplementos e, quando necessário, suprir o déficit protéico para que os níveis de ganho de peso planejados sejam efetivamente obtidos (Paulino et al., 2006; Sampaio, 2007).

Sabe-se, portanto, que o fornecimento de compostos nitrogenados suplementares contribui para a nutrição da população microbiana ruminal ampliando o consumo e a digestibilidade da forragem de baixa qualidade. Todavia, há necessidade de se quantificar de forma exata os benefícios da alimentação de bovinos contendo compostos nitrogenados suplementares quando a produção se baseia em forragens de baixa qualidade, para que seja então alcançada a otimização na utilização de suplementos nitrogenados.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de compostos nitrogenados suplementares 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 maio e julho de 2006.

Foram utilizadas cinco novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de 209 ± 13 kg, fistuladas no rúmen, mantidas em baias individuais cobertas, com piso de concreto, comedouro e acesso irrestrito à água e à 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 5,08%, com base na matéria seca (MS), o qual foi fornecido *ad libitum*.

Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de forma a se elevar o nível de PB da forragem em 0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais, com base na MS. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções 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 escolha dos componentes do suplemento utilizado se deu com base na ausência de carboidratos, permitindo avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sem que alguma fonte suplementar de fibra ou energia interferisse nas mensurações. A inclusão de albumina no suplemento buscou suprir as necessidades microbianas em termos de proteína verdadeira degradável no rúmen, permitindo o fornecimento de substratos essenciais, como ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada.

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

O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, com 16 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais aos níveis de suplementação.

Para efeito de quantificação e avaliação 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 obtidas 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 H₂SO₄ (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. As amostras foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 mL foi separada e diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N), a qual foi destinada à quantificação das concentrações urinárias de creatinina, alantoína e ácido úrico.

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_2SO_4 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002). As correções no tocante aos teores de cinzas e proteína contidos na FDN e na FDA foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Os teores de lignina foram também expressos com correção para o teor de compostos nitrogenados, segundo especificações de Henriques et al. (2007).

As amostras de suplemento foram analisadas quanto aos teores de MS, MO e PB (Silva & Queiroz, 2002). A composição química da forragem e do suplemento é apresentada na Tabela 1.

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 [Lignina(p)] e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) no feno e no suplemento

Item	Feno	Suplemento
MS ¹	87,74	96,70
MO ²	94,35	98,75
PB ²	5,08	235,34
EE ²	0,62	---
FDN ²	83,55	---
FDNcp ²	79,73	---
CNF ^{2 3}	8,92	---
FDAcp ²	46,43	---
Lignina ²	7,51	---
Lignina(p) ²	7,11	---
PIDA ⁴	24,46	---

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

As estimativas de excreção fecal foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno (Detmann et al., 2001). Amostras de feno, sobras e fezes foram incubadas por 144 horas em duplicata (20 mg MS/cm²) em sacos de tecido não-tecido (TNT - 100 g/m²) no rúmen de duas novilhas mestiças recebendo dieta mista. 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.

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

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

As amostras de urina, após descongeladas, foram compostas por animal e período experimental. As concentrações urinárias de creatinina e de ácido úrico foram estimadas por métodos colorimétricos (método de Jaffé modificado, Bioclin K016-1; e método enzimático, Bioclin K052; respectivamente). Os teores urinários de alantoína foram estimados conforme sumarizações de Chen & Gomes (1992).

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

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (1);$$

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

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):

$$PA = \frac{DP - 0,385 \times PV^{0,75}}{0,85} \quad (2);$$

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) por unidade de tamanho metabólico.

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen foi estimada em função das purinas absorvidas e da relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ nas bactérias, segundo Chen & Gomes (1992):

$$N_{mic} = \frac{70 \times PA}{0,83 \times R \times 1000} \quad (3).$$

em que: N_{mic} = fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado (g/dia); R = relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ nas bactérias; 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 5 x 5 com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais. Para efeito de interpretação dos efeitos de tratamentos empregaram-se os níveis médios de PB nas dietas relativas a cada nível de suplementação.

Posteriormente à análise de variância, procedeu-se à decomposição ortogonal da soma de quadrados de tratamentos em efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e quártica, com posterior ajuste de regressões lineares.

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

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas do consumo médio diário, em kg/dia e em g/kg PV, em função dos níveis de PB das dietas, os quais foram calculados a partir da razão entre o consumo total de PB (forragem e suplemento) e o consumo total de MS, verificando-se os níveis médios de 5,28%, 8,08%, 9,82%, 11,87% e 13,63% de PB, com base na MS, para os níveis de suplementação 0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais, respectivamente.

Verificou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) dos níveis de PB na dieta sobre os consumos de MS, MO, FDN e FDNcp, em kg/dia, com pontos críticos (resposta máxima) localizados sobre os níveis de 10,83%, 10,78%, 10,43% e 10,37% de PB, respectivamente. De outra forma, o consumo de PB elevou-se linearmente ($P < 0,10$), ao passo que o consumo de CNF decresceu de forma linear ($P < 0,10$) com os níveis de PB na dieta (Tabela 2). Este comportamento pode ser atribuído ao fato de o teor dietético total de CNF se reduzir à medida que se incrementou a suplementação com compostos nitrogenados.

O comportamento verificado para os consumos de MS, MO, FDN e FDNcp, quando expressos em g/kg PV, foi linear ($P < 0,10$) em função dos níveis de PB da dieta, o que aparentemente contraria as tendências observadas para o consumo em kg/dia. No entanto, a inspeção do comportamento das médias de quadrados mínimos

destas variáveis indica redução no consumo a partir do nível de 11,87% de PB, fato que, em associação aos baixos coeficientes de determinação verificados (Tabela 2), indicam ocorrência de respostas quadráticas aos níveis de PB, mesmo que estas não tenham se mostrado significativas ($P>0,10$).

Tabela 2 - Médias de quadrados mínimos, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os efeitos de ordem linear (L), quadrática (Q), cúbica (C) e quártica (QT) para os consumos de matéria seca (MS), de matéria orgânica (MO), de proteína bruta (PB), de extrato etéreo (EE), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), de carboidratos não-fibrosos (CNF), de matéria seca digerida (MSD), de matéria orgânica digerida (MOD), de fibra em detergente neutro digerida (FDND), de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em função dos níveis de proteína bruta da dieta

Item	Nível de PB (%)					CV(%)	Efeito ¹				
	5,28	8,08	9,82	11,87	13,63		L	Q	C	QT	
	kg/dia										
MS ²	3,383	3,891	4,069	4,269	3,870	12,8	*	*	ns	ns	
MO ³	3,193	3,683	3,842	4,028	3,645	13,1	*	*	ns	ns	
PB ⁴	0,179	0,312	0,399	0,507	0,530	17,6	***	ns	ns	ns	
EE ⁵	0,020	0,023	0,024	0,024	0,022	14,0	ns	**	ns	ns	
FDN ⁶	2,823	3,213	3,324	3,450	3,097	12,8	ns	*	ns	ns	
FDNcp ⁷	2,698	3,083	3,171	3,291	2,948	12,9	ns	*	ns	ns	
CNF ⁸	0,296	0,265	0,248	0,207	0,145	20,0	***	ns	ns	ns	
MSD ⁹	1,360	1,752	1,842	2,031	1,887	15,7	***	*	ns	ns	
MOD ¹⁰	1,348	1,746	1,836	1,991	1,833	16,0	***	*	ns	ns	
FDND ¹¹	1,305	1,674	1,714	1,830	1,657	16,2	**	*	ns	ns	
NDT ¹²	1,348	1,758	1,850	1,999	1,843	15,8	***	*	ns	ns	
FDNi ¹³	1,000	1,192	1,236	1,241	1,113	13,3	ns	**	ns	ns	
	g/kg PV										
MS ¹⁴	14,97	18,16	19,32	20,37	19,00	14,1	**	ns	ns	ns	
MO ¹⁵	14,10	17,18	18,26	19,21	17,90	14,4	**	ns	ns	ns	
FDN ¹⁶	12,48	14,97	15,82	16,45	15,23	14,2	*	ns	ns	ns	
FDNcp ¹⁷	11,93	14,39	15,09	15,69	14,50	14,1	*	ns	ns	ns	
NDT ¹⁸	5,67	8,36	8,58	9,51	9,10	16,5	***	*	ns	ns	

^{1/} (ns), (*), (**) e (***) : não-significativo ($P>0,10$) e significativo aos níveis de 0,10; 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{2/} $\hat{Y} = 1,1320 + 0,5562X - 0,0256X^2$ ($R^2 = 0,9143$). ^{3/} $\hat{Y} = 1,0381 + 0,5338X - 0,0247X^2$ ($R^2 = 0,9201$). ^{4/} $\hat{Y} = - 0,0439 + 0,0441X$ ($r^2 = 0,9799$). ^{5/} $\hat{Y} = 0,0046 + 0,0038X - 0,0002X^2$ ($R^2 = 0,9838$). ^{6/} $\hat{Y} = 1,0221 + 0,4509X - 0,0216X^2$ ($R^2 = 0,9053$). ^{7/} $\hat{Y} = 0,9589 + 0,4371X - 0,0211X^2$ ($R^2 = 0,9077$). ^{8/} $\hat{Y} = 0,4007 - 0,0173X$ ($r^2 = 0,9264$). ^{9/} $\hat{Y} = 0,0291 + 0,3217X + 0,0134X^2$ ($R^2 = 0,9632$). ^{10/} $\hat{Y} = - 0,0558 + 0,3429X - 0,0148 X^2$ ($R^2 = 0,9683$). ^{11/} $\hat{Y} = - 0,0046 + 0,3262X - 0,0149X^2$ ($R^2 = 0,9578$). ^{12/} $\hat{Y} = - 0,5675 + 0,4408X - 0,0193X^2$ ($R^2 = 0,9729$). ^{13/} $\hat{Y} = 0,1704 + 0,2111X - 0,0104X^2$ ($R^2 = 0,9793$). ^{14/} $\hat{Y} = 14,2758 + 0,4177X$ ($r^2 = 0,6626$), ^{15/} $\hat{Y} = 13,5249 + 0,3893X$ ($r^2 = 0,6493$). ^{16/} $\hat{Y} = 12,3456 + 0,2717X$ ($r^2 = 0,5556$). ^{17/} $\hat{Y} = 11,8800 + 0,2511X$ ($r^2 = 0,5307$). ^{18/} $\hat{Y} = - 2,5010 + 1,9731X - 0,0822 X^2$ ($R^2 = 0,9684$).

Desta forma, procedeu-se ao ajustamento de forma descritiva de equações do 2º grau, as quais indicaram pontos críticos (resposta máxima) sobre os níveis

protéicos de 11,65% ($R^2 = 0,9641$), 11,56% ($R^2 = 0,9660$), 11,08% ($R^2 = 0,9602$) e 10,97% ($R^2 = 0,9625$) para os consumos (g/kg PV) de MS, MO, FDN e FDNcp, respectivamente.

De forma similar, o consumo de nutrientes digestíveis totais apresentou comportamento quadrático em função dos níveis de PB na dieta, com pontos críticos (resposta máxima) localizados em 11,44% e 12,00% de PB, para as unidades kg/dia e g/kg de PV, respectivamente (Tabela 2).

Neste contexto, verificou-se que a adição de compostos nitrogenados suplementares ampliou o consumo voluntário com a elevação dos níveis de PB da dieta até limites próximos a 11%, confirmando a natureza prioritária dos compostos nitrogenados na suplementação de animais mantidos em pastagens durante a estação seca, situação na qual a extração de energia a partir dos carboidratos fibrosos torna-se limitada por deficiência de compostos nitrogenados para síntese dos sistemas enzimáticos dos microrganismos ruminais (Leng, 1990; Paulino et al., 2001; Paulino et al., 2006).

Sampaio (2007), trabalhando com a suplementação de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade, verificou incrementos no consumo com a elevação dos níveis de PB da dieta a valores próximos a 10%, comportamento similar ao verificado neste estudo.

Incrementos no consumo voluntário de forragens, como resultado da suplementação com compostos nitrogenados estão associados a uma seqüência de eventos, tais como, aumentos na taxa de crescimento microbiano, na taxa de digestão da MS e, por sua vez, no aumento da taxa de passagem da massa residente no rúmen (Nocek & Russell, 1988).

Como conseqüência do aumento da degradação ruminal, ocorre aceleração no processo de remoção dos compostos indigestíveis da fibra e ampliação do turnover da massa residente no rúmen (Allen, 1996). Ao passo que taxa de passagem é ampliada, ou seja, a velocidade de remoção dos compostos indigestíveis da fibra do rúmen é aumentada, o consumo voluntário de forragens de baixa qualidade se eleva.

Os efeitos positivos da suplementação protéica sobre o trânsito do substrato basal no ambiente ruminal se tornam evidentes ao verificar o comportamento apresentado pelo consumo da fração indegradável da fibra em detergente neutro (Tabela 2), o qual se comportou de forma quadrática ($P < 0,10$), e com máximo valor sobre o nível de 10,20% de PB.

Ampliações no consumo voluntário em função de compostos nitrogenados suplementares também foram observadas por Hannah et al. (1991), Mathis et al. (2001), Köster et al. (2002) e Ortiz-Rubio et al. (2007) em bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade.

Contudo, em níveis, em média, superiores a 11% de PB na dieta verificou-se redução no consumo voluntário (Tabela 2). Este comportamento pode ser gerado pelo excesso de proteína para o metabolismo microbiano/animal, implicando maior formação de uréia hepática decrescendo a razão energia líquida/energia metabolizável e ampliando a formação de calor corporal (NRC, 1988). Segundo Poppi & McLennan (1995) a dissipação de calor corporal constitui limitação para a produção de bovinos nos trópicos, fazendo com que os animais, mesmo não demonstrando os sintomas óbvios deste estresse, passem a restringir o consumo como ferramenta para redução do metabolismo, adequando a produção de calor corporal a taxa na qual este possa ser dissipado confortavelmente.

De outra forma, o excesso de amônia circulante pode conduzir a quadro de mau funcionamento do tecido cerebral por déficit energético, causando mal-estar aos animais, incorrendo em redução do consumo voluntário como mecanismo para redução deste sintoma (Detmann et al., 2007).

Tais constatações, de forma conjunta, permitem inferir que reduções no consumo possam ser observadas em animais suplementados com proteína em excesso. Comportamento similar ao obtido neste estudo foi verificado por Del Curto et al. (1990a; 1990b) e Sampaio (2007).

O coeficiente de digestibilidade do EE não foi afetado pelos níveis de PB na dieta ($P>0,10$), ao passo que o coeficiente de digestibilidade da MS associou-se de forma linear ($P<0,10$) com os níveis de PB na dieta. Já os coeficientes de digestibilidade da PB, da FDN_{pd} e dos CNF associaram-se de forma quadrática ($P<0,10$) com os níveis de PB na dieta, enquanto os coeficientes de digestibilidade da MO, da FDN_{cp} e dos NDT associaram-se de forma cúbica ($P<0,10$) (Tabela 3).

O comportamento verificado para o coeficiente de digestibilidade da PB (Tabela 3) parece refletir diretamente o incremento no fornecimento de suplementos protéicos altamente degradáveis na dieta. Por outro lado, a queda no coeficiente de digestibilidade dos CNF em função da elevação dos níveis de PB da dieta, com a constatação de valores negativos (Tabela 2), reflete o baixo consumo de CNF dietéticos (Tabelas 1 e 2), o qual se reduziu à medida que compostos nitrogenados

foram adicionados, mantendo-se em patamares inferiores à excreção metabólica fecal de CNF (Detmann et al., 2006a).

Tabela 3 - Médias de quadrados mínimos, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os efeitos de ordem linear (L), quadrática (Q), cúbica (C) e quártica (QT) 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) e da fibra em detergente neutro potencialmente degradável (FDNpd) e nível dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT - %) em função dos níveis de proteína bruta da dieta

Item	Nível de PB (%)					CV(%)	Efeito ¹			
	5,28	8,08	9,82	11,87	13,63		L	Q	C	QT
MS ²	41,41	46,61	44,95	47,05	48,04	5,0	***	ns	ns	ns
MO ³	43,20	48,97	47,43	48,89	49,64	4,2	***	*	*	ns
PB ⁴	32,22	55,63	62,20	69,72	74,10	12,8	***	**	ns	ns
EE	-3,47	31,98	35,99	30,00	36,24	128,8	ns	ns	ns	ns
FDNcp ⁵	46,94	53,62	51,25	52,54	53,26	5,2	***	*	*	ns
CNF ⁶	13,19	-17,66	-28,83	-71,29	-161,50	83,2	***	**	ns	ns
FDNpd ⁷	75,04	86,39	84,27	85,29	86,44	5,3	***	**	ns	ns
NDT ⁸	40,70	46,56	45,05	46,31	47,05	4,3	***	**	*	ns

^{1/} (ns), (*), (**) e (***) : não-significativo (P>0,10) e significativo aos níveis de 0,10; 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{2/} $\hat{Y} = 38,8169 + 0,69819X$ ($r^2 = 0,7622$). ^{3/} $\hat{Y} = - 5,91946 + 16,5447X - 1,6562X^2 + 0,0545 X^3$ ($R^2 = 0,9322$). ^{4/} $\hat{Y} = - 27,7261 + 13,9954X - 0,4819 X^2$ ($R^2 = 0,9951$). ^{5/} $\hat{Y} = - 16,0780 + 21,4857X - 2,1865X^2 + 0,0723X^3$ ($R^2 = 0,9052$). ^{6/} $\hat{Y} = - 119,0186 + 38,5258X - 3,0108 X^2$ ($R^2 = 0,9690$). ^{7/} $\hat{Y} = 49,6123 + 6,4713X - 0,2821X^2$ ($R^2 = 0,8368$). ^{8/} $\hat{Y} = - 10,2436 + 17,1688X - 1,7193X^2 + 0,0564X^3$ ($R^2 = 0,9387$).

Embora respostas biológicas de ordem cúbica não sejam comuns, verifica-se que as médias dos coeficientes de digestibilidade da MO e da FDN e do nível de NDT na dieta apresentaram tendência de estabilidade nos níveis mais elevados de PB na dieta (Tabela 3), o que sugere resposta do tipo *linear-response-plateau* (LRP). Desta forma, novas equações foram ajustadas, as quais são expressas na Figura 1.

Verificou-se incrementos nessas estimativas até níveis próximos a 8% de PB (P<0,10), com posterior estabilização (Figura 1). Ressalta-se que, por ser a FDN o componente de maior importância quantitativa em todas as dietas ofertadas, o comportamento observado para o coeficiente de digestibilidade da MO e para o nível de NDT constituem reflexos diretos do comportamento do coeficiente de digestibilidade da FDN.

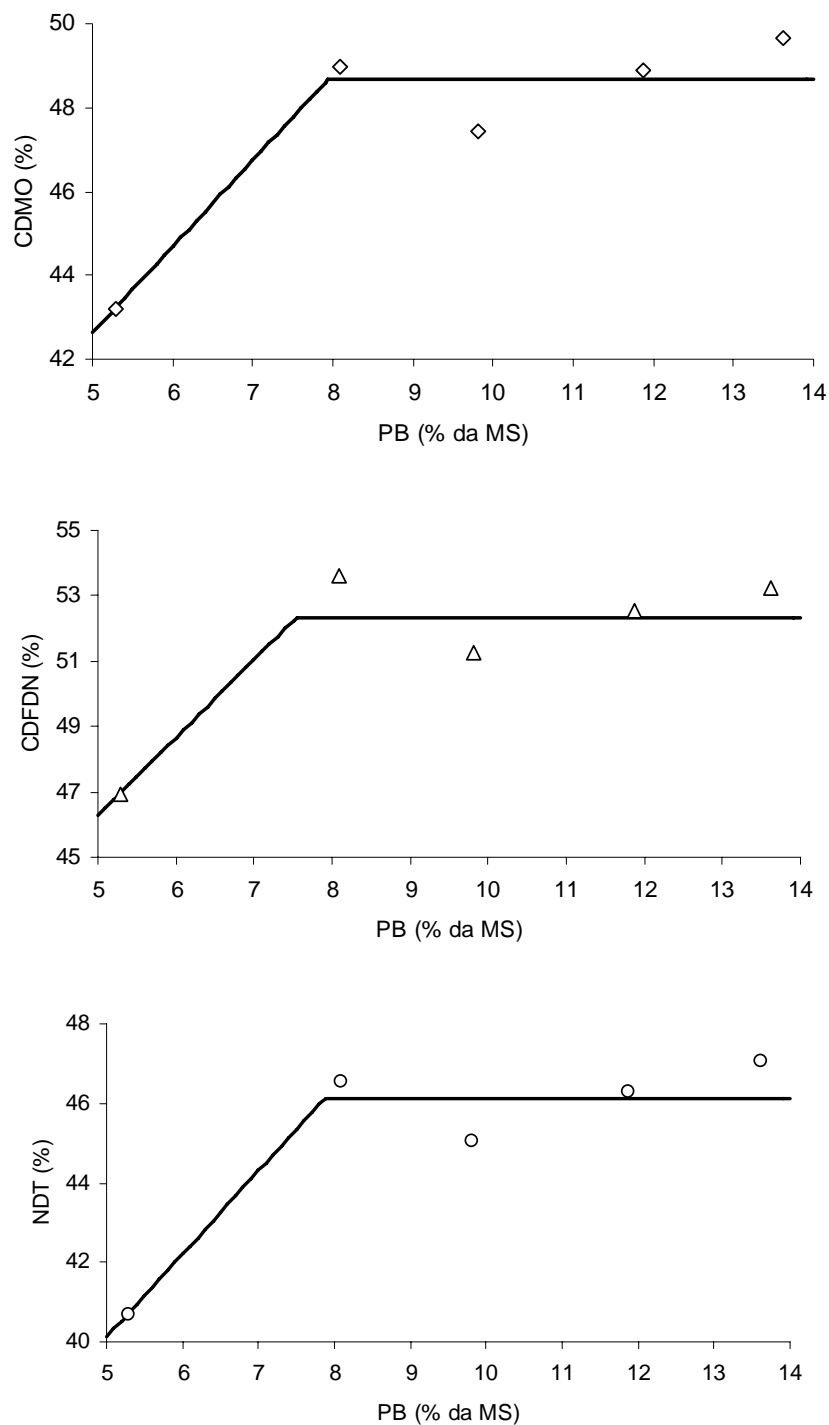


Figura 1 - Relação entre o nível de proteína bruta (PB) e as estimativas do coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO) ($\hat{Y} = 32,3194 + 2,0610X$; $\forall X \leq 7,9263$; $\hat{Y} = 48,6533$; $\forall X > 7,9263$; $R^2 = 0,9067$) e da fibra em detergente neutro (CDFDN) ($\hat{Y} = 34,3434 + 2,3860X$; $\forall X \leq 7,5477$; $\hat{Y} = 52,3500$; $\forall X > 7,5477$; $R^2 = 0,9298$) e o nível de nutrientes digestíveis totais (NDT) na dieta ($\hat{Y} = 29,6497 + 2,0930X$; $\forall X \leq 7,8777$; $\hat{Y} = 46,1367$; $\forall X > 7,8777$; $R^2 = 0,9236$).

Segundo Van Soest (1994), níveis protéicos dietéticos de 6 a 8%, com base na MS, são necessários para que haja o fornecimento de compostos nitrogenados para o suprimento das exigências microbianas. Em níveis inferiores a estes, compromete-se a digestibilidade da dieta (Van Soest, 1994), sendo este comprometimento principalmente observado no tocante à utilização dos carboidratos fibrosos (Sampaio, 2007).

Neste contexto, de acordo com os resultados expressos na Figura 1, infere-se que níveis próximos a 8% de PB sejam demandados para que haja adequado aproveitamento da FDN oriunda da forragem basal de baixa qualidade.

A mensuração da massa ingerida e efetivamente digerida permite integrar os efeitos da suplementação sobre o consumo e a digestibilidade, simultaneamente (Sampaio, 2007). Desta forma, verificou-se efeito quadrático dos níveis de PB sobre os consumos de MS, MO e FDN digeridas ($P < 0,10$) (Tabela 2), com pontos críticos (resposta máxima) localizados em 11,97%, 11,55% e 10,96% de PB. Este comportamento reforça aquele verificado para o consumo voluntário de MS e de NDT (Tabela 2), indicando que níveis próximos a 11% de PB são necessários para a maximização do consumo de nutrientes digestíveis sob condições de forragem basal de baixa qualidade.

Os valores de pH ruminal não foram influenciados pelos níveis de PB na dieta ($P > 0,10$) (Tabela 4), mantendo-se, em todos os momentos de amostragem (Figura 2), dentro dos limites considerados adequados à atividade dos microrganismos celulolíticos (Hoover, 1986), não havendo, portanto, efeitos prejudiciais à fermentação ruminal.

Entre os parâmetros da nutrição protéica dos ruminantes, a concentração de NAR tem sido empregada freqüentemente como referência à qualificação das condições ruminais para as atividades microbianas, destacadamente no tocante aos microrganismos que degradam carboidratos fibrosos, os quais empregam o NAR como fonte nitrogenada exclusiva para crescimento (Russell et al., 1992). Níveis deficitários de NAR implicam redução no crescimento microbiano tanto por deficiência direta, como por ampliação dos custos energéticos para captação destes compostos no meio (Wallace et al., 1997).

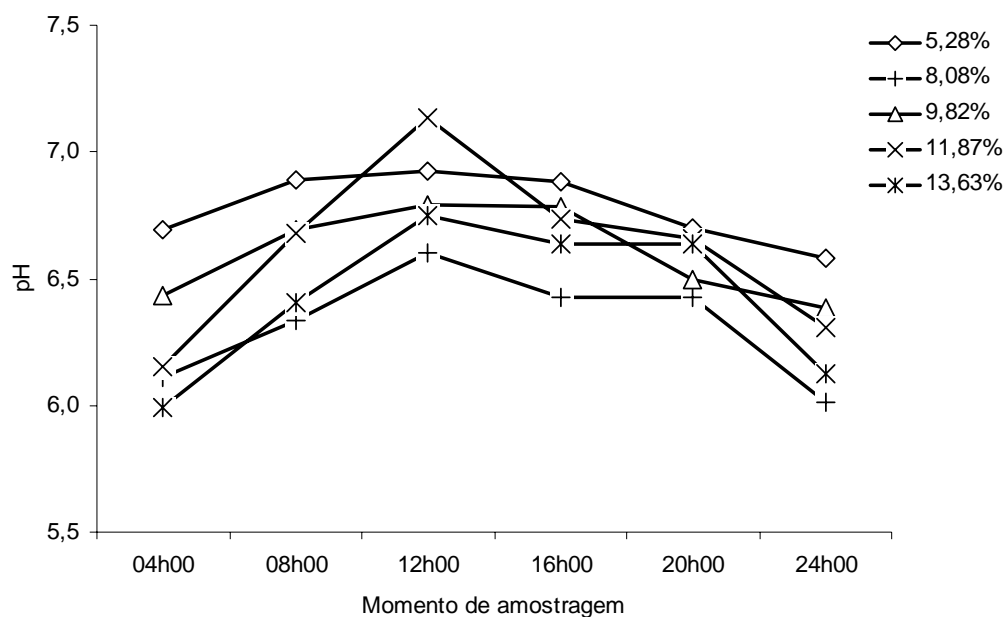


Figura 2 - Valores médios do pH ruminal em função do momento de amostragem e do nível de proteína bruta da dieta.

Sob estes pressupostos, é possível inferir que a concentração de NAR deve estar em condições adequadas para a otimização do crescimento microbiano e posterior utilização dos substratos fibrosos da forragem.

Neste estudo, a concentração média diária de NAR (Tabela 4; Figura 3) apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,10$) em função dos níveis de PB da dieta.

O NRC (1988) sugeriu concentração mínima de 5 mg de NAR/dL para que ocorra digestão eficiente da matéria orgânica no rúmen. Por outro lado, Leng (1990) afirmou que em condições tropicais são necessários 10 e 20 mg de NAR/dL para que se maximize a degradação ruminal e o consumo de matéria seca, respectivamente. De outra forma, Hoover (1986), em ampla revisão de literatura, computou níveis ótimos de NAR para o crescimento microbiano e a degradação ruminal, relatando valores de 6,2 mg/dL e 21,4 mg/dL para dietas com teores de PB superiores e inferiores a 6%, respectivamente.

Estas aparentes contradições na interpretação dos níveis amoniacais ótimos para o favorecimento da degradação ruminal dos alimentos (principalmente carboidratos fibrosos) parecem ser reflexo direto de variações nas exigências microbianas em função do substrato basal, do pH ruminal e das interações que ocorrem entre espécies microbianas e o substrato degradado (McAllan & Smith,

1983; Hoover, 1986; e Leng, 1990) constituindo empecilhos à aplicação universal de tais referências (Sampaio, 2007).

Tabela 4 - Médias de quadrados mínimos, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os efeitos de ordem linear (L), quadrática (Q), cúbica (C) e quártica (QT) para o pH ruminal (pH), a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR - mg/dL), o consumo de nitrogênio (CN - g/dia), o fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC - g/dia), a eficiência de síntese microbiana (EFM1 - g PB microbiana/kg NDT), a eficiência de síntese microbiana com base no conceito de digestibilidade verdadeira (EFM2 - g PB microbiana/kg NDTv), a relação entre fluxo intestinal de nitrogênio microbiano e o consumo de nitrogênio (NMIC/CN - %), a concentração de nitrogênio nos microrganismos ruminais (NBAC - % da MS) e a relação nitrogênio purina:nitrogênio total nos microrganismos ruminais ($N_{RNA}:N_{TOTAL}$) em função dos níveis de proteína bruta da dieta

Item	Nível de PB (%)					CV(%)	Efeito ¹			
	5,28	8,08	9,82	11,87	13,63		L	Q	C	QT
pH	6,78	6,31	6,60	6,61	6,42	3,8	ns	ns	ns	ns
NAR ²	4,03	11,22	10,39	17,43	24,54	74,1	***	ns	ns	ns
CN ³	28,60	49,93	63,77	81,12	84,79	17,6	***	ns	ns	ns
NMIC	32,69	57,85	47,42	53,90	42,48	59,1	ns	ns	ns	ns
EFM1	157,1	194,5	189,0	201,2	146,5	55,7	ns	ns	ns	ns
EFM2	110,0	152,4	138,7	148,2	110,7	54,0	ns	ns	ns	ns
NMIC/CN ⁴	111,3	106,4	76,2	69,1	50,3	44,8	**	ns	ns	ns
NBAC ⁵	3,94	5,10	4,39	4,76	4,92	8,8	***	ns	ns	*
$N_{RNA}:N_{TOTAL}$	0,131	0,116	0,143	0,150	0,136	27,1	ns	ns	ns	ns

^{1/} (ns), (*), (**), e (***): não-significativo ($P>0,10$) e significativo aos níveis de 0,10; 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{2/} $\hat{Y} = - 7,3945 + 2,0980X$ ($r^2 = 0,9209$). ^{3/} $\hat{Y} = - 7,0240 + 7,0560X$ ($r^2 = 0,9799$). ^{4/} $\hat{Y} = 151,6370 - 7,2724X$ ($r^2 = 0,9762$). ^{5/} $\hat{Y} = - 65,6248 + 31,3941X - 5,0381X^2 + 0,3463X^3 - 0,0086X^4$ ($R^2 = 1,0000$).

Sob o aspecto conjunto entre o consumo voluntário de forragem e a concentração de NAR, por intermédio de suas equações de regressão (Tabela 4), a maximização do consumo voluntário se deu com a concentração de NAR de 15,33 mg/dL (Figura 4). Esta estimativa situou-se em patamar superior aos valores descritos por Ortiz-Rubio et al. (2007) e Sampaio (2007), que afirmaram que concentrações de NAR próximas a 10 mg/dL seriam necessárias para maximização do consumo de forragens tropicais de baixa qualidade.

O fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado (NMIC) não foi afetado pelos níveis de PB na dieta ($P>0,10$) (Tabela 4). Este comportamento aparentemente contradiz os argumentos anteriormente apresentados no tocante ao consumo e digestibilidade e com relação às melhorias na qualidade do ambiente de fermentação indicadas pela avaliação da concentração de NAR.

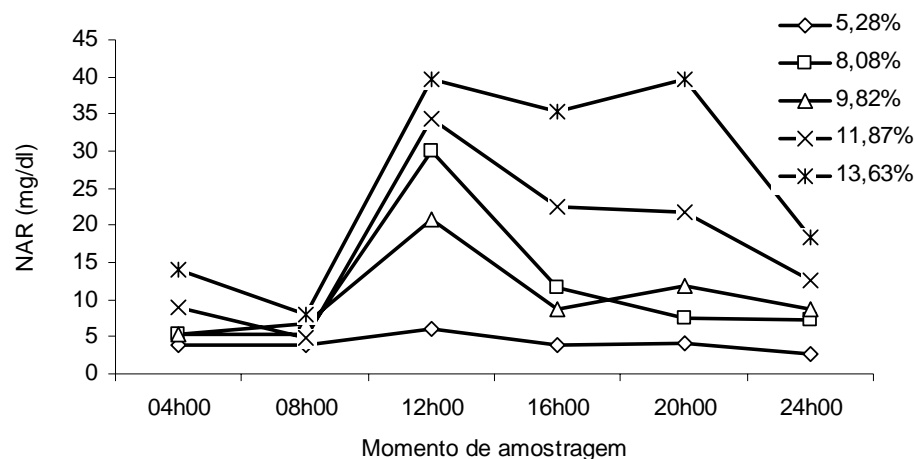


Figura 3 - Valores médios da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em função do momento de amostragem e do nível de proteína bruta da dieta.

Contudo, melhor entendimento desta variável pode ser obtido por intermédio de sua avaliação conjunta com o consumo de nitrogênio (CN) (Tabela 4). Ressalta-se que o CN para o menor nível de PB na dieta (5,28%) foi inferior ao NMIC (Tabela 4). Comportamento similar foi observado por Sampaio (2007).

Neste contexto, a avaliação da relação entre NMIC e CN indicou, por intermédio de sua equação de regressão (Tabela 4), que as estimativas destas variáveis tornam-se equivalentes sobre o nível de 7,13% de PB na dieta (Figura 5). Este fato indica que grande parte das demandas microbianas por compostos nitrogenados, em níveis protéicos inferiores a este, pode ser atribuída à reciclagem de uréia ruminal, embora de forma ineficiente, para manutenção microbiana (Van Soest, 1994).

Isto reforça o comportamento obtido para os coeficientes de digestibilidade da MO e FDN, indicando que níveis de 7 a 8% de PB são necessários para manutenção de população microbiana capaz de utilizar eficientemente os carboidratos fibrosos da forragem basal.

A relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ nos microrganismos ruminais não foi afetada pelos níveis de PB da dieta ($P>0,10$), apresentando valor médio de 0,135 (Tabela 4). Por outro lado, o teor de compostos nitrogenados nos microrganismos ruminais (NBAC) apresentou relação de quarto grau com os níveis de PB na dieta ($P<0,10$). Contudo, a

inspeção do comportamento das médias sugere relação do tipo LRP, conforme expresso na Figura 6, com início de platô em 7,09% de PB.

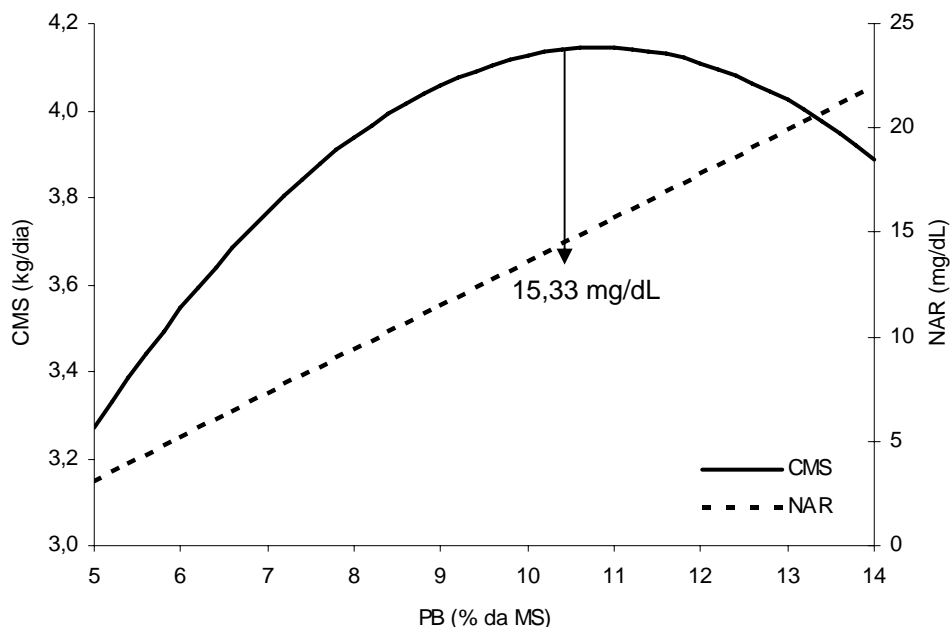


Figura 4 - Relação entre consumo voluntário de matéria seca (CMS) e concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em função do nível de proteína bruta da dieta.

A composição dos microrganismos é diretamente afetada por sua velocidade de crescimento (White, 2000), a qual, por sua vez, constitui reflexo direto de adequações nas condições físico-químicas do meio de crescimento. Em condições deficitárias de compostos nitrogenados, observa-se acúmulo de carboidratos intracelulares (Nocek & Russell, 1988), o que leva à redução na concentração de compostos nitrogenados nos microrganismos.

Desta forma, por intermédio do comportamento verificado na Figura 6, afirma-se que a velocidade de crescimento microbiano foi afetada em níveis inferiores a 7% de PB, o que incorreu em alterações na composição dos microrganismos. Este fato, mais uma vez corrobora o comportamento verificado para o coeficiente de digestibilidade da FDN, como discutido anteriormente.

Observou-se falta de relação ($P > 0,10$) entre os níveis de PB e a eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM1), cujo valor médio foi de 177,7 g de PB microbiana/kg de NDT. Esta estimativa situa-se em patamar superior em comparação

ao referencial teórico estabelecido por Valadares Filho et al. (2006) para condições tropicais (120 g PB microbiana/kg de NDT).

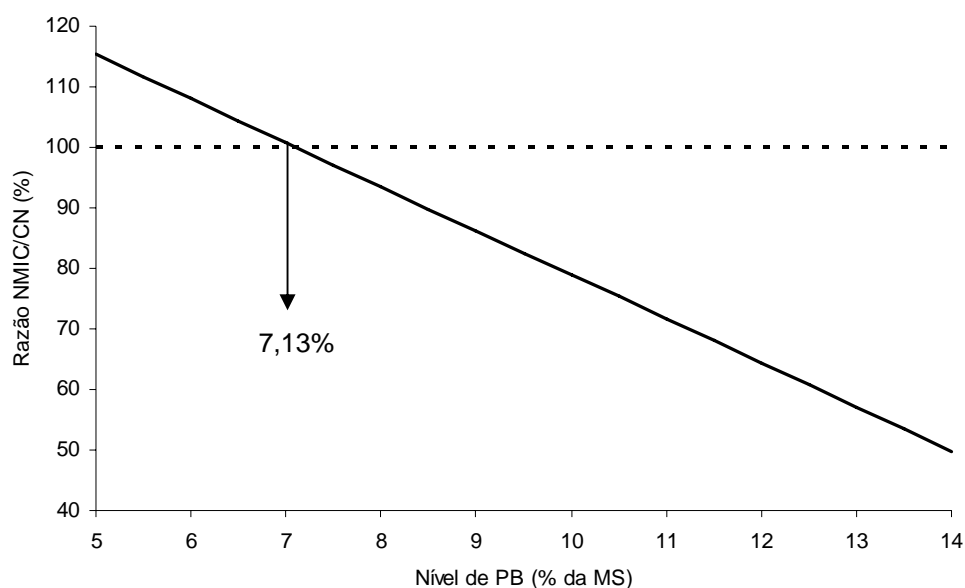


Figura 5 - Relação entre a razão fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado e consumo de nitrogênio (NMIC/CN) e os níveis de proteína bruta (PB) da dieta.

No entanto, o consumo dos componentes não-fibrosos do NDT pode ser considerado baixo em relação a situações normais de alimentação (Tabela 2), o que acarreta alta representatividade da contribuição metabólica fecal, incorrendo baixos coeficientes de digestibilidade aparente, principalmente no tocante aos CNF (Tabela 3). Sob este aspecto, os valores de eficiência de síntese microbiana foram estimados também com base no conceito de digestibilidade verdadeira, tomando-se como base as contribuições metabólicas fecais (kg/dia) relatadas por Detmann et al. (2006a; 2006b; e 2006c) para bovinos em crescimento.

O valor médio encontrado foi de 132,0 g PB microbiana/kg NDTv (Tabela 4). Embora superior ao referencial teórico descrito anteriormente, releva-se que em situações de déficit de compostos nitrogenados dietéticos ocorre ganho líquido de nitrogênio no ambiente ruminal a partir da maior representatividade dos eventos de reciclagem, o que implica em elevação da eficiência de síntese microbiana (NRC, 2001), suportando a estimativa obtida neste trabalho.

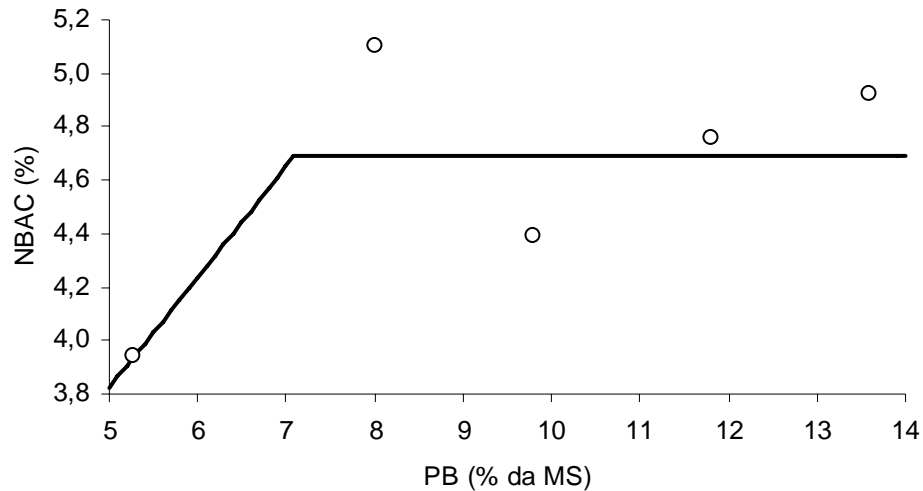


Figura 6 - Relação entre a concentração de compostos nitrogenados nos microrganismos ruminais (NBAC) e o nível de proteína bruta (PB) na dieta ($\hat{Y} = 1,7526 + 0,4140X$; $\forall X \leq 7,09$; $\hat{Y} = 4,6900$; $\forall X > 7,09$; $R^2 = 0,8272$).

Conclusões

A suplementação com compostos nitrogenados em quantidades que permitam elevar o teor de proteína bruta da dieta em níveis próximos a 11% proporcionam otimização da utilização da forragem tropical de baixa qualidade.

Níveis mínimos de 7 a 8% de proteína bruta são necessários para que não haja comprometimento do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, para que ocorra utilização eficiente dos carboidratos fibrosos da forragem basal.

Literatura Citada

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- 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.
- 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. **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, 1990a.
- DeLCURTO, T.; COCHRAN, R.C.; CORAH, L.R. et al. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. **Journal of Animal Science**, v.68, p.532-542, 1990b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001.
- 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, n.4, 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, n.5, p.2101-2109, 2006c.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos *ad libitum* para bovinos manejados a pasto. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, 2007 (no prelo)
- 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.
- 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.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2755-2766, 1986.
- 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.

- 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 cow performance and forage intake and digestibility by steers fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1652-1662, 2002.
- LENG, R.A. Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production. In: GILCHRIST, F.M.C.; MACKIE, R.I. (Eds.) **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics**. Craighall: The Science Press Ltd., 1984. p.129-144.
- 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**, v.57, p.347-358, 1996.
- MATHIS, C.P.; COCHRAN, R.C.; HELDT, J.S. et al. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forages. **Journal of Animal Science**, v.78, p.224-232, 2001.
- McALLAN, A.B.; SMITH, R.H. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasum of steers. **British Journal of Nutrition**, v.50, p.445-454, 1983.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6 ed. Washington, DC: Academic Press, 1988. 158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press. 2001. 381p.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, n.71, p.2070-2107, 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.
- 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 Technology**, 2007. (no prelo)
- PAULINO, M.F.; REHFELD, O.A.M.; RUAS, J.R.M et al. Alguns aspectos da suplementação de bovinos de corte em regime de pastagem durante a época seca. **Informe Agropecuário**, n.89, p.28-31, 1982.
- 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.
- 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.; 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.
- 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.
- 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.
- WALLACE, R.J.; ONODERA, R.; COTTA, M.A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: HOBSON, R.J.; STEWART, C.S. (Eds.) **The rumen microbial ecosystem.** 2 ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p.283-328.
- WHITE, D. **The physiology and biochemistry of prokaryotes.** 2 ed. New York: Oxford University Press. 2000. 565p.

Capítulo 2

Dinâmicas de Trânsito e Degradação da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Compostos Nitrogenados

Resumo - Objetivou-se avaliar as dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. Foram utilizadas cinco novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio inicial de 209 kg, fistuladas no rúmen. A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (5,08% de PB, com base na MS), fornecido *ad libitum*. Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de acordo com o nível de suplementação protéica (0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais acima do nível de PB da forragem). Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções de 4,5:0,5:1,0, respectivamente. O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5. Os níveis médios de PB nas dietas foram de 5,28; 8,08; 9,82; 11,87 e 13,63%, com base na MS. Verificou-se elevação linear ($P < 0,10$) da fração potencialmente degradável da FDN até o nível de 8,62% de PB, com platô estimado de 47,92% da FDN. Em contrapartida, verificou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) para a taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN em função dos níveis de PB da dieta, com máxima resposta estimada sobre 13,39% de PB. O fluxo ruminal de partículas fibrosas, o tempo médio de retenção no rúmen-retículo e o efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN apresentaram relação *linear-response-plateau* em função do nível de PB na dieta ($P < 0,10$), com pontos críticos para o início do platô localizados sobre os níveis de 7,59%; 7,68% e 8,00% de PB, respectivamente.

Palavras-chave: capim-braquiária, repleção ruminal, suplementação, taxa de degradação, taxa de passagem

Transit and Degradation Dynamics of Neutral Detergent Fiber in Cattle Fed Low-Quality Tropical Forage and Nitrogenous Compounds

Abstract – The aim of this work was to evaluate the rumen transit and degradation dynamics of neutral detergent fiber (NDF) in cattle fed low-quality tropical forage and nitrogenous compounds. Five crossbred heifers, with average live weight of 209 kg and fitted with rumen cannulae, were used. The animals were fed *ad libitum* with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) hay, which had crude protein (CP) content of 5.08% of dry matter (DM). The five treatments were defined according to the level of CP in the diet (0, 3, 5, 7, and 9 percentile points above the CP level of the roughage). The 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 5 x 5 Latin square design, with five experimental periods. The average CP levels in the diets were: 5.28, 8.08, 9.82, 11.87, and 13.63% in DM basis. The potentially degradable fraction of NDF was linearly increased ($P < 0.10$) according to CP levels in diet until 8.62% CP. From this point, there was stabilization of estimates (47.92% of NDF). On the other hand, the degradation rate of potentially degradable NDF showed a quadratic response ($P < 0.10$) to CP levels, with maximal response on 13.39% of CP. The rumen rate of passage of fibrous particles, the mean retention time in the rumen, and the rumen fill effect of undegradable NDF showed a *linear-response-plateau* ($P < 0.10$) according to CP levels in the diet, with plateau beginning on 7.59, 7.68, and 8.00% of CP, respectively.

Keywords: degradation rate, passage rate, rumen fill, signal grass, supplementation

Introdução

Para expressarem seu potencial produtivo, os bovinos necessitam de alimentação adequada em proteína, energia, minerais e vitaminas. Contudo, em sistemas baseados na utilização de pastagens tropicais, como no Brasil central, verifica-se que no final das chuvas e início da estação seca, à medida que as gramíneas começam a amadurecer, os teores de alguns nutrientes reduzem abruptamente e deficiências dietéticas podem ocorrer (Paulino et al., 2002).

Desta forma, apesar do elevado potencial de produção e do baixo custo, as gramíneas tropicais apresentam com o amadurecimento, baixa eficiência de utilização, devido ao espessamento e aumento da lignificação da parede celular, o

que compromete sua qualidade como alimento para ruminantes. Conseqüentemente, a forragem, com a chegada da estação seca, decresce rapidamente em digestibilidade, aumentando o tempo de retenção ruminal, implicando redução no consumo voluntário e ocasionando comprometimento no desempenho animal.

Embora nessas condições as carências nutricionais sejam de natureza múltipla, a deficiência protéica apresenta natureza prioritária, implicando condições sub-ótimas no ambiente ruminal (Ørskov, 2000), limitando, principalmente, a atividade microbiana sobre os carboidratos fibrosos da forragem de baixa qualidade. A maximização no uso desses recursos energéticos pode ser alcançada pelo incremento na utilização da porção potencialmente degradável da fibra em detergente neutro (FDN) (Paulino et al., 2006).

Sendo a dimensão das frações potencialmente degradável e indegradável, característica do substrato, alterações no ambiente ruminal implicam variações sobre a taxa de degradação pelos microrganismos (Ørskov, 2000). Esses efeitos apresentam maior impacto em condições tropicais com relação à FDN, devido ao seu papel como principal substrato energético para o crescimento e como fator determinante do processo de repleção ruminal, o qual se amplia à medida que decresce a qualidade da forragem (Vieira et al., 1997). Este comportamento implica, diretamente, redução do consumo voluntário por ruminantes, retardando a introdução de novos componentes potencialmente degradáveis no ambiente ruminal.

Alterações positivas no escape de partículas do ambiente ruminal estão associadas à utilização de suplementos nitrogenados em forragens de baixa qualidade, relacionando-se fortemente à ampliação do consumo total pelo animal (McCullun & Galyean, 1985; Gunthrie & Wagner, 1986). É importante ressaltar que os processos de degradação e trânsito ruminal devem ser avaliados de forma integrada no sentido de que, à medida que se amplia a velocidade de utilização dos compostos potencialmente degradáveis, reduz-se o tempo necessário para que a partícula alcance a faixa de gravidade específica para a remoção do rúmen (Allen, 1996).

Nesse contexto, a suplementação protéica mostra-se eficiente, pois nutre a população microbiana, oferecendo condições para que estes microrganismos utilizem eficientemente os carboidratos fibrosos presentes na forragem basal. Todavia, há necessidade de se quantificar de forma exata os benefícios da alimentação de bovinos contendo compostos nitrogenados suplementares quando a produção se baseia em

dietas ricas em forragem de baixa qualidade, para que seja então permitida a otimização na utilização de suplementos nitrogenados.

Assim, objetivou-se avaliar as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal da FDN em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados.

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 maio a julho de 2006.

Foram utilizadas cinco novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de 209 ± 13 kg, fistuladas no rúmen, mantidas em baias individuais cobertas, com piso de concreto, comedouro e acesso irrestrito a água e mistura mineral.

A alimentação volumosa basal foi constituída por feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) de baixa qualidade, com nível médio de proteína bruta (PB) de 5,08%, com base na matéria seca (MS), o qual foi fornecido *ad libitum*.

Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de forma a elevar-se o nível de PB da forragem em 0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais, com base na MS. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções 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 escolha dos componentes do suplemento utilizado se deu com base na ausência de carboidratos, permitindo avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sem que alguma fonte suplementar de fibra ou energia fosse adicionada à dieta. A introdução de albumina no suplemento buscou suprir as necessidades microbianas em termos de proteína verdadeira degradável no rúmen, permitindo-se o fornecimento de substratos essenciais, como ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada.

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.

O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, com 16 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais aos níveis de suplementação.

Para quantificação e avaliação do consumo voluntário de MS e FDN 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 obtidas foram processadas em moinho de facas (1 mm), acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posterior análise.

Para avaliação 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 e filtradas por uma camada tripla de gaze. Em seguida, separou-se alíquota de 40 mL, a qual foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise.

Do décimo primeiro ao décimo sexto 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 mordente à fibra, produzido conforme descrição de Udén et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras do volumoso fornecido.

Foram fornecidos, para cada animal, 100 g de fibra mordente, diretamente no rúmen, 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 e 144 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada (60°C/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/m²), obedecendo-se à relação de 20 mg de MS/cm² 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, 30, 36, 48, 72, 96 e 120 horas. A disposição das amostras em relação aos tempos de incubação foi realizada de forma inversa, permitindo 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 posteriormente analisadas em relação aos teores de FDN em equipamento analisador de fibras (TE 149/Tecnal).

As amostras de feno e sobras foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO) e PB, segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de FDN foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002), omitindo-se, contudo, as correções no tocante às cinzas insolúveis em detergente neutro.

As amostras de suplemento foram analisadas quanto aos teores de MS, MO e PB (Silva & Queiroz, 2002). A composição química da forragem e do suplemento é apresentada na Tabela 1.

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

Item	Feno	Suplemento
MS ¹	87,74	96,70
MO ²	94,35	98,75
PB ²	5,08	235,34
FDN ²	83,55	---

¹/% da matéria natural. ²/% da MS.

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, produzindo-se, ao final, valor único, representativo da média diária de concentração de NAR.

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

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

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

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 τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes ou tempo de trânsito intestinal (h).

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

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

$$TMRT = TMRR + \tau \quad (3);$$

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

Os perfis de degradação da FDN foram interpretados, por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) + I \quad (4);$$

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

A taxa fracional de degradação da FDN foi estimada a partir de λ utilizando-se as propriedades da distribuição $\Gamma(2)$ (Ellis et al., 1994):

$$kd = 0,59635 \times \lambda \quad (5);$$

em que: kd = taxa fracional de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (h^{-1}).

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

$$LAG = \frac{R(0) - R(t_i)}{R'(t_i)} + t_i \quad (6);$$

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

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

$$t_i = \frac{1}{\lambda} \quad (7).$$

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

$$Bp = \frac{B}{B + I} \quad (8);$$

$$Ip = \frac{I}{B + I} \quad (9).$$

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

$$FED = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [f(t) \times (-\frac{dRt}{dt})] dt \quad (10);$$

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

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

$$f(t) = (1 + L \times t) \times \exp(-L \times t) \quad (11).$$

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

$$RR_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Bp \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) \times (1 + L \times t) \times \exp(-L \times t)] dt \quad (12);$$

$$RR_2 = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [Ip \times (1 + L \times t) \times \exp(-L \times t)] dt \quad (13);$$

$$RR_t = RR_1 + RR_2 \quad (14).$$

em que: RR_t = efeito de repleção ruminal total (h); RR_1 = efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (h); e RR_2 = efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (h).

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5, com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais. Para efeito de interpretação dos efeitos de tratamentos empregaram-se os níveis médios de PB nas dietas equivalentes a cada nível de suplementação. O comportamento das médias foi interpretado com o auxílio de técnicas de regressão e correlação lineares (Myers, 1990). Todos os procedimentos de regressão não-linear aplicados para o ajustamento de modelos foram conduzidos segundo o algoritmo iterativo de Gauss-Newton (Souza, 1998).

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

Os níveis médios de PB nas dietas, produzidos a partir da razão entre consumo total de PB (forragem e suplemento) e o consumo total de MS, foram de 5,28%, 8,08%, 9,82%, 11,87% e 13,63%, com base na MS, para os níveis de suplementação 0, 3, 5, 7 e 9 pontos percentuais, respectivamente.

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas dos parâmetros das dinâmicas de degradação e trânsito ruminal e consumo de FDN e da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em função dos diferentes níveis de PB na dieta.

Os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sobre a fração potencialmente degradável da FDN (B_p) (Tabela 2) podem ser visualizados por intermédio da função *linear-response-plateau* (LRP) apresentada na Figura 1 ($P < 0,10$). Tal relação permite evidenciar a elevação de B_p ao patamar de 47,92% da FDN a partir do nível de 8,62% de PB na dieta. Comportamento similar, mas com relação linear inversa, foi verificado sobre as estimativas da fração indegradável padronizada da FDN (I_p) ($P < 0,10$) ($\hat{Y} = 88,8554 - 4,264X$; $\forall X \leq 8,6248$; $\hat{Y} = 52,0767$; $\forall X > 8,6248$; $R^2 = 0,9809$). Este comportamento se justifica pelo fato de B_p e I_p serem complementares.

Tabela 2 - Médias de quadrados mínimos e coeficientes de variação (CV) para as frações padronizadas potencialmente degradável (Bp - %) e indegradável (Ip - %) da FDN, taxa fracional de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (kd - h⁻¹), latência discreta (LAG - h), fração efetivamente degradada da FDN (FED - %), parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (L - h⁻¹), tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes (τ - h), tempo médio de retenção no rúmen-retículo (TMRR - h), tempo médio de retenção no trato gastrintestinal total (TMRT - h), efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (RR₁ - h), efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (RR₂ - h), efeito de repleção ruminal total da FDN (RR_t - h), consumo voluntário de FDN (CFDN - g/kg PV) e concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR - mg/dL) em função dos níveis de proteína bruta na dieta

Item	Nível de PB (%)					CV (%)
	5,28	8,08	9,82	11,87	13,63	
Bp	33,66	45,61	46,76	49,20	47,81	11,7
Ip	66,34	54,39	53,24	50,80	52,19	9,4
kd	0,1761	0,1826	0,1804	0,2158	0,1863	26,8
LAG	1,04	0,98	0,94	0,81	0,95	26,1
FED	32,97	44,92	46,08	48,38	47,03	11,9
L	0,0117	0,0152	0,0144	0,0150	0,0148	19,3
τ	6,10	5,93	6,58	6,77	6,79	17,1
TMRR	193,41	133,49	153,03	138,86	140,20	23,7
TMRT	199,51	139,42	159,61	145,63	146,99	23,3
RR ₁	2,14	2,92	2,86	2,56	3,01	30,0
RR ₂	115,85	70,92	75,88	68,47	72,04	21,2
RR _t	117,99	73,81	78,75	71,02	75,03	20,2
CFDN	12,48	14,97	15,82	16,45	15,23	14,2
NAR	4,03	11,22	10,39	17,43	24,54	74,1

Este comportamento aparentemente contradiz a definição de fração potencialmente degradável (e indegradável), uma vez que a dimensão desta é característica única e exclusiva do substrato (Ørskov, 2000), não podendo ser afetada por características do meio de crescimento microbiano.

Contudo, segundo Van Soest (1994), as exigências de compostos nitrogenados dos microrganismos ruminais deixam de ser atendidas em níveis dietéticos de PB inferiores a 6-8%, comprometendo a utilização dos substratos energéticos disponíveis. Desta forma, a queda da fração Bp da FDN em níveis inferiores a 8,62% de PB (aproximadamente 8%) não indica redução real, mas somente a transformação aparente de parte da fração potencialmente degradável em fração indegradável por deficiência de sistemas enzimáticos microbianos para degradar tal porção (Paulino et al., 2006; Sampaio, 2007). Assim, a dimensão real de Bp mantém-se constante,

independentemente das condições ruminais ou nível de proteína dietética, uma vez que é característica do substrato (Ørskov, 2000).

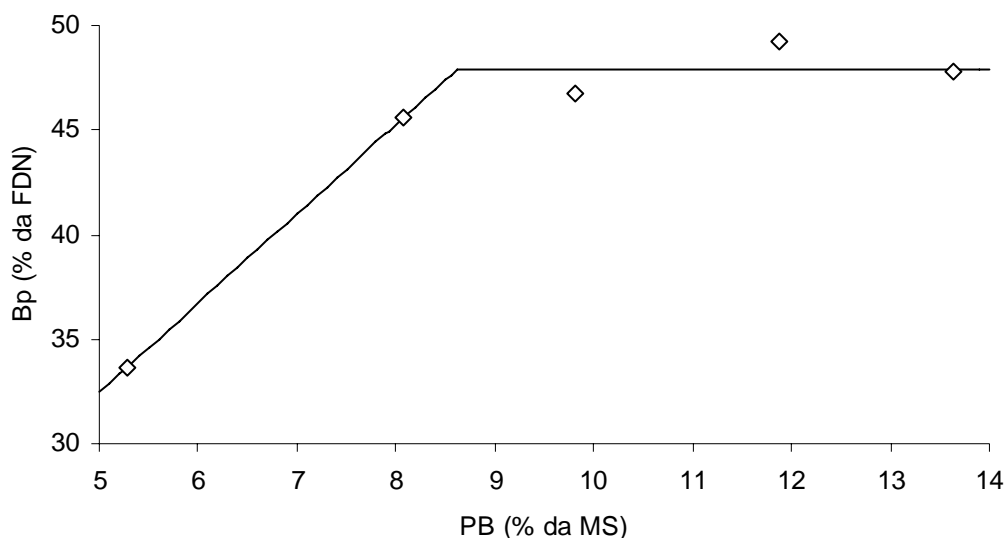


Figura 1 - Comportamento descritivo e função ajustada para a relação entre o nível de proteína bruta da dieta (PB) e a estimativa da fração potencialmente degradável padronizada (Bp) da FDN ($\hat{Y} = 11,1446 + 4,264X; \forall X \leq 8,6248; \hat{Y} = 47,9233; \forall X > 8,6248; R^2 = 0,9809$).

O comportamento verificado para as frações Bp e Ip corrobora os resultados obtidos por Sampaio (2007), que encontrou redução da fração potencialmente degradável da FDN oriunda de forragem de baixa qualidade em níveis protéicos dietéticos inferiores a 7%.

De forma similar, Ortiz-Rubio et al. (2007), ao trabalharem com bovinos alimentados com pontas de cana (5,38% de PB) recebendo níveis crescentes de compostos nitrogenados suplementares, verificaram ampliação da fração potencialmente degradável da MS da forragem basal em função da elevação do nível de PB na dieta, agregando aos resultados aqui obtidos.

Tais evidências reforçam o conceito de energia latente salientado por Paulino et al. (2001), que afirmaram que, em condições de carência de compostos nitrogenados na dieta, parte dos substratos energéticos da forragem potencialmente utilizáveis deixam de ser efetivamente aproveitados por deficiência dos sistemas enzimáticos microbianos.

Comumente, na interpretação da dinâmica de degradação ruminal assume-se que os eventos podem ser descritos por reação de primeira ordem, ou seja, estes são

dependentes de um único *pool* (Mertens, 2005), assumindo-se o substrato como limitante e o sistema enzimático microbiano como não-limitante. Desta forma, as características intrínsecas do substrato seriam os únicos determinantes do processo de degradação, considerando-se excesso de enzimas no meio (Sampaio, 2007).

Contudo, o comportamento verificado para Bp e Ip permite inferir que duas fases distintas de interpretação da dinâmica de degradação podem ser definidas. Em concentrações superiores a 8% de PB na dieta, a obtenção de estimativas da fração potencialmente degradável de forma integral (Figura 1) indica que não ocorreram limitações quanto ao *pool* enzimático no rúmen, caracterizando, portanto, reação de primeira ordem (Mertens, 2005).

Por outro lado, a obtenção de estimativas parciais de Bp em níveis de PB inferiores a 8% indica que o processo de degradação tornou-se limitado também em função dos sistemas enzimáticos no rúmen, e não só das características do substrato.

Desta forma, a elevação do teor de PB da dieta indica ser a dinâmica de degradação da FDN no rúmen processo de segunda ordem (ou processo cinético de *Michaelis-Menten*) (Detmann et al., 2005; Mertens, 2005), ou seja, a deficiência de sistemas enzimáticos em níveis inferiores a 8% de PB implica reações de ordem zero, as quais são convertidas em ordem um à medida que compostos nitrogenados são adicionados ao meio. Desta forma, a suplementação com compostos nitrogenados implica ampliação dos sistemas enzimáticos microbianos no ambiente ruminal (Sampaio, 2007).

Neste estudo, a concentração média diária de NAR (Tabela 2) apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,10$) em função dos níveis de PB da dieta ($\hat{Y} = -7,3945 + 2,0980X$; $r^2 = 0,9209$). A conversão do nível de PB na dieta em NAR por intermédio desta equação permite inferir que a estabilização na estimativa de Bp (Figura 1) ocorreu com o nível de 10,70 mg NAR/dL, a qual poderia ser interpretada como a concentração mínima necessária para manutenção adequada da atividade microbiana sobre a FDN da forragem basal.

Este valor converge à recomendação de Leng (1990) (10 mg/dL) para maximização da degradação ruminal em animais alimentados com forragens tropicais de baixa qualidade.

Verificou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) para a taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (kd) em função dos níveis de PB da dieta ($\hat{Y} =$

$0,1345 + 0,009149X - 0,00034176X^2$; $R^2 = 0,6769$), com ponto crítico (resposta máxima) localizado sobre o nível de 13,39% de PB.

Este comportamento corrobora os relatos de Satter & Slyter (1974), que afirmaram que a produção de proteína e o rendimento microbiano sobre o substrato energético (os quais são diretamente dependentes das taxas de degradação e crescimento microbiano) são incrementados com a elevação dos níveis de PB da dieta até limites em torno de 13 a 14%, sendo que, em níveis superiores a estes, incrementos na taxa de degradação não são mais obtidos.

As estimativas das taxas de degradação da FDN obtidas neste estudo encontram-se em patamares superiores aos comumente encontrados em forragens tropicais (Vieira et al., 1997; Casali, 2006). No entanto, estimativas similares às aqui relatadas foram obtidas por Sampaio (2007) ao alimentar bovinos com forragem tropical de baixa qualidade.

Ressalta-se que, tanto na presente situação experimental, como na situação avaliada por Sampaio (2007), observaram-se condições dietéticas atípicas, nas quais a FDN oriunda de forragem de baixa qualidade constituía, basicamente, a única fonte de carboidratos para o crescimento microbiano, com ingestão de carboidratos não-fibrosos (CNF) abaixo da contribuição metabólica fecal (Sampaio, 2007; Lazzarini et al., s.d.).

Sabe-se que a presença de CNF no meio de crescimento microbiano implica efeitos negativos sobre a degradação da FDN, fenômeno denominado “efeito carboidrato” (Mould et al., 1983; Arroquy et al., 2005; Costa, 2006), fato que parece estar associado à liberação de compostos inibidores pelos microrganismos que degradam o amido (El-Shazly et al., 1961) ou a competições por substratos essenciais entre grupos de espécies microbianas (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Desta forma, as condições ruminais conferidas neste estudo e no trabalho conduzido por Sampaio (2007) poderiam ter conduzido à eliminação do “efeito carboidrato”, fato que teria permitido o desenvolvimento predominante de bactérias fibrolíticas, sem a presença de interações de inibição ou competição com bactérias que degradam CNF, e permitido a elevação das taxas de degradação.

Contudo, ressalta-se que, mesmo apresentando estimativas elevadas, a tendência observada em função dos níveis de PB, como discutido anteriormente, garante a observação de estímulos sobre o crescimento dos microrganismos com a suplementação com compostos nitrogenados (Tabela 2).

Não foram verificados efeitos dos níveis de PB na dieta sobre as estimativas de latência discreta ($P > 0,10$) (Tabela 2).

O comportamento da fração efetivamente degradada da FDN (FED) (Tabela 2) em função dos níveis de PB pode ser visualizado por intermédio da função LRP apresentada na Figura 2 ($P < 0,10$). Evidenciou-se a elevação da FED ao patamar de 47,30% da FDN a partir do nível de 8,63% de PB na dieta, complementando as afirmações relacionadas ao comportamento de Bp.

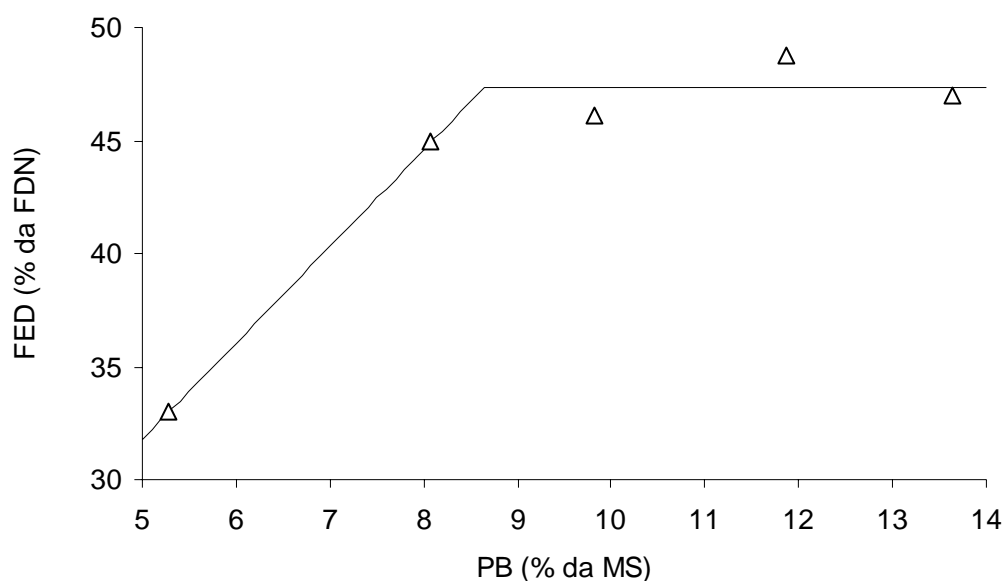


Figura 2 - Comportamento descritivo e função ajustada para a relação entre o nível de proteína bruta da dieta (PB) e a estimativa da fração efetivamente degradada da FDN (FED) ($\hat{Y} = 10,4357 + 4,268X; \forall X \leq 8,6384; \hat{Y} = 47,3033; \forall X > 8,6384; R^2 = 0,9760$).

Segundo Paulino et al. (2006), embora a fração potencialmente degradável da FDN possa ser contabilizada como recurso energético para produção animal, deve-se relevar que esta constitui conceito assintótico, ou seja, somente pode ser considerado válido se avaliado sob escala de tempo infinita.

Contudo, em termos práticos, os eventos de degradação ruminal ocorrem em escalas de tempo finitas. Assim, a otimização dos recursos nutricionais basais, no contexto da interação com os recursos dos suplementos, deve se calcar na máxima aproximação entre a fração efetivamente degradada (FED) e a fração potencialmente degradável da FDN (Bp), sem, contudo, implicar comprometimento sobre o consumo voluntário (Paulino et al., 2006).

A relação entre o fluxo ruminal de partículas fibrosas (L) (Tabela 2) e o nível de PB na dieta apresentou relação LRP ($P < 0,10$), com ponto crítico para o início do platô localizado sobre o nível de 7,68% de PB (Figura 3). Este comportamento parece refletir a ampliação aparente em I_p em função da deficiência de compostos nitrogenados no ambiente ruminal, uma vez que a fração indegradável apresenta, naturalmente, maior efeito de repleção ruminal, pois somente pode deixar o rúmen por passagem, ao contrário do observado para a fração potencialmente degradável, a qual é retirada do ambiente ruminal por passagem e degradação (Waldo et al., 1972).

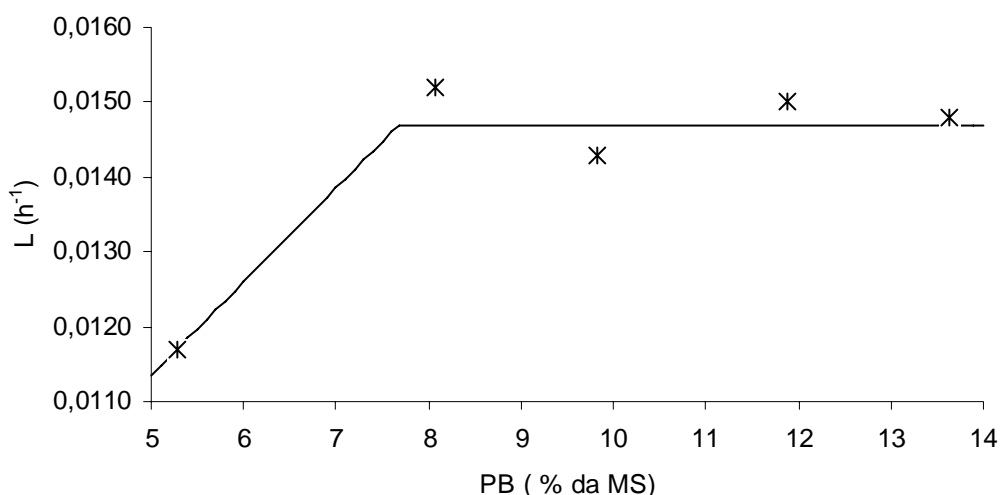


Figura 3 - Comportamento descritivo e função ajustada para a relação entre o nível de proteína bruta da dieta (PB) e a estimativa do parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas (L) ($\hat{Y} = 0,0051 + 0,00125X$; $\forall X \leq 7,6800$; $\hat{Y} = 0,0147$; $\forall X > 7,6800$; $R^2 = 0,9637$).

Por serem parâmetros obtidos a partir da recíproca de L (Equações 2 e 3) o tempo médio de retenção no rúmen-retículo ($\hat{Y} = 30,64020 - 21,400X$; $\forall X \leq 7,5875$; $\hat{Y} = 144,0300$; $\forall X > 7,5875$; $R^2 = 0,9484$) e o tempo médio de retenção total ($\hat{Y} = 312,8226 - 21,461X$; $\forall X \leq 7,5524$; $\hat{Y} = 150,7433$; $\forall X > 7,5524$; $R^2 = 0,9493$) apresentaram comportamento similar ao fluxo de partículas ($P < 0,10$), ao passo que, o tempo médio de trânsito no intestino (τ) não foi influenciado pelos níveis de PB na dieta ($P > 0,10$) (Tabela 2).

Os níveis de PB na dieta não influenciaram ($P > 0,10$) o efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (RR_1), possível reflexo das altas taxas de degradação observadas (Tabela 2). Todavia, o efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (RR_2) apresentou relação

LRP com os níveis de PB ($P < 0,10$), com ponto crítico para o início do platô localizado sobre o nível de 8,00% de PB (Figura 4). Como o efeito de repleção ruminal total da FDN (RR_t) é composto pela soma das variáveis RR_1 e RR_2 , e a segunda compõe maior porção de RR_t (Tabela 2), verificou-se comportamento similar a RR_2 para RR_t ($\hat{Y} = 201,3009 - 15,779X$; $\forall X \leq 8,0088$; $\hat{Y} = 74,9333$; $\forall X > 8,0088$; $R^2 = 0,9805$).

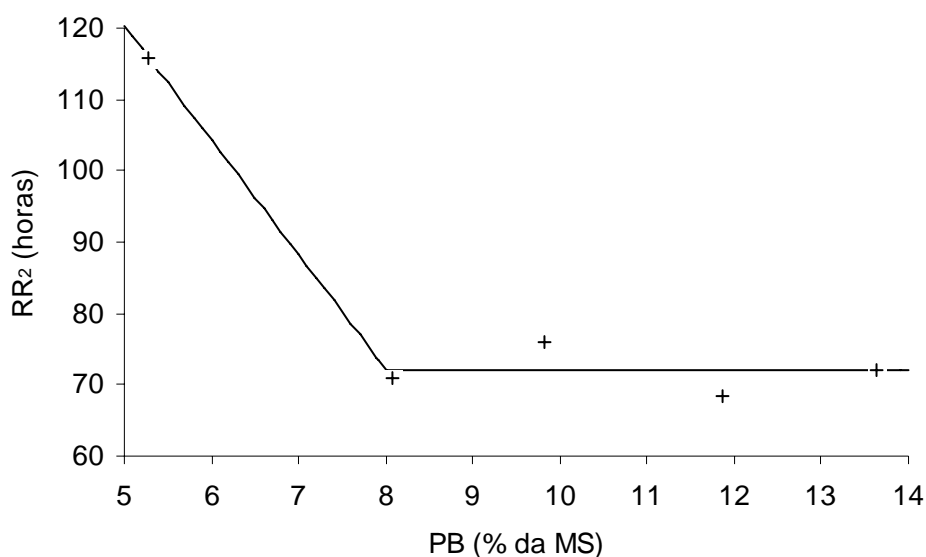


Figura 4 - Comportamento descritivo e função ajustada para a relação entre o nível de proteína bruta da dieta (PB) e a estimativa do efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (RR_2) ($\hat{Y} = 200,5751 - 16,0460X$; $\forall X \leq 8,0046$; $\hat{Y} = 72,1300$; $\forall X > 8,0046$; $R^2 = 0,9826$).

O desaparecimento da FDN do ambiente ruminal constitui processo tempo-dependente, no qual se integram as velocidades de degradação da fração potencialmente degradável da FDN e de retirada das frações não-degradada e indegradável da FDN (FDNi) 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). Neste contexto, a dinâmica do desaparecimento da FDN do ambiente ruminal pode ser mensurada de forma integrada por intermédio de sua capacidade de repleção ruminal (Waldo et al., 1972).

Pressupondo-se condições de *steady state* no ambiente ruminal, pode-se assumir que em dietas com predomínio de alimentos fibrosos, como em animais em pastejo nos trópicos, a massa residente de FDN no rúmen seja representada por um

valor constante (Ellis et al., 1994). Desta forma, novas entradas de substratos fibrosos oriundos da forragem basal somente ocorrerão quando parte da massa residente seja removida do ambiente por degradação ou passagem (Paulino et al., 2006). Assim, a maximização da utilização da FDN potencialmente degradável disponível ao pastejo tem como ponto primário a maximização de seu *input* no ambiente ruminal, o qual pode também ser entendido como a minimização do efeito de repleção ruminal (Sampaio, 2007).

Segundo os resultados expressos na Tabela 2, verifica-se que RR_2 representou de 96,0 a 98,2% de RR_t . Logo, para que se eleve o consumo de FDN da forragem basal, a dinâmica ruminal da fração indegradável da FDN deve ser considerada prioritária no entendimento da interação entre forragem e suplemento.

Embora tenha se verificado estabilidade em RR_2 a partir de 8% de PB, os resultados aqui obtidos indicam que a maximização do consumo de FDN (CFDN) ocorreu sobre 11,08% de PB ($\hat{Y} = 6,8116 + 1,65517X - 0,07467X^2$; $R^2 = 0,9602$). Resultados similares foram obtidos por Sampaio (2007). Em adição, Sampaio (2007) e Lazzarini et al. (s.d.) evidenciaram que o consumo de FDNi oriundo de forragem de baixa qualidade foi maximizado em níveis entre 10 e 11% de PB. Assim, este comportamento corrobora o fato de a retirada dos resíduos indegradáveis assumir papel preponderante na maximização do consumo de forragem de baixa qualidade (Sampaio, 2007).

Segundo Paulino et al. (2006), o consumo de FDN da forragem basal deve ser maximizado em sistemas de produção de animais em pastejo, uma vez que constitui a fonte de energia de menor custo.

Neste contexto, a inspeção das correlações lineares entre as variáveis avaliadas neste estudo (Tabela 3) permitiu evidenciar que o CFDN mostrou-se positivamente correlacionado ($P < 0,10$) com a taxa de passagem ruminal de partículas fibrosas (L), o que implicou, indiretamente, em associação negativa com o efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN ($P < 0,10$). Este comportamento indica que a retirada de FDNi do sistema ruminal parece constituir meta prioritária para a ampliação do consumo de FDN a partir de forragens basal de baixa qualidade.

Por outro lado, a correlação positiva ($P < 0,10$) entre a concentração de NAR e a taxa de passagem de partículas fibrosas implicou diretamente na observação de associação positiva ($P < 0,10$) entre NAR e CFDN (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis consumo de FDN (CFDN - g/kg PV) e concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR - mg/dL) e fração padronizada potencialmente degradável da FDN (Bp - %), fração padronizada indegradável da FDN (Ip - %), taxa fracional de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (kd - h⁻¹), latência discreta (Lag - h), parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas (L - h⁻¹), tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes (τ - h), tempo médio de retenção no rúmen - retículo (TMRR - h), tempo médio de retenção no trato gastrointestinal total (TMRT - h), fração efetivamente degradada da FDN (FED - %), efeito de repleção ruminal atribuído à fração potencialmente degradável da FDN (RR₁ - h), efeito de repleção ruminal atribuído à fração indegradável da FDN (RR₂ - h) e efeito de repleção ruminal total (RR_t - h)

Variável	Variável ^{1 2}	
	CFDN	NAR
Bp	0,3951 <i>0,1299</i>	0,3832 <i>0,1429</i>
Ip	-0,3951 <i>0,1299</i>	-0,3832 <i>0,1429</i>
kd	-0,0262 <i>0,9233</i>	-0,2528 <i>0,3449</i>
Lag	0,0302 <i>0,9116</i>	0,3240 <i>0,2158</i>
L	0,6317 <i>0,0087</i>	0,6263 <i>0,0094</i>
τ	-0,2325 <i>0,3862</i>	-0,1169 <i>0,6663</i>
TMRR	-0,6269 <i>0,0093</i>	-0,6366 <i>0,0080</i>
TMRT	-0,6253 <i>0,0096</i>	-0,6318 <i>0,0087</i>
FED	0,3884 <i>0,1371</i>	0,3602 <i>0,1596</i>
RR ₁	0,3059 <i>0,2493</i>	0,5773 <i>0,0192</i>
RR ₂	-0,6240 <i>0,0098</i>	-0,5723 <i>0,0205</i>
RR _t	-0,6236 <i>0,0098</i>	-0,5626 <i>0,0233</i>
CFDN	---	0,5857 <i>0,0171</i>

^{1/} Os valores sub-escritos correspondem aos níveis descritivos de probabilidade para o erro tipo I associado às hipóteses: H₀: $\rho = 0$ e H_a: $\rho \neq 0$.

^{2/} As estimativas de correlações foram ajustadas para os efeitos fixos de animal e período.

Desta forma, a associação do comportamento das correlações acima descritas indica que a suplementação com compostos nitrogenados, ao implementar níveis adequados de NAR, favorece a otimização do consumo voluntário de substratos fibrosos oriundos de forragem basal de baixa qualidade principalmente por

influenciar negativamente o efeito de repleção ruminal da fração indegradável da FDN.

Conclusões

Níveis de proteína bruta próximos a 8%, com base na matéria seca, são necessários para que os microrganismos ruminais apresentem capacidade plena de utilização dos componentes fibrosos de forragem basal de baixa qualidade.

A taxa de passagem de partículas fibrosas e, conseqüentemente, o efeito de repleção ruminal da fibra em detergente neutro indigestível constituem os principais entraves ao consumo de componentes fibrosos, o qual é otimizado sob níveis protéicos próximos a 11%.

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 carbohydrates on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.93-106, 2005.
- CASALI, A.O. **Procedimentos metodológicos *in situ* na avaliação do teor de compostos indigestíveis em alimentos e fezes de bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- 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.
- COELHO da SILVA, J.F., LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- 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.; 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, 2005.
- 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.
- 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.
- GUTHRIE, M.J.; WAGNER, D.G. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization and passage rate of prairie hay in steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1529-1537, 1988.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Consumo e digestibilidade em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, s.d. (submetido).
- 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.
- 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. 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.
- MYERS, R.H. **Classical and modern regression with applications**. Boston: PWS-Kent Publishing Co, 1990. 488p.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. 2. The effect of dietary additions of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. **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.
- 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.; 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. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2006. p.359-392.

- 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*).
- 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.
- 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 Agricultural**, v.31, p.625-632, 1980.
- Van MILGEN, J.; MURPHY, M.R.; BERGER, L.L. et al. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, A.M. et al. The influence of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.
- 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

Níveis mínimos de 7 a 8% de proteína bruta, com base na matéria seca, são necessários para que não haja comprometimento do crescimento microbiano e, conseqüentemente, para que os microrganismos ruminais apresentem capacidade plena de utilização dos componentes fibrosos de forragem basal de baixa qualidade.

A taxa de passagem de partículas fibrosas e, conseqüentemente, o efeito de repleção ruminal da fibra em detergente neutro indigestível constituem os principais entraves ao consumo de componentes fibrosos de forragens tropicais de baixa qualidade, o qual é otimizado sob níveis protéicos próximos a 11%.