

## Níveis de Proteína em Suplementos para Terminação de Bovinos em Pastejo Durante o Período de Transição Seca/Águas: Digestibilidade Aparente e Parâmetros do Metabolismo Ruminal e dos Compostos Nitrogenados

Edenio Detmann<sup>1</sup>, Mário Fonseca Paulino<sup>2</sup>, Sebastião de Campos Valadares Filho<sup>3</sup>, Paulo Roberto Cecon<sup>4</sup>, Joanis Tilemahos Zervoudakis<sup>5</sup>, Luciano da Silva Cabral<sup>5</sup>, Lúcio Carlos Gonçalves<sup>6</sup>, Rilene Ferreira Diniz Valadares<sup>7</sup>

**RESUMO** - Avaliaram-se aspectos das digestibilidades aparente total e parcial e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados em novilhos mestiços suplementados durante a fase de transição entre os períodos seco e chuvoso. Foram utilizados cinco novilhos mestiços holandês x zebu com idade e peso médios iniciais de 24 meses e 304 kg, manejados em cinco piquetes de *B. decumbens* (0,34 ha). Foram fornecidos suplementos (4 kg/animal/dia) constituídos por fubá de milho, grão de soja integral, uréia, sulfato de amônia e mistura mineral, sendo formulados para apresentarem níveis de 12; 16; 20 e 24% de proteína bruta (PB), com base na matéria natural. O experimento foi conduzido em quatro períodos experimentais de 21 dias, sendo analisado por delineamento em quadrado latino 4x4. O quinto animal foi mantido sem suplementação e utilizado como medida de comparação descritiva (SAL). Não foram observados efeitos da composição dos suplementos sobre a digestibilidade total e parcial da matéria seca, matéria orgânica (MO) e fibra em detergente neutro e sobre os fluxos abomasais de nitrogênio (N) total, amoniacal e microbiano (NMIC). Os níveis de N amoniacal ruminal foram incrementados linearmente pela elevação dos níveis de PB dos suplementos. A eficiência de síntese microbiana apresentou valor médio de 17,5 g NMIC/kg MO fermentada no rúmen (MOFR) para os suplementos, sendo superior a SAL (10,6 g NMIC/kg MOFR). A elevação dos níveis de PB dos suplementos incrementou cubicamente a excreção urinária de uréia.

Palavras-chave: capim-braquiária, compostos nitrogenados, nitrogênio amoniacal ruminal, digestibilidade parcial, pH ruminal

## Effects of Feeding Different Protein Levels of Supplements to Finishing Cattle in Pasture During the Dry to Rainy Transition Season on Apparent Digestibility and Metabolism of Ruminal and Nitrogenous Compounds

**ABSTRACT** - The objective of this trial was to evaluate ruminal, intestinal, and total tract apparent digestibilities of nutrients as well as metabolism of ruminal and nitrogenous compounds in supplemented finishing cattle during the drought to rainy transition season. Five Holstein x Zebu steers averaging 304 kg of live weight and 24 months of age located in five paddocks (0.34 ha each) of *Brachiaria decumbens* were used in this trial. The supplements fed (4 kg/animal/day) contained ground corn, whole soybean, urea, ammonium sulfate, and minerals and were formulated to yield, on as fed basis, 12, 16, 20, and 24% of crude protein (CP). Four animals were assigned to a 4 x 4 Latin square with experimental periods lasting 21 days. The remaining animal was not supplemented and was used for comparative purposes (CONT). No significant differences in ruminal, intestinal, and total tract apparent digestibilities of dry matter, organic matter, and neutral detergent fiber were observed by increasing the CP contents of the supplements. Similarly, abomasal flows of total nitrogen, ammonia nitrogen, and microbial nitrogen (MICN) did not differ when the CP contents of the supplements were increased. However, concentration of ruminal ammonia nitrogen increased linearly by incrementing the CP content of the supplement from 12 to 24%. Microbial efficiency averaged 17.5 g of MICN/kg of organic matter fermented in the rumen (OMFR) across supplements and was higher than that of the CONT (10.6 g of MICN/kg of OMFR). In addition, it was observed a significant cubic effect for urinary excretion of urea by increasing the CP contents of the supplements.

Key Words: nitrogenous compounds, partial digestibility, rumen ammonia nitrogen, rumen pH, signalgrass

<sup>1</sup> Zootecnista, D.Sc., Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 36571-000. Bolsista do CNPq (detmann@ufv.br)

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, D.Sc., Professor Adjunto, DZO-UFV, Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Zootecnista, D.Sc., Professor Titular, DZO-UFV, Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, D.Sc., Professor Adjunto, Departamento de Informática, UFV, Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Zootecnista, D.Sc., Professor Adjunto, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, D.Sc., Professor Adjunto, Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte-MG, Bolsista do CNPq.

<sup>7</sup> Med. Veterinária, D.Sc., Professora Adjunto, Departamento de Veterinária, UFV, Bolsista do CNPq.

## Introdução

Como indicativo de eficiência de aproveitamento alimentar, a digestibilidade dos diferentes componentes dos alimentos apresenta forte relação com o fornecimento de compostos nitrogenados suplementares sob condições de forragem de baixa qualidade (Mathis et al., 2000), o que pode ser atribuído à deficiência global de compostos nitrogenados apresentada por gramíneas tropicais durante o período seco.

Contudo, com o início do período de chuvas, a presença de rebrotações nas forrageiras disponíveis ao pastejo implica em elevação significativa da disponibilidade nitrogenada, que se constitui, em grande parte, por compostos nitrogenados de alta degradabilidade ruminal, que permitem a manutenção de níveis adequados de nitrogênio no rúmen, sem, contudo, garantir fluxo adequado de proteína verdadeira ao intestino (Poppi & McLennan, 1995). Assim, embora as deficiências nutricionais nestes períodos sejam relacionadas principalmente à proteína, a mudança de estação seca para chuvosa altera o enfoque dado a esta deficiência, transformando-a de dietética em metabólica (Detmann et al., 2005).

Neste contexto, destaca-se o fornecimento adequado dos requerimentos protéicos metabolizáveis como meta primária em sistemas de produção a pasto, tornando-se, contudo, necessário o entendimento do fluxo de compostos nitrogenados no metabolismo animal, de forma a identificar os pontos de estrangulamento à ampliação da produção e as interações com alimentos e nutrientes suplementares.

Dessa forma, estabeleceram-se como objetivos neste trabalho avaliar os efeitos de diferentes níveis de proteína bruta (PB) em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços manejados em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante a fase de transição entre os períodos de seca e de chuvas sobre: as digestibilidades aparente total e parcial da matéria seca (MS), da matéria orgânica (MO), da PB, da fibra em detergente neutro (FDN) e dos carboidratos totais (CT) e não-fibrosos (CNF); o fluxo de compostos nitrogenados no abomaso; o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR); a eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen e as perdas nitrogenadas urinárias.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Capinópolis, localizado na macro-região do Pontal do Triângulo no Estado de Minas Gerais.

A área experimental foi constituída de cinco piquetes de 0,34 hectares cada, cobertos uniformemente com a gramínea *Brachiaria decumbens* Stapf., providos de bebedouro e comedouro.

Avaliaram-se suplementos constituídos por fubá de milho, soja grão integral, uréia, sulfato de amônia e mistura mineral, balanceados, segundo análise prévia, para apresentarem os níveis de 12; 16; 20 e 24% de PB, com base na matéria natural, os quais constituíram os tratamentos S12; S16; S20 e S24, respectivamente. Fixou-se em 3:1 a relação entre os compostos nitrogenados oriundos de alimentos concentrados e aqueles fornecidos pela mistura uréia/sulfato de amônia (9:1). Os suplementos foram fornecidos diariamente na quantidade de 4 kg/animal às 10h, proporcionando-se acesso irrestrito à água e mistura mineral em todos os tratamentos. Instalou-se, paralelamente, tratamento controle (SAL), no qual forneceu-se exclusivamente mistura mineral. A composição dos suplementos encontra-se na Tabela 1.

Foram utilizados cinco novilhos  $\frac{1}{2}$  Holandês x Zebu não-castrados, com idade e peso médios iniciais de 24 meses e 304 kg, fistulados no esôfago, rúmen e abomaso.

O experimento constou de quatro períodos experimentais com 21 dias de duração cada (os sete primeiros foram destinados à adaptação dos animais), conduzidos entre agosto e novembro de 2000. Maiores detalhes quanto à caracterização climática e quantitativa da pastagem podem ser verificados em Detmann et al. (2005).

A avaliação da composição da dieta ingerida pelos animais foi realizada no quinto e no 21º dias de cada período experimental por amostras de extrusa esofágica, conforme especificações de Detmann et al. (2005).

Do 8º ao 13º dia do período experimental realizaram-se coletas de digesta abomasal, as quais serviram como base para estimação dos compostos degradados no rúmen e da síntese de proteína microbiana. A amostragem atendeu a distribuição: 8º dia – 18h; 9º dia – 16h; 10º dia – 14h; 11º dia – 12h; 12º dia – 10h; e 13º dia – 8h. Após secagem em estufa de ventilação

Tabela 1 - Composição alimentar percentual, níveis de proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR) e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos suplementos, com base na matéria natural

Table 1 - Feed composition, crude protein (CP), rumen degradable protein (RDP) and total digestible nutrients (TDN) levels of the supplements, as-fed basis

Item	Tratamento Treatment				
	SAL	S12	S16	S20	S24
	Composição percentual Composition (%)				
Fubá de milho <i>Corn grain</i>	-	95,2	83,4	71,5	59,7
Grão de soja integral <i>Whole soybean grain</i>	-	2,6	14,1	25,6	37,0
U:SA (9:1) <sup>1</sup> U:AS (9:1) <sup>1</sup>	-	1,2	1,5	1,9	2,3
Mistura mineral <sup>2</sup> <i>Mineral mixture</i> <sup>2</sup>	100,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Teor de nutrientes Nutrient contents				
PB (%) <i>CP (%)</i>	0	12	16	20	24
PDR <sup>3,4</sup> <i>RDP</i> <sup>3,4</sup>	0	71,1	74,4	77,0	78,4
NDT (%) <sup>5</sup> <i>TDN (%)</i> <sup>5</sup>	0	77,6	77,8	78,0	78,3

<sup>1</sup> U:SA - uréia; sulfato de amônia.<sup>2</sup> Composição percentual: fosfato bicálcico, 48,61; cloreto de sódio, 48,61; sulfato de zinco, 1,46; sulfato de cobre, 0,72; sulfato de magnésio, 0,50; sulfato de cobalto, 0,05; e iodato de potássio, 0,05.<sup>3</sup> % da PB (% CP).<sup>4</sup> Determinado segundo estimativas de parâmetros de degradação ruminal relatadas por NRC (2001), pressupondo-se taxa de passagem de 0,05 h<sup>-1</sup>.<sup>5</sup> Estimado segundo NRC (1984).<sup>1</sup> U:AS - urea; ammonium sulfate.<sup>2</sup> Composition (%): bicalcium phosphate, 48.61; sodium chloride, 48.61; zinc sulfate, 1.46; copper sulfate, 0.72; magnesium sulfate, 0.50; cobalt sulfate, 0.05; and potassium iodine, 0.05.<sup>4</sup> Obtained according to the NRC (2001) model, assuming a rate of passage of 0.05 h<sup>-1</sup>.<sup>5</sup> It was estimated according to the NRC (1984) model.

forçada (60°C - 72 horas), as amostras foram processadas em moinho do tipo Willey (1 mm) e compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal/período e armazenadas em frascos de polietileno, para posterior análise. Anteriormente à secagem, retirou-se de cada amostra alíquota de 25 mL, destinada à avaliação da concentração de nitrogênio (N) amoniacal.

Para avaliação do pH e da concentração de NAR, realizaram-se, no 13<sup>o</sup> dia do período experimental, coletas de líquido ruminal imediatamente antes da suplementação e 2, 4 e 6 horas após o fornecimento dos suplementos (10h, 12h, 14h e 16h, respectivamente). As amostras foram tomadas na região de interface líquido/sólido do ambiente ruminal e filtradas em uma camada tripla de gaze. Uma alíquota de 40 mL, adicionada de 1 mL de ácido clorídrico (1:1), foi acondicionada em frasco de vidro com tampa de polietileno, identificada e congelada a -20°C.

Ao 14<sup>o</sup> dia do período experimental, realizou-se a coleta de líquido ruminal com o objetivo de isolar microrganismos ruminais, imediatamente antes e 6 horas após o fornecimento dos suplementos, conforme técnica descrita por Cecava et al. (1990). As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas a -20°C, após a adição de formaldeído (PA), na proporção de 10 mL/L, como agente conservante.

No 15<sup>o</sup> dia de cada período experimental, procedeu-se à coleta de urina, obtendo-se amostras "spot" durante micção espontânea dos animais, aproximadamente quatro horas após o fornecimento dos suplementos. As amostras foram imediatamente filtradas em papel de filtro, diluídas, na proporção de 1:9, em ácido sulfúrico (0,036 N) (Valadares et al., 1999), acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas a -20°C.

A estimativa da excreção fecal e da cinética de trânsito de partículas foi feita com o fornecimento, em dose única, de cromo mordente à fibra, produzido

conforme descrição de Udén et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras de simulação manual de pastejo, obtidas entre o quinto e o 10º dia de cada período experimental. Para simulação do processo inicial de mastigação, as amostras de pastejo simulado foram submetidas a um processamento triplice em moinho tipo Willey, sem a presença de peneira. Foram fornecidos, por animal, 100 g de fibra mordantada no 16º dia do período experimental, às 8 h. As amostras fecais foram tomadas nos tempos 0; 6; 12; 18; 24; 30; 36; 42; 48; 60; 84; 108 e 144 horas após o fornecimento do indicador (Detmann et al., 2001a), sendo, posteriormente, secas em estufa de ventilação forçada (60°C - 72 horas), processadas em moinho tipo Willey (1 mm) e acondicionadas individualmente em frascos de polietileno. Em seguida, retiraram-se, de cada amostra, alíquotas de 3 g, as quais foram compostas por animal/período.

Posteriormente, as amostras de fezes e fibra mordente foram analisadas individualmente quanto aos teores de matéria seca (AOAC, 1990) e cromo (Willians et al., 1962). Ajustou-se às curvas de excreção fecal do indicador o modelo não-linear, gama 2, tempo-dependente (France et al., 1988):

$$C_t = Z(t - \tau)L^2 \exp[-L(t - \tau)] \quad (1)$$

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

A excreção diária de matéria seca fecal foi estimada pela equação (France et al., 1988):

$$EF = (D/Z) \times 24 \quad (2)$$

em que: EF = excreção fecal (kg/dia); D = dose de cromo (mg); e Z como definido anteriormente.

As projeções de consumo e fluxo abomasal de matéria seca foram obtidas pela relação entre excreção fecal diária e concentrações dietética e abomasal de FDN indigestível (Detmann et al., 2005).

As amostras de suplementos, compostas fecais e abomasais e extrusas foram avaliadas quanto aos teores de MS, MO, PB, extrato etéreo (EE), cinzas (AOAC, 1990) e FDN (Van Soest & Robertson,

1985) (Tabela 2). Os teores totais de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP) nas amostras de suplementos e extrusas foram estimados pela diferença entre nitrogênio (N) total e N precipitável em ácido tricloroacético (Licitra et al., 1996).

Os teores de N amoniacal no líquido ruminal e em amostras líquidas de digesta abomasal foram avaliados pelo sistema micro-Kjeldahl, sem digestão ácida da amostra e utilizando-se como base para destilação o hidróxido de potássio (2N), após centrifugação da amostra a 1.000 x g, por 15 minutos.

A quantificação da biomassa microbiana nas amostras do rúmen e do abomaso foi feita utilizando-se as bases púricas como indicadores (Ushida et al., 1985). A eficiência de síntese microbiana foi expressa pelas unidades: g de N microbiano por kg de carboidratos degradados no rúmen (CHODR); de MO aparentemente degradada no rúmen (MODR) e de MO fermentada no rúmen (MOFR). O total de MOFR foi estimado pela diferença entre o consumo total de MO e o fluxo diário abomasal de matéria orgânica não-microbiana.

As amostras urinárias foram analisadas quanto aos teores de creatinina e uréia, empregando-se kits comerciais. Estimou-se o volume urinário diário pela relação entre a excreção diária de creatinina, adotando-se o padrão de 27,36 mg/kg PV (Rennó et al., 2000), e sua concentração nas amostras "spot". Dessa forma, assumiu-se a excreção urinária diária de uréia como o produto entre sua concentração nas amostras "spot" e o valor estimado de volume urinário.

O experimento foi analisado em delineamento em quadrado latino balanceado para efeitos residuais de tratamentos (Cochran & Cox, 1957). As avaliações das variáveis pH e concentração ruminal de amônia foram feitas mediante subdivisão de parcelas em função dos tempos de avaliação (split-plot no tempo) (Steel et al., 1997). As comparações entre níveis de proteína nos suplementos foram conduzidas por decomposição da soma de quadrados de tratamentos em contratos ortogonais relativos aos efeitos linear, quadrático e cúbico ( $\alpha = 0,10$ ), com subsequente ajustamento de equações de regressão linear. A SAL destinou-se o mesmo animal, em mesmo piquete, durante todo o período experimental, que foi utilizado como medida de comparação descritiva.

Tabela 2 - Composição química de extrusa esofágica e dos suplementos, com base na matéria seca  
 Table 2 - Chemical composition of esophageal extrusa and supplements, dry matter basis

Item <sup>1</sup>	Extrusa		Suplementos ( <i>Supplements</i> )			
	Média <i>Mean</i>	EPM <sup>2</sup> <i>SEM</i> <sup>2</sup>	S12	S16	S20	S24
MS (%)	12,82	0,168	87,03	87,34	87,37	87,68
DM (%)						
Cinzas <sup>3</sup> <i>Ash</i> <sup>3</sup>	114,3	4,527	21,6	28,6	33,4	37,6
MO <sup>3</sup> <i>OM</i> <sup>3</sup>	885,7	4,527	978,4	971,4	966,6	962,4
PB <sup>3</sup> <i>CP</i> <sup>3</sup>	109,9	8,832	147,0	188,2	229,9	274,0
NNP <sup>4</sup> <i>NPN</i> <sup>4</sup>	39,6	1,321	50,5	51,2	56,6	52,9
EE <sup>3</sup> <i>EE</i>	19,2	0,236	48,3	62,3	79,6	84,9
CT <sup>3, 5</sup> <i>TC</i> <sup>3, 5</sup>	756,5	10,612	783,1	720,9	657,1	603,5
FDN <sup>3</sup> <i>NDF</i> <sup>3</sup>	564,4	14,635	74,8	80,0	87,1	98,8
FDNi <sup>3</sup> <i>INDF</i> <sup>3</sup>	121,0	8,348	6,3	5,9	7,7	6,8
CNF <sup>3, 6</sup> <i>NFC</i> <sup>3, 6</sup>	192,1	5,835	708,3	640,8	570,0	504,7

<sup>1</sup> MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; NNP – compostos nitrogenados não-protéicos; EE – extrato etéreo; CT – carboidratos totais; FDN – fibra em detergente neutro; FDNi – fibra em detergente neutro indigestível; CNF – carboidratos não-fibrosos.

<sup>2</sup> EPM – erro-padrão da média.

<sup>3</sup> g/kg MS (*g/kg DM*).

<sup>4</sup> % dos compostos nitrogenados totais.

<sup>5</sup> CT = 1000 - (PB + EE + Cinzas).

<sup>6</sup> CNF = CT - FDN (*NFC = TC - NDF*).

<sup>1</sup> DM – dry matter. OM – organic matter; CP – crude protein; NPN – nonprotein nitrogenous compounds; EE – ether extract; TC – total carbohydrates; NDF – neutral detergent fiber; iDNF – indigestible neutral detergent fiber; NFC – nonfiber carbohydrates.

<sup>2</sup> SEM – standard error of mean.

<sup>4</sup> % of total nitrogen compounds.

<sup>5</sup> TC = 1000 - (CP + EE + Ash).

## Resultados e Discussão

O pH ruminal não foi influenciados pelos tratamentos ( $P > 0,10$ ) ou pela interação tempo x tratamentos ( $P > 0,10$ ), observando-se, para todos os tratamentos, valores médios acima de 6,0-6,1 (Tabela 3). Sabe-se que, abaixo desta faixa, existem efeitos deletérios sobre a degradação fibrosa (Mould et al., 1983) (Tabela 3). Por outro lado, detectou-se efeito cúbico ( $P < 0,05$ ) em função do tempo pós-suplementação, com maior valor estimado (6,54) 1,9 hora após o fornecimento dos suplementos (Tabela 3). O perfil médio observado contraria o comportamento de redução (DelCurto et al., 1990; Detmann et al., 2001b) ou estabilidade (Santos, 2001) desta variável, normalmente relatados em função do fornecimento de suplementos.

Por sua vez, não se verificou efeito ( $P > 0,10$ ) de interação entre suplementos e tempo pós-suplementação sobre a variável concentração de NAR, observando-se, contudo influência linear ( $P < 0,01$ ) e positiva dos níveis protéicos dos suplementos (Tabela 3), o que reflete diretamente a contribuição do N suplementar frente ao N dietético total (Obara et al., 1991; Mathis et al., 2000). Por outro lado, em função do tempo pós-suplementação, observou-se comportamento cúbico ( $P < 0,01$ ) para a concentração de NAR, cujo valor máximo estimado (34,4 mg/dL) ocorreu 2 horas após o fornecimento dos suplementos (Tabela 3).

O nível médio de NAR observado para SAL (13,2 mg/dL) foi superior ao mínimo de 10 mg/dL sugerido por Leng (1990) para maximização da digestão ruminal sob condições tropicais, comparação estendida aos demais tratamentos. Este valor é superior

Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação (CV) para os valores de pH e concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) (mg/dL), em função dos diferentes tratamentos e tempos pós-suplementação

Table 3 - Means and coefficients of variation (CV) for pH and ruminal ammonia nitrogen (RAN) (mg/dL), according to different treatment and time post-supplementation

Item	Tratamento <i>Treatment</i>					Efeito <sup>2</sup> <i>Effect<sup>2</sup></i>			CV (%)
	SAL <sup>1</sup>	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	
pH	6,2±0,06	6,34	6,24	6,32	6,47	ns	ns	ns	3,1
NAR <sup>3</sup>	13,2±1,5	13,4	19,6	27,3	28,6	***	ns	ns	28,2
RAN <sup>3</sup>									
	Tempo <sup>4</sup> <i>Time<sup>4</sup></i>					Efeito <sup>2</sup> <i>Effect<sup>2</sup></i>			CV (%)
	0	2	4	6		L	Q	C	
pH <sup>5</sup>	6,27	6,54	6,36	6,20		*	*	**	3,1
NAR <sup>6</sup>	14,0	32,4	24,2	27,3		ns	***	***	28,2
RAN <sup>6</sup>									

<sup>1</sup> Média e erro-padrão da média (*Mean and standard error of mean*).<sup>2</sup> Efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) em função dos níveis de proteína dos suplementos (*Linear [L], quadratic [Q] and cubic [C] effects of the protein levels in the supplements*): ns - P>0,10; \* - P<0,10; \*\* - P<0,05; e \*\*\* - P<0,01.<sup>3</sup>  $\hat{Y} = -1,7942 + 1,3353X$  ( $R^2 = 0,8668$ ).<sup>4</sup> Médias relacionadas somente aos tratamentos com suplementação (*The means were estimated according to the treatments with supplementation*).<sup>5</sup>  $\hat{Y} = 6,2663 + 0,3285X - 0,115393X^2 + 0,009792X^3$  ( $R^2 = 0,4260$ ).<sup>6</sup>  $\hat{Y} = 13,9708 + 20,6899X - 6,94162X^2 + 0,602541X^3$  ( $R^2 = 0,6822$ ).

aos descritos por Detmann et al. (2001b) para bovinos manejados em pastagem semelhante à empregada neste estudo durante o período de chuvas, indicando alta contribuição em função da elevada participação do NNP sobre o teor total de PB da dieta basal (Tabela 2). Os níveis elevados de NAR verificados 2 horas após o fornecimento de suplementos podem constituir possível causa do perfil crescente do pH ruminal observado no mesmo intervalo (Tabela 3), em função do poder alcalinizante deste composto.

Não foram observados efeitos dos tratamentos (P>0,10) sobre as digestibilidades aparentes total, ruminal e intestinal da MS, MO, CT e FDN (Tabela 4). Por outro lado, a digestibilidade total dos CNF elevou-se linearmente com o nível protéico suplementar (P<0,10), embora não tenha sido observado efeito significativo de tratamentos (P>0,10) para esta variável em termos ruminal e intestinal (Tabela 4). Esse comportamento constitui, possivelmente, reflexo da redução na concentração de CNF nos suplementos com a elevação do nível protéico (Tabela 2), implicando redução do consumo destes compostos (Detmann et al., 2005) e consequente ampliação da digestibilidade.

Ressalta-se que a aparente contradição na superioridade numérica das estimativas de digestibilidade total

da FDN, em relação aos CNF (Tabela 4), o que não seria esperado, reflete possivelmente a natureza verdadeira das estimativas de digestão dos componentes fibrosos, ao passo que, sobre os componentes não-fibrosos acrescenta-se a contribuição de compostos endógenos (digestibilidade aparente), levando à aparente subestimação da digestibilidade.

Embora tenham sido verificadas estimativas numericamente semelhantes quanto à digestibilidade total para todas as variáveis entre o tratamento controle (SAL) e aqueles nos quais empregou-se suplementação, observou-se, com relação à partição da digestão, tendência de deslocamento ao intestino com o fornecimento de suplementos (Tabela 4). Comportamento similar foi verificado sobre os CT em condições de níveis elevados de suplementação (Elizalde et al., 1999), como os empregados neste trabalho, ou sobre a MO, com a elevação do nível de concentrado na dieta de bovinos confinados (Tibo et al., 2000). Essa alteração sobre os CNF parece ser favorável, uma vez que a eficiência de utilização energética destes compostos é incrementada à medida que maior porção destes é digerida no ambiente intestinal.

Esse efeito de deslocamento sobre o local de digestão observado com o fornecimento de suplemen-

Tabela 4 - Médias e coeficientes de variação (CV) para a digestibilidade aparente total, ruminal e intestinal da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), carboidratos totais (DCT), fibra em detergente neutro (DFDN) e carboidratos não-fibrosos (CNF), em função dos diferentes tratamentos

Table 4 - Means and coefficients of variation (CV) for total, ruminal and intestinal apparent digestibilities of dry matter (DMD), organic matter (OMD), total carbohydrates (TCD), neutral detergent fiber (NDFD) and nonfiber carbohydrates (NFCD), according to different treatments

Item	Tratamento <i>Treatment</i>					Efeito <sup>2</sup> <i>Effect<sup>2</sup></i>			CV(%)
	SAL <sup>1</sup>	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	
					Total <sup>2</sup>				
DMS	70,3±1,1	70,2	71,9	71,3	72,5	ns	ns	ns	3,4
<i>DMD</i>									
DMO	70,9±0,9	70,9	71,6	71,2	73,0	ns	ns	ns	3,3
<i>OMD</i>									
DCT	72,1±1,5	71,2	72,7	71,7	73,3	ns	ns	ns	3,8
<i>TCD</i>									
DFDN	73,3±0,7	75,6	75,1	72,4	73,3	ns	ns	ns	4,6
<i>NDFD</i>									
DCNF <sup>4</sup>	68,8±0,9	65,9	69,7	70,0	73,4	*	ns	ns	6,6
<i>NFCD<sup>4</sup></i>									
					Ruminal <sup>2</sup> ( <i>Ruminal<sup>2</sup></i> )				
DMS	57,3±3,3	44,5	37,5	43,4	45,7	ns	ns	ns	38,2
<i>DMD</i>									
DMO	58,8±3,5	48,2	37,1	56,1	47,7	ns	ns	ns	45,2
<i>OMD</i>									
DCT	66,3±3,0	53,9	47,2	51,5	59,3	ns	ns	ns	20,1
<i>TCD</i>									
DFDN	71,3±2,0	70,5	64,3	67,9	64,4	ns	ns	ns	10,4
<i>NDFD</i>									
DCNF	51,2±7,9	34,8	28,2	32,7	51,4	ns	ns	ns	45,4
<i>NFCD</i>									
					Intestinal <sup>2</sup>				
DMS	13,0±3,5	25,7	34,4	27,9	26,8	ns	ns	ns	52,9
<i>DMD</i>									
DMO	12,1±3,8	22,7	34,6	15,1	25,3	ns	ns	ns	85,0
<i>OMD</i>									
DCT	5,8±3,0	17,3	25,7	20,2	14,1	ns	ns	ns	52,1
<i>TCD</i>									
DFDN	2,0±2,1	5,1	10,8	4,5	8,9	ns	ns	ns	76,4
<i>NDFD</i>									
DCNF	17,7±8,0	31,1	41,5	37,3	22,0	ns	ns	ns	49,1
<i>NFCD</i>									

<sup>1</sup> Média e erro-padrão da média (*Mean and standard error of mean*).<sup>2</sup> % do total ingerido.<sup>3</sup> Efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) em função dos níveis de proteína dos suplementos (*Linear [L], quadratic [Q] and cubic [C] effects of the protein levels in the supplements*): ns - P>0,10; \* - P<0,10; \*\* - P<0,05; e \*\*\* - P<0,01.<sup>4</sup>  $\hat{Y} = 59,5239 + 0,5706X$  ( $r^2 = 0,4568$ ).

tos (Tabela 4) parece se relacionar, ao menos em parte, à ampliação do trânsito ruminal de sólidos (Detmann et al., 2005). Embora as alterações numéricas sobre este parâmetro pareçam de pouca amplitude, ressalta-se que incrementos no deslocamento de sólidos podem ser reflexo de elevações no deslocamento de líquidos (Stokes et al., 1988), as quais estão associadas à adição de suplementos à dieta (DelCurto et al., 1990; Hannah et

al., 1991). Partículas do alimento que passam através do orifício omasal estão suspensas no líquido ruminal. Dessa forma, alterações positivas no deslocamento ruminal de líquidos podem levar ao maior escape de pequenas partículas, reduzindo o tempo de exposição à degradação ruminal.

A ampliação da digestão da porção fibrosa da dieta no intestino, em virtude de decréscimos na

degradação ruminal, constitui um mecanismo compensatório observado em ruminantes com a elevação do nível de concentrados na dieta (Kennedy & Bunting, 1992; Dixon & Stockdale, 1999). Reduções na degradação ruminal da fibra, em função da adição de CNF prontamente degradáveis à dieta, são, em geral, atribuídas a dois efeitos distintos, denominados “efeito pH” e “efeito concentrado” (Mould et al., 1983). No primeiro caso, reduções significativas no pH ruminal são responsáveis pela inibição parcial da degradação fibrosa. Contudo, as diferenças observadas para esta variável entre SAL e os demais tratamentos (Tabela 3) não permitem atribuir a este efeito grandes influências comparativas sobre a degradação ruminal da FDN. Ao “efeito concentrado” são atribuídas como causas competições por nutrientes essenciais entre microrganismos fibrolíticos e aqueles que degradam CNF, as quais se pronunciam em meios deficientes em N (El-Shazly et al., 1961). Sendo os níveis de NAR considerados satisfatórios para todos os tratamentos (Tabela 3), pouco se pode atribuir a este efeito.

A diferença entre SAL e os demais tratamentos quanto à digestibilidade ruminal da FDN foi de 4,5 unidades percentuais. Neste contexto, a simples competição entre digestão e passagem poderia suportar boa fração desta diferença, embora alguma influência possa ser atribuída ao aumento observado no tempo de colonização da fração fibrosa com a adição de CNF à dieta (Mertens & Loften, 1980).

A ausência de efeito dos tratamentos sobre as estimativas de digestibilidade ( $P>0,10$ ), notadamente MS e FDN, diverge do comportamento observado em condições em que a forragem basal apresenta baixa qualidade, situações nas quais se esperam ampliações positivamente relacionadas aos níveis protéicos dos suplementos (Hannah et al., 1991; Mathis et al., 2000). Contudo, em condições similares às deste estudo em termos de níveis nitrogenados na forragem basal (Tabela 2), influências sobre a digestibilidade não são esperadas (Mathis et al., 2000). Este comportamento corrobora o indicativo observado por Detmann et al. (2005) sobre parâmetros do consumo voluntário, de que a PB não constitui parâmetro deficitário sobre a dieta basal, ao menos quantitativamente.

Não foram verificados efeitos significativos dos tratamentos sobre a digestibilidade da PB em níveis ruminal e intestinal ( $P>0,10$ ), observando-se, no en-

tanto, efeito linear ( $P<0,05$ ) sobre a digestibilidade total da PB, que se elevou com a ampliação dos níveis protéicos dos suplementos (Tabela 5).

Valores positivos de digestibilidade ruminal da PB são indicativos de não-deficiência quantitativa de compostos nitrogenados na dieta. Por outro lado, estimativas negativas da digestibilidade ruminal da PB são encontradas em situações em que o fluxo de N abomasal é superior ao total de N ingerido, sendo obtidas quando a reciclagem ruminal se apresenta demasiadamente elevada em relação ao consumo nitrogenado total (Titgemeyer, 1997). Com base nesta afirmativa, reiteram-se as pressuposições supracitadas anteriormente sobre a não-deficiência quantitativa de compostos nitrogenados na dieta basal sob as condições em que se conduziu este estudo.

Em adição, os fluxos abomasais de N total (NT), microbiano (NMIC) e amoniacal (NNH) não foram influenciados pelos níveis protéicos dos suplementos ( $P>0,10$ ), mas foram numericamente superiores à SAL (Tabela 5).

Embora não se tenha observado efeito de tratamentos ( $P>0,10$ ) sobre as estimativas de eficiência de síntese microbiana (EFIM), as quais apresentaram médias de 24 gNmic/kg CHODR; 24,7 g Nmic/kg MODR e 17,5 g Nmic/kg MOFR, estas se mostraram extremamente superiores àquelas obtidas em SAL (Tabela 5). Em virtude da elevada dependência do ruminante de aminoácidos de origem microbiana (Russell, 1992), este baixo aproveitamento pode incorrer em ineficiências no aproveitamento dos metabólitos energéticos (Poppi & McLennan, 1995), o que parece ser reflexo de uma combinação de fatores.

Primeiramente, a eficiência do crescimento microbiano é dependente da partição da energia em termos de manutença e crescimento, relacionando-se inversamente (dentro de certos limites) ao tempo de permanência do microrganismo no ambiente ruminal (Nocek & Russell, 1988); ou seja, pela elevação na taxa de *turnover* ruminal, aplica-se o princípio simples de que a idade média da população microbiana é reduzida, decrescendo-se a proporção da energia destinada à manutença, reduzindo, em adição, os níveis de predação e reciclagem em função de mortes de microrganismos no próprio rúmen (Van Soest, 1994). Este conjunto de alterações é aplicável a este estudo frente ao comportamento observado e discutido para a cinética de trânsito ruminal (Detmann et al., 2005). Ressalta-se que elevações no fluxo de peque-



Tabela 5 - Médias e coeficientes de variação (CV) para as digestibilidades aparentes total (DPBT), ruminal (DPBR) e intestinal (DPBI) da proteína bruta, para o fluxo abomasal de nitrogênio total (NT), microbiano (NMIC) e amoniacal (NNH), para a eficiência de síntese microbiana (EFIM), os teores médios de nitrogênio (NBAC) nos microrganismos ruminais, a excreção urinária de nitrogênio oriundo da uréia (N-U) e o índice de eficiência de captação nitrogenada aparente (IECNA), em função dos diferentes tratamentos

Table 5 - Means and coefficients of variation (CV) for the apparent total (TCPD), ruminal (RCPD), and intestinal (ICPD) crude protein digestibilities, for the abomasal flows of total (TN), microbial (MN) and ammonia (AN) nitrogen, for the efficiency of microbial synthesis (EFIM), for the average content of nitrogen in rumen microorganisms (NBAC), for urea nitrogen excreted in urine (N-U), and for the index of apparent efficiency of nitrogen microbial capture (IAMNC), according to different treatments

Item	Tratamento Treatment					Efeito <sup>2</sup> Effect <sup>2</sup>			CV(%)
	SAL <sup>1</sup>	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	
DPBT <sup>3,4</sup>	70,0±2,1	70,9	71,4	73,4	76,2	**	ns	ns	2,0
TCPD <sup>3,4</sup>									
DPBR <sup>3</sup>	19,4±11,8	27,7	20,5	32,9	46,6	ns	ns	ns	52,1
RCPD <sup>3</sup>									
DPBI <sup>3</sup>	50,6±12,9	43,2	51,1	40,5	29,6	ns	ns	ns	38,4
ICPD <sup>3</sup>									
NT <sup>5</sup>	110,4±30,7	140,2	169,8	124,5	178,8	ns	ns	ns	54,0
TN <sup>5</sup>									
NMIC <sup>5</sup>	50,4±12,0	69,9	69,9	93,4	95,8	ns	ns	ns	67,6
MN <sup>5</sup>									
NNH <sup>5</sup>	34,6±12,4	51,9	54,5	38,7	60,1	ns	ns	ns	54,1
NA <sup>5</sup>									
EFIM									
6	12,6±1,3	20,5	24,5	25,8	25,2	ns	ns	ns	74,9
7	12,4±1,4	20,3	28,0	23,4	27,0	ns	ns	ns	74,7
8	10,6±1,0	15,1	19,1	16,9	18,8	ns	ns	ns	72,2
NBAC <sup>9</sup>	6,6	6,7	6,7	7,0	7,2	-	-	-	-
N-U <sup>5,10</sup>	28,8±7,7	25,8	51,7	60,2	72,2	***	***	**	6,8
IECNA <sup>11</sup>	9,99	14,39	10,92	8,79	9,00	-	-	-	-
IAMNC <sup>11</sup>									

<sup>1</sup> Média e erro-padrão da média (Mean and standard error of mean).

<sup>2</sup> Efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) em função dos níveis de proteína dos suplementos (Linear [L], quadratic [Q] and cubic [C] effects of the protein levels in the supplements): ns - P>0,10; \* - P<0,10; \*\*; P<0,05; e \*\*\* - P<0,01.

<sup>3</sup> % do total ingerido (% of total N intake).

<sup>4</sup>  $\hat{Y} = 64,9468 + 0,4446X$  ( $r^2 = 0,7977$ ).

<sup>5</sup> g/dia (g/day).

<sup>6</sup> g Nmic/kg CHODR (g Nmic/kg RDCHO).

<sup>7</sup> g Nmic/kg MODR (g Nmic/kg OMDR).

<sup>8</sup> g Nmic/kg MOFR (g Nmic/kg OMFR).

<sup>9</sup> % MS (% of DM).

<sup>10</sup>  $\hat{Y} = -365,3 + 62,629X - 3,1563X^2 + 0,0544X^3$  ( $R^2 = 0,9838$ ).

<sup>11</sup> g N ingerido/(mg/dL N amoniacal ruminal) (g N consumed/(mg/dL of ruminal ammonia nitrogen)).

nas partículas podem exercer papel fundamental, uma vez que proporções superiores a 60% dos microrganismos ruminais estão associadas a esta fração (Yang et al., 2001).

Os processos de degradação celulolítica e do crescimento das bactérias que o realizam devem ser enfatizados na importância das interações com outras espécies microbianas, as quais fornecem compostos essenciais, como vitaminas do complexo B e ácidos graxos de cadeia ramificada, que funcionam como precursores de aminoácidos essenciais, ácidos graxos estruturais e alguns aldeídos (Bryant, 1973). Embora

microrganismos que degradam carboidratos fibrosos exijam apenas amônia como fonte nitrogenada para o crescimento, aqueles que degradam CNF apresentam exigências adicionais em termos de aminoácidos e peptídeos (Russell, 1992). Segundo Hespell (1983), citado por Hoover & Stockes (1991), fermentações extensas de carboidratos podem ocorrer, havendo, contudo, baixo crescimento microbiano, caso os compostos nitrogenados sejam fornecidos de forma inadequada. A elevada participação do NNP sobre a PB da dieta basal (Tabela 2) pode ter levado a um quadro em que, mesmo mantendo adequados níveis de NAR

(Tabela 3), verificar-se-ia, na ausência de suplementação, deficiência de proteína degradável no rúmen de natureza orgânica (peptídeos e aminoácidos). Dessa forma, a adição de compostos protéicos verdadeiros degradáveis à dieta pode levar a melhorias na produção microbiana (Hoover & Stockes, 1991; Russell, 1992). Os efeitos da adição destes compostos via suplementos seriam estendidos por toda a microbiota ruminal, pois, como ressaltado anteriormente, além do estímulo direto aos microrganismos que degradam CNF, seria incrementado o fornecimento de substratos essenciais para os microrganismos fibrolíticos. Esta descrição caracteriza a necessidade de maiores estudos, sob as condições em que se conduziu este trabalho, sobre possível deficiência qualitativa de proteína degradável no rúmen.

Por último, o que possivelmente constituiu o principal fator a afetar o incremento na EFIM com o uso de suplementos, a inclusão, via suplementos, de carboidratos prontamente degradáveis no rúmen, os quais disponibilizam energia para melhor captação de NAR para síntese microbiana (Nocek & Russell, 1988; Hoover & Stockes, 1991) e, em última instância, reduzem a utilização de aminoácidos para produção de energia (Russell, 1992). Na Tabela 5 encontra-se, em termos de valores médios, o índice de eficiência de captação nitrogenada aparente (IECNA), obtido pela razão entre o N total ingerido (g/dia) e a média das concentrações de NAR (mg/dL). Embora não podendo ser considerado índice absoluto, permite ilustrar, de forma prática, o efeito da adição de carboidratos prontamente degradáveis sobre a EFIM. Contrastando-se os valores obtidos para SAL e S12, verifica-se maior valor de IECNA para o último, comprovando que maior quantidade do N dietético foi necessária para o estabelecimento de uma unidade de concentração de NAR, o que pode indicar, indiretamente, maior captação deste pelos microrganismos ruminais.

Por outro lado, segundo o NRC (2001), a disponibilidade relativa de compostos nitrogenados no ambiente ruminal constitui importante fator que afeta diretamente a EFIM, no sentido de que, à medida que a disponibilidade de N é ampliada em relação à MOFR, reduz-se a eficiência de captação dos compostos nitrogenados na forma de proteína microbiana, constituindo indicativo da falta de acoplamento entre as disponibilidades de N e energia. Segundo a equação que denota a relação entre EFIM e balanço aparente de compostos nitrogenados no ambiente

ruminal expressa pelo NRC (2001), esperar-se-ia, de acordo com o valor médio observado para a digestibilidade aparente ruminal da PB em animais suplementados (31,9%), EFIM em torno de 20,1 g Nmic/kg MOFR, que se assemelha ao valor médio registrado neste estudo.

A avaliação da excreção urinária diária de N na forma de uréia demonstrou incremento cúbico ( $P < 0,05$ ) com a elevação dos níveis protéicos dos suplementos (Tabela 5). Este comportamento apresenta implicação de ordem prática, uma vez que elevações na síntese hepática de uréia podem constituir dreno energético ao metabolismo, prejudicando, em caso de excesso, o desempenho animal (NRC, 1988). Associando-se esta variável à elevação na digestibilidade da PB ( $P < 0,05$ ), à redução no IECNA e à ausência de efeitos sobre o fluxo abomasal de NT e NNH ( $P > 0,10$ ) entre suplementos, caracteriza-se um quadro de elevação nas perdas nitrogenadas por difusão ruminal. Neste enfoque, permite-se inferir que, independentemente do nível protéico dos suplementos, as exigências de proteína degradável no rúmen foram supridas, uma vez havendo similaridade quanto à EFIM e ao fluxo abomasal de NMIC entre tratamentos ( $P > 0,10$ ). Sob estas condições, respostas produtivas poderiam ser obtidas com o fornecimento de fontes protéicas não-degradáveis no rúmen, as quais possibilitariam a ampliação do fornecimento de proteína metabolizável aos animais (Poppi & McLennan, 1995).

A partir dos resultados demonstrados para os parâmetros de digestão e metabolismo dos compostos nitrogenados, algumas novas inferências podem ser traçadas sobre o consumo em animais mantidos em situações semelhantes.

Em virtude da alta degradabilidade da proteína da forragem disponível, o que é suportado pelo elevado nível de compostos nitrogenados não-protéicos observados para as amostras de extrusa esofágica (Tabela 2), o perfil metabólico dos substratos absorvidos pode apresentar baixa relação proteína:energia, o que é reforçado pela elevada digestibilidade da MS observada (Tabela 4), gerando um possível quadro de excesso relativo de metabólitos cetogênicos, que é desviado para a produção de calor corporal (Leng, 1990). A intensidade no incremento calórico pode ser agravada pelo deslocamento energético para síntese hepática de uréia (NRC, 1988). A ampliação da necessidade de dissipação de calor influi diretamente sobre a taxa de ingestão de MS, que é reduzida para níveis em que o

excesso de calor corporal possa ser dissipado confortavelmente (Leng, 1990). Assim, embora o consumo de FDN por animais não-suplementados (Detmann et al., 2005) esteja próximo ao esperado sob o predomínio de entraves físicos ao consumo (Mertens, 1994), os limites da ingestão diária podem estar sendo determinados primariamente por fatores de ordem metabólica (Dixon & Stockdale, 1999). Desta forma, o fornecimento de pequena quantidade de compostos energéticos prontamente fermentáveis no rúmen poderia auxiliar no suprimento de proteína metabolizável via proteína microbiana (Poppi & McLennan, 1995), ampliando-se o consumo e incrementando a produtividade em situações em que ganhos de ordem mais moderada sejam a meta do sistema.

### Conclusões

Pastagens de *Brachiaria decumbens*, durante o período de transição seca/águas, não apresentam deficiência quantitativa de compostos nitrogenados. Contudo, em função de níveis elevados de compostos nitrogenados não-protéicos e/ou níveis reduzidos de energia de rápida disponibilidade ruminal, observa-se baixo aproveitamento dos compostos nitrogenados, em decorrência de sua baixa fixação em proteína microbiana. Esse comportamento pode acarretar deficiência relativa de proteína metabolizável, implicando comprometimentos sobre o desempenho animal.

### Literatura Citada

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.

BRYANT, M.P. Nutritional requirements of the predominant rumen cellulolytic bacteria. **Federation Proceedings**, v.32, p.1809-1813, 1973.

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.

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1957. 611p.

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.

DETMANN, E.; CECON, P.R.; PAULINO, M.F. et al. Estimacão de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em

bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.222-230, 2001a.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001b.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R. et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1371-1379, 2005.

DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.757-773, 1999.

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; SIDDON, R.C. et al. Estimating the fecal producing by ruminants from faecal marker concentration curves. **Journal of Theoretical Biology**, v.135, p.383-391, 1988.

ELIZALDE, J.C.; MERCHEN, N.R.; FAULKNER, D.B. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: I. Effects on digestion of organic matter, fiber, and starch. **Journal of Animal Science**, v.77, p.457-466, 1999.

EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.

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.; STOCKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.

KENNEDY, D.W.; BUNTING, L.D. Effects of starch on ruminal fermentation and detergent fiber digestion in lambs fed Bermuda grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.36, p.91-100, 1992.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition 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, 2000.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Winsconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.

MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.

- 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**, v.71, p.2070-2107, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington: Academic Press, 1984. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington: Academic Press, 1988. 158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington: Academic Press, 2001.381p.
- OBARA, Y.; DELLOW, D.W.; NOLAN, J.V. The influence of energy-rich supplements on nitrogen kinetics in ruminants. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Eds.) **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. New York: Academic Press, 1991. p.515-539.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1235-1243, 2000.
- RUSSELL, J.B. Minimizing ruminant nitrogen losses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.47-64.
- SANTOS, E.D.G. **Terminação de bovinos em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 163p. (Dissertação, Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.
- STEEL, R.G.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Co, 1997. 666p.
- STOKES, S.R.; GOETSCH, A.L.; JONES, A.L. et al. Feed intake and digestion by beef cows fed prairie hay with different levels of soybean meal and receiving postruminal administration of antibiotics. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1778-1789, 1988.
- TIBO, G.C.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de concentrado em dietas de novilhos F1 simental X nelore. 1. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.910-920, 2000.
- TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2235-2247, 1997.
- 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 and Food Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. **Reproduction and Nutrition Development**, v.25, p.1037-1046, 1985.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2686-2696, 1999.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Effect of dietary factors on distribution and chemical composition of liquid- or solid-associated bacterial populations in the rumen of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2736-2746, 2001.
- 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.

Recebido em: 31/08/04

Aceito em: 24/02/05