

Suplementação proteico-energética sobre o consumo voluntário e parâmetros ruminais em novilhos

Protein and energy supplementation on the voluntary intake and ruminal parameters in steers

FRANCO, Gumerindo Loriano^{1*}; BARROS, Luiz Ferreira²; ROCHA, Martha de Souza Teixeira²; MEDEIROS, Luiza Quintão³; D'OLIVEIRA, Marcella Cândia¹; DIOGO, José Mauro da Silva²; RAMOS, Allan Kardec Braga⁴

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

²Universidade de Brasília, Faculdade Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

³Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, Faculdade de Medicina, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

⁴Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brasil.

*Endereço para correspondência: gumerindo@nin.ufms.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação proteico-energética sobre o comportamento dos parâmetros ruminais (pH e N-NH₃), consumo voluntário de volumoso e a degradabilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do volumoso. Foram utilizados cinco novilhos mestiços com peso vivo médio inicial de 290kg, alimentados *ad libitum* com feno de Coast-cross (*Cynodon dactylon*) e submetidos a cinco tratamentos, constituídos de quatro níveis de suplementação proteico-energética (0,25; 0,50, 1,00 e 1,50kg MS/100kg do peso vivo (PV)/dia) e um tratamento controle que recebeu somente feno e mistura mineral *ad libitum*. O pH ruminal variou de 6,62 a 6,33 e diminuiu com a elevação da quantidade de suplemento, com diferença apenas entre o tratamento controle e o que recebeu suplemento de 1,50kg MS/100kg PV/dia. O N-NH₃ ruminal variou de 4,42mg a 75,11mg de N-NH₃/dL de líquido ruminal, com diferença entre os níveis de suplementação, horários de colheita de líquido ruminal e interação entre os níveis de suplementação e horários de colheita. As maiores quantidades de suplemento elevaram as concentrações de N-NH₃ ruminal. Não houve influência do suplemento sobre a ingestão de MS, proteína bruta e de FDN do feno. A degradação potencial da MS e da FDN, 57,49% e 49,44%, respectivamente, foi alcançada com 96 horas de incubação. Não houve efeito da suplementação sobre a

degradação da MS e da FDN do feno, exceto para o nível de suplementação com 1,5kg MS/100kg PV que reduziu essa variável.

Palavras-chaves: amônia, bovinos, efeito associativo, efeito de substituição, forragem

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the effects of protein and supplementation in ruminal parameters behaviour (pH and NH₃-N), voluntary feed intake of hay, dry mater (DM) and neutral detergent fiber (NDF) degradability of hay. There were used five crossbred steers with mean live weight of 290kg. It were fed with Coast-cross (*Cynodon dactylon*) *ad libitum* hay and submitted to five different treatments, a control group received mineral mixture and hay *ad libitum* and four groups with various levels of protein and energy supplementation (0.25; 0.50; 1.00 and 1.50kg DM/100kg of live weight (LW/day). The ruminal pH varied from 6.62 to 6.33. Ruminal pH decreased with the increasing level of supplementation, but the only difference occurrence between the control group and concentrate group 1.5kg DM/100kg LW/day. Ruminal NH₃-N varied from 4.42mg to 75.11mg in the ruminal fluid. There were differences between supplementation levels, time of ruminal fluid collected and the relation between both aspects. Also 1.50% of LW showed the highest NH₃-N concentration. No

influence of protein and energy supplementation levels was observed for dry mater intake, crude protein and neutral detergent fiber intakes of hay. The DM and NDF potencial (maximum) degradation (57.49% and 49.44% respectively) was achieved after 96 hours incubation. The supplementation had no influence on DM and NDF hay degradation, except in the 1.5kg DM/100kg LW/day.

Keywords: ammonia, associative effects, cattle, substitution effects, forage

INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de bovinos mantidos em pastagens são caracterizados pela abundância de forragem de boa qualidade na estação das águas, enquanto que, na estação da seca, ocorre queda acentuada no valor nutritivo e na disponibilidade de forragem nos pastos. Frequentemente, nessa época, os animais recebem uma suplementação concentrada para atenuar esses efeitos da seca (CABRAL et al., 2008).

A suplementação pode proporcionar efeitos associativos entre a forrageira e o concentrado, com importantes consequências na eficiência de utilização dos nutrientes. Esses efeitos podem ser positivos ou negativos em razão de mudanças na digestibilidade da fibra, na ingestão voluntária de matéria seca e na densidade calórica da dieta consumida.

O efeito associativo positivo ocorre quando a forrageira contém baixa concentração de nutrientes que são mais limitantes para os microorganismos do rúmen (p. ex., nitrogênio ou enxofre) ou para o animal (p. ex., fósforo ou energia). Quando oferecido de forma equilibrada, um suplemento que contenha altas concentrações desses nutrientes limitantes pode proporcionar melhoria no desempenho animal. O efeito associativo negativo, por sua vez, ocorre quando o suplemento concentrado constitui porção

considerável em relação à forragem ingerida e pode causar perdas na eficiência nutricional pela queda na digestão da fibra e/ou redução na ingestão do volumoso (DIXON & STOCKDALE, 1999). Ainda não está totalmente elucidada a magnitude da relação entre a suplementação concentrada de bovinos e os possíveis efeitos associativos e/ou de substituição na ingestão de forragem. Todavia, sabe-se que com o fornecimento de forrageiras de baixa qualidade, oferecidas *ad libitum*, a taxa de substituição é praticamente desprezível e as ingestões da forrageira e do suplemento terão um efeito aditivo, o que aumenta a densidade energética da ração e melhora o desempenho animal.

Esses padrões de resposta e a extensão de suas magnitudes podem ser compreendidos e interpretados a partir da análise do processo de ingestão e digestibilidade das dietas, integrada com indicadores do ambiente ruminal e da degradação das principais frações dos alimentos.

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação proteico-energética sobre o comportamento dos parâmetros ruminiais (pH e NH₃), consumo voluntário de volumoso, a degradabilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do volumoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Hospital Veterinário de Grandes Animais da Granja do Torto, no período de maio a setembro de 2004, e as análises laboratoriais feitas no Laboratório de Análise de Alimentos, ambos pertencentes à Universidade de Brasília – UnB, Distrito Federal.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços com peso vivo (PV) médio inicial de

290kg, providos de cânula permanente no rúmen, previamente vacinados e dosificados com anti-helmíntico e alimentados *ad libitum* com feno de capim Coast-cross (*Cynodon dactylon*) em estágio de crescimento reprodutivo. Foram avaliados cinco tratamentos, constituídos de quatro níveis diários de suplementação proteico-energética (0,25; 0,50; 1,00 e 1,50kg MS/100 kg PV/dia) e um testemunha (controle), que recebeu

somente feno e mistura mineral *ad libitum* (Tabela 1).

O suplemento foi formulado segundo as recomendações do NRC (2000), pela combinação de milho moído (80%), farelo de soja (13,4%), ureia (2,8%) e mistura mineral (3,8%), de forma a atender as exigências dos microorganismos do rúmen e suprir a proteína metabolizável dos animais (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica do suplemento proteico-energético e do feno de Coast-cross (% da MS) oferecidos a novilhos

Alimentos	%MS						
	MS	MM	PB	EE	FDN	FDA	NDT
Feno	93,09	4,32	3,92	1,44	74,99	41,95	43,14*
Suplemento ¹	90,40	5,89	24,40	2,31	10,47	4,04	82,00**

MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, NDT = nutrientes digestíveis totais.

¹Mistura Mineral (3,8%): Ca - 120g/kg, P - 88g/kg, Na - 132g/kg, S - 12g/kg, Zn - 3630mg/kg, Mn - 1300mg/kg, Co - 55,5mg/kg, Cu - 1530mg/kg, Fe - 1800mg/kg, Se - 15mg/kg, I - 75mg/kg, F - 880mg/kg.

*NDT = $91,6086 - 0,669233 \text{ FDN} + 0,437932 \text{ PB}$ ($R^2 = 0,71$) (CAPPELLE et al., 2001).

**NDT = $86,0834 - 0,3862 \text{ FDN}$ (TIBO et al., 2000)

Os animais foram alojados em baias individuais totalmente cobertas e com piso de concreto, providas de bebedouro e cochos, onde eram fornecidos o suplemento proteico-energético e o volumoso, diariamente, às 8 horas.

Os animais foram submetidos a 15 dias de adaptação à ração, seguidos de sete dias de colheita de dados, quando foram colhidas as seguintes variáveis de estudo: ingestão voluntária - 1º ao 7º dia, degradabilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro do feno - 1º ao 6º dia, determinação de pH e N-NH₃ - 7º dia, em cada um dos cinco períodos experimentais. Durante o período de adaptação, foi ajustada a quantidade de feno fornecida de modo a se manter uma sobra de cerca de 15% do total e se garantir o consumo *ad libitum*. Foi feito

o controle diário do consumo por meio da pesagem do feno oferecido e das sobras, e foi colhida amostra do feno e das sobras durante os sete dias de coleta. Para as análises de pH e N-NH₃, foram coletadas, manualmente, amostras de líquido ruminal as 0; 2; 4; 6 e 12 horas após o fornecimento da alimentação, com obediência sempre à mesma sequência entre os animais.

O pH das amostras foi mensurado imediatamente após a colheita do líquido por meio de potenciômetro portátil. O N-NH₃ ruminal foi determinado posteriormente após destilação com KOH 2N, conforme técnica descrita por Fenner (1965) e adaptada. Para isso, as amostras foram acidificadas com 5 gotas de H₂SO₄ concentrado, atingiram pH 5,5 e foram rapidamente congeladas.

Em cada período, para a determinação da degradação ruminal da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do volumoso, foi utilizada a técnica do saco de náilon. Foram utilizados sacos com poros de aproximadamente 50µm de diâmetro (especificação do fabricante) nas dimensões de 7 x 14cm, selados nas bordas por fusão com resistência elétrica e devidamente identificados. Após serem pesados, receberam aproximadamente 5g da forragem (moída em peneira com malha de 2mm), o que resultou em uma relação de 25mg de amostra por cm² de área dos sacos de náilon, com um total de oito sacos incubados por animal, correspondentes aos tempos de incubação no rúmen.

Após o enchimento, cada saco teve seu peso com a amostra registrado e preso a uma argola de metal, atado firmemente por um elástico para seu fechamento. Os sacos com as amostras foram presos à argola de chaveiro e embebidos primeiramente em água por uma hora e posteriormente presos a uma corrente de metal de 50cm de comprimento, ligada a uma âncora de 600g e, em seguida, introduzidos no rúmen via cânula, sempre às 8 horas (antes do fornecimento da alimentação), e retirados após o tempo estipulado para incubação (120; 96; 72; 48; 24; 12; 6 e 3 horas).

Por ocasião da retirada dos sacos do rúmen, esses foram imediatamente imersos em água fria e lavados em máquina (tipo tanquinho de lavar roupa) por cinco minutos durante três vezes (ciclos) e posteriormente colocados em estufa de ventilação forçada de ar a 60° C, onde permaneceram por 72 horas para secagem. Findo esse período, foram resfriados e pesados.

A degradação potencial (fração *b*) foi considerada aquela em que se estabilizou a degradação do substrato no decorrer

dos horários de incubação. O cálculo da taxa fracional constante de degradação (*kd*) foi feito com subtração da fração potencialmente degradável nos tempos a parte solúvel (fração *a*, calculada pela diferença de peso do saco de náilon com amostra imerso em água por uma hora). A partir desses valores, foi feita a regressão do logaritmo (ln) dos mesmos em função dos tempos de incubação (*t*), conforme proposto por Mertens (1993): $Y = RPDT_0 \times e^{-kdt}$, onde $RPDT_0$ = logaritmo natural do resíduo potencialmente degradável no tempo zero. Foi utilizado o modelo proposto por Orskov & McDonald (1979) para a determinação da degradabilidade efetiva: $DE = a + (b \times kd) / (kd + k)$, a partir da taxa de passagem (*k*) de 5%.

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino (5 x 5), as linhas foram compostas pelos animais e as colunas, pelos períodos. Foi testado modelos linear e quadrático de regressão, e a variável independente foram os níveis de suplemento. A comparação de médias feita pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Para todos os procedimentos estatísticos, foi utilizado o pacote SAS (1997).

O esquema de análise de variância das variáveis N-NH₃ e pH, foi o delineamento do tipo parcela (ração) subdividida no tempo (subparcelas = horários).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise revelou não ter havido interação entre quantidades de suplemento e horários de colheita para a determinação de pH ruminal ($P > 0,14$). No entanto, houve diferença ($P < 0,05$) entre os níveis de ingestão do suplemento proteico-energético e os horários de determinação

de pH após a alimentação ($P<0,01$) (Tabela 2).

Nas 125 amostras analisadas, o pH ruminal variou de 5,5 a 7,1, valores esses que permitem concluir que a maioria dos resultados encontra-se dentro de uma faixa normal para rações ricas em carboidratos não estruturais, corroborada pela afirmativa de Nagaraja

& Titgemeyer (2007), de que, para rações ricas em grãos, o pH deve ser sempre maior que 5,5, normalmente na faixa de 5,8 a 6,5. Contudo, Dutra et al. (2004) relataram que a atividade celulolítica decresceu marcadamente quando o pH foi reduzido de 6,5 para 5,5.

Tabela 2. Valores de pH ruminal em novilhos alimentados com feno de Coast-cross recebendo diferentes quantidades de suplemento proteico-energético

Tempo após suplementação (h)	Ingestão de suplemento proteico-energético (kg MS/100 kg PV/dia)					Média (\pm EPM)
	0,00	0,25	0,50	1,00	1,50	
0	6,71	6,68	6,70	6,65	6,30	6,61 \pm 0,06 ^{AB}
2	6,79	6,83	6,84	6,82	6,50	6,76 \pm 0,04 ^A
4	6,61	6,66	6,68	6,69	6,49	6,62 \pm 0,04 ^{AB}
6	6,63	6,54	6,49	6,51	6,29	6,49 \pm 0,05 ^B
12	6,36	6,09	6,09	6,12	6,05	6,10 \pm 0,09 ^C
Média (\pm EPM)	6,62 \pm 0,04 ^A	6,56 \pm 0,06 ^{AB}	6,56 \pm 0,07 ^{AB}	6,55 \pm 0,08 ^{AB}	6,33 \pm 0,08 ^B	--

EPM = erro padrão da média. Valores seguidos da mesma letra nas linhas ou colunas não revelam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No maior nível de consumo de suplemento (1,5kg MS/100kg PV/dia), o pH ruminal foi diferente ($P<0,05$) daquele observado com a ausência de suplementação (testemunha) mas não se diferenciou ($P>0,05$) dos demais níveis (Tabela 2). Segundo Nagaraja & Titgemeyer (2007), altos níveis de carboidratos rapidamente fermentescíveis no rúmen, como o amido, melhoram a disponibilidade de glicose livre e estimulam o crescimento da maioria das bactérias ruminais, o que aumenta a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) em taxas superiores à sua velocidade de absorção e diminui o pH ruminal.

Verificou-se que, para os maiores níveis de suplementação (1,00 e 1,50kg MS/100kg PV/dia), os animais

demoravam até 12 horas para o consumo total do concentrado. Ou seja, o consumo foi lento com menor taxa de fermentação ruminal e, provavelmente, menor produção de ácidos graxos voláteis.

Quanto aos horários de determinação do pH ruminal após a alimentação, observou-se inicialmente uma elevação até quatro horas após o fornecimento do feno e do suplemento proteico-energético, seguida de queda nos horários subsequentes ($P<0,05$), e foi observada a menor média de pH ruminal 12 horas após a alimentação (Tabela 2). Essa queda de pH pode ser devido à ingestão de carboidratos de fácil fermentação (carboidratos solúveis) logo após a ingestão pelo animal. A redução do pH ocorre quando a taxa de produção de ácidos graxos voláteis (produtos da

fermentação) é maior que a absorção pela parede do rúmen ou a passagem para outro compartimento (SCHAUER et al., 2005).

Com o aumento dos níveis de suplementação, houve uma queda linear ($P < 0,05$) nos valores de pH ruminal (Tabela 3). À medida que transcorria o

tempo, 12 horas após a suplementação, houve menor valor de pH.

Verificou-se, em relação ao N-NH₃ ruminal, diferença entre os níveis de suplemento ($P < 0,01$), horários de colheita de líquido ruminal ($P < 0,01$) e interação entre níveis de suplemento e horários de colheita ($P < 0,01$) (Tabela 4).

Tabela 3. Equações de regressão entre pH ruminal e nível de suplemento em novilhos alimentados com feno de Coast-cross

Tempo após suplementação (h)	Equação	R ²
0	$Y = 6,766 - 0,243x$	0,23
2	$Y = 6,871 - 0,176x$	0,20
6	$Y = 6,614 - 0,188x$	0,18
12	$Y = 6,223 - 0,185x$	0,06

h = horas; Y = valor de pH; x = nível de suplementação (0; 0,25; 0,50; 1,00 e 1,50% do peso vivo).

Tabela 4. Concentração de N-NH₃ ruminal (mg/dL) em novilhos alimentados com feno de Coast-cross recebendo diferentes níveis de suplemento proteico-energético

Tempo após suplementação (h)	Ingestão de suplemento protéico-energético (kg MS/100 kg PV)				
	0,00	0,25	0,50	1,00	1,50
0	9,83±2,78 ^{aa}	13,25±1,40 ^{aa}	16,79±2,58 ^{Aa}	17,67±3,70 ^{aa}	22,97±3,53 ^{aa}
2	9,72±1,65 ^{aa}	32,25±2,76 ^{bb}	45,95±3,59 ^{Cc}	43,53±4,18 ^{bcBC}	42,41±4,10 ^{bcBC}
4	9,72±1,98 ^{aa}	25,63±1,65 ^{baB}	36,23±4,51 ^{bcBC}	49,48±5,48 ^{cC}	49,48±8,19 ^{cC}
6	12,37±1,65 ^{aa}	19,44±2,25 ^{aAB}	30,04±3,80 ^{abABD}	41,08±2,93 ^{bBC}	48,60±6,70 ^{bBC}
12	9,72±0,88 ^{aa}	13,25±3,12 ^{aa}	19,44±3,59 ^{abAD}	28,07±12,28 ^{abAB}	35,35±4,19 ^{baB}

± Erro padrão da média. Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas linhas ou maiúsculas nas colunas não revelam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Nas 125 amostras analisadas, o N-NH₃ ruminal variou de 4,42 a 75,11mg de N-NH₃/dL de líquido ruminal, com concentração média de 27,41mg/dL. Embora tenham sido registradas baixas concentrações de N-NH₃, esperava-se não ter havido influência negativa sobre a degradabilidade dos constituintes da fibra do volumoso, uma vez que alguns autores defendem que existam concentrações mínimas de N-NH₃ para que não se limite

fermentação e, conseqüentemente, para que haja a adequada degradação da fibra. Há grande variação entre diversos autores: Satter & Slyter (1974), de 2mg a 5mg de N-NH₃/100mL de líquido ruminal e Mehrez et al. (1977), de 19mg a 23mg de N-NH₃/dL de líquido ruminal. No tratamento controle (não suplementado), não foi verificada diferença ($P < 0,05$) nas concentrações de

N-NH₃ ruminal no decorrer dos horários de determinação.

Os valores mais altos de N-NH₃ ruminal foram obtidos com os níveis de suplementação de 1,0 e 1,5kg MS/100kg PV/dia. Em ambos, foi observada maior concentração de N-NH₃/dL 4 horas após a suplementação, sem, contudo, haver diferença entre as concentrações 2 e 6 horas após a suplementação, respectivamente, nesses tratamentos, em decorrência do fato de os animais gastarem mais tempo para consumir maior quantidade de suplemento e, conseqüentemente, maiores concentrações, verificadas em horários posteriores àqueles observados para os níveis de ingestão de 0,25kg MS/100kg PV. Nos horários subseqüentes, houve decréscimo nas concentrações, e o mais acentuado foi para o nível de suplementação de 0,50kg MS/100kg PV. Os valores de concentração de N-NH₃ obtidos, exceto para o tratamento testemunha, ficaram muito próximos ou

acima dos maiores valores de concentração de referência (MEHREZ et al. 1977). Esses resultados levam a crer que, de forma geral, houve efeito positivo do consumo de suplemento sobre a adequação do N-NH₃ ruminal e que não haveria limitação na degradação da fibra do feno em função das concentrações de N-NH₃.

Até quatro horas após a suplementação, à medida que se aumentava a oferta de concentrado, houve uma elevação no N-NH₃ ruminal até 1% do PV. O comportamento quadrático do N-NH₃ ruminal foi observado devido a uma taxa de consumo de concentrado mais lenta no tratamento em que a oferta foi de 1,5kg MS/100kg PV, o que fez com que a ingestão total do concentrado levasse até 12 horas. Nos demais tempos, 8 e 16 horas após a suplementação, o N-NH₃ ruminal teve comportamento linear com o aumento dos níveis de suplementação (Tabela 5).

Tabela 5. Equações de regressão entre N-NH₃ ruminal (mg/dL) e nível de suplemento em novilhos alimentados com feno de Coast-cross

Tempo após suplementação (h)	Equação	R ²
2	$Y = 12,41 + 80,25x - 40,97x^2$	0,76
4	$Y = 10,05 + 66,26x - 26,68x^2$	0,70
6	$Y = 14,45 + 24,39x$	0,72
12	$Y = 9,87 + 17,79x$	0,46

h = horas; Y = valor de N-NH₃ (mg/dL); x = nível de suplementação (0; 0,25; 0,50; 1,00 e 1,50%).

Não houve influência (P>0,05) dos níveis de suplemento proteico-energético sobre a ingestão voluntária de matéria seca (IMSvol), de proteína bruta (IPBvol) e de fibra em detergente neutro (IFDNvol) do feno de Coast-cross e da fibra em detergente neutro total (IFDNtot). Porém, à medida que aumentaram os níveis de ingestão do suplemento proteico-energético,

verificou-se um aumento (P<0,05) na ingestão de matéria seca total (IMStot), ingestão de proteína bruta do concentrado (IPBconc), ingestão de proteína bruta total (IPBtot), ingestão de fibra em detergente neutro do concentrado (IFDNconc) e ingestão de carboidratos não fibrosos (ICNF) (Tabela 6).

Tabela 6. Ingestão de Matéria Seca (MS), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e do Carboidrato Não Fibroso (CNF) do feno de Coast-cross e do suplemento protéico-energético oferecidos a novilhos estabulados

Ingestão (% ou g/kg PV)	Ingestão do suplemento protéico-energético (kg MS/100 kg PV/dia)					Média
	0,00	0,25	0,50	1,00	1,50	
IMSvol (%)	1,43±0,22 ^a	1,58±0,09 ^a	1,56±0,17 ^a	1,59±0,12 ^a	1,36±0,17 ^a	1,50
IMStot (%)	1,43±0,22 ^c	1,83±0,09 ^c	2,06±0,17 ^{bc}	2,59±0,12 ^{ab}	2,86±0,17 ^a	2,15
IPBvol (g/kg)	0,58±0,09 ^a	0,61±0,03 ^a	0,62±0,08 ^a	0,63±0,04 ^a	0,53±0,07 ^a	0,59
IPBconc (g/kg) ¹	0,00±0,00 ^e	0,62±0,35 ^d	1,24±1,83 ^c	2,40±1,95 ^b	3,54±4,45 ^a	1,56
IPBtot (g/kg) ²	0,58±0,09 ^e	1,23±0,34 ^d	1,86±1,83 ^c	3,03±1,94 ^b	4,07±4,41 ^a	2,15
IFDNvol (g/kg)	10,81±1,68 ^a	12,01±0,61 ^a	11,77±1,22 ^a	11,97±0,98 ^a	10,26±1,29 ^a	11,36
IFDNconc (g/kg)	0,00±0,00 ^e	0,25±0,00 ^d	0,51±0,01 ^c	0,98±0,01 ^b	1,45±0,02 ^a	0,64
IFDNtot (g/kg)	10,81±1,68 ^a	12,26±0,61 ^a	12,28±1,22 ^a	12,96±0,98 ^a	11,71±1,27 ^a	12,00
ICNF (g/kg)	2,20±0,34 ^e	3,84±0,13 ^d	5,24±0,25 ^c	8,13±0,19 ^b	10,62±0,26 ^a	6,00

¹y= 2,35x+3,11 R² = 0,9983; ²y= 2,35x+3,72 R² = 0,9983 (P<0,05); ± Erro padrão da média.

^{a,b,c,d}Médias nas linhas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

IMSvol = Ingestão de Matéria Seca do Volumoso; IMStot = Ingestão de Matéria Seca Total; IPBvol = Ingestão de Proteína Bruta do Volumoso; IPBconc = Ingestão de Proteína Bruta do Concentrado; IPBtot = Ingestão de Proteína Bruta Total; IFDNvol = Ingestão de Fibra em Detergente Neutro do Volumoso; IFDNconc = Ingestão de Fibra em Detergente Neutro do Concentrado; IFDNtot = Ingestão de Fibra em Detergente Neutro Total e ICNF = Ingestão de Carboidrato Não Fibroso.

Alguns trabalhos sugeriram que a IMS de volumosos tem como limitante a capacidade de ingestão de FDN e, no caso dessa última, em torno de 12g/kg PV (BOHNERT et al., 2002; DETMANN et al., 2001). Isso pode explicar a não ocorrência de efeito associativo positivo no presente trabalho, pois a ingestão de FDN do feno esteve, em todos os níveis de ingestão de suplemento, próxima desse limiar. De acordo com Forbes (2000), apesar de o rúmen ter uma grande capacidade de armazenamento, a lenta taxa de digestão, como a observada com o feno de baixa qualidade desse experimento, pode limitar a ingestão. Deve-se o fato à existência de receptores de distensão na parede do rúmen, principalmente na parte dorsal anterior, que sinalizam o grau de distensão para o cérebro, via nervo vago, e, integrados com fatores químicos, determinam a parada no consumo de alimentos (FORBES, 2000). Como consequência, mesmo com observação de maior seleção de feno por parte dos animais que passavam pelo tratamento controle, a IPBvol não apresentou diferença ($P > 0,05$) em razão da suplementação. Os resultados do presente trabalho são corroborados por Moore et al. (1999), que relataram menor impacto na ingestão e na digestibilidade da fibra em alimentos de baixa qualidade em que há aumento nos níveis de carboidratos estruturais. Esses autores afirmaram que, quando a relação NDT:PB na forragem for maior do que 7, isso indica uma baixa qualidade da planta e um provável menor efeito de substituição da ingestão de feno pelo concentrado.

No presente experimento, a relação NDT:PB do feno utilizado foi de 11,0 (Tabela 1), o que indica baixa qualidade e com menor potencial de substituição pela ingestão de suplemento proteico-energético.

Não houve interação entre os níveis de suplemento proteico-energético com os horários de incubação. O valor médio de degradação da MS, para os diferentes níveis de suplementação nos tempos de incubação, foi de 42,48%. Com o aumento do tempo de incubação, houve maior degradação ruminal da MS ($P < 0,05$), de maneira que a degradação potencial foi alcançada com 96 horas de incubação (Tabela 7).

Apenas o tratamento com 1,50kg MS/100kg PV/dia diferenciou-se ($P < 0,05$) dos demais, o que reduziu a degradação ruminal da MS do feno de Coast-cross, fato que pode estar relacionado à redução do pH registrada nesse nível de suplementação.

A fração solúvel (a), indicativa da perda de material na água, apresentou o valor de 6,82%, intermediário aos encontrados por Ítavo et al. (2002) para os fenos de capim Tifton 85 e capim Coast-cross, 5,2% e 8,8%, respectivamente.

É importante destacar que com o aumento do nível de ingestão de concentrado houve uma tendência ($P < 0,0960$) de queda do valor da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da MS (Tabela 8). Já, para a taxa de degradação (kd) ($P < 0,0579$) e a degradabilidade efetiva a 5% (DE 5%) da MS ($P < 0,0194$), foi encontrado um comportamento quadrático, e, com o fornecimento de 0,50kg MS/100kg PV, foi observado o maior valor tanto para o kd e como para o DE 5%. Na quantidade de 1,5kg MS/100kg PV, de suplemento proteico-energético, foram observados os menores valores de kd e DE 5%, apesar de terem ocorrido as maiores concentrações de N-NH₃ ruminal (Tabela 4), indicativas de ambiente ruminal favorável à degradação de alimentos fibrosos (MEHREZ et al. 1977), além de ter havido, como consequência, redução do pH ruminal (Tabela 2).

Tabela 7. Degradação ruminal da matéria seca (MS) do feno de Coast-cross oferecido a novilhos estabilados recebendo diferentes níveis de suplemento proteico-energético, usando a técnica do saco de náilon

Horas após incubação	Nível de suplemento proteico-energético (kg MS/100 kg PV/dia)					Média(±EPM)
	0,00	0,25	0,50	1,00	1,50	
3	22,16	22,26	22,26	22,98	21,86	22,38±0,87 ^G
6	25,45	25,75	26,70	27,37	25,01	26,06±1,13 ^F
12	31,38	33,27	33,81	33,13	30,39	32,40±0,61 ^E
24	41,34	41,51	42,14	41,97	37,00	40,79±0,90 ^D
48	51,39	50,58	51,41	51,20	44,89	49,90±0,82 ^C
72	55,58	55,35	56,01	53,66	49,58	54,04±0,84 ^B
96	58,41	58,46	57,91	59,11	53,57	57,49±0,85 ^A
120	59,96	60,26	59,38	57,71	53,91	58,25±0,77 ^A
Média	43,21±2,35 ^A	43,48±2,30 ^A	43,70±2,30 ^A	43,39±2,26 ^A	39,53±2,07 ^B	

±EPM – Erro padrão da média. Médias nas linhas ou colunas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros de degradação da matéria seca (MS) do feno de Coast-cross oferecido a novilhos estabilados recebendo diferentes níveis de suplementação proteico-energética

Parâmetros	Nível de suplemento proteico-energético (kg MS/100kg PV/dia)					P>F	Equações
	0,0	0,25	0,50	1,0	1,5		
b (%)	51,61	52,56	51,73	48,85	47,62	0,0960	Y=52,4636-2,4261x R ² =0,1636
kd (%/h)	3,56	3,22	3,80	3,54	2,75	0,0579	Y=3,3757+0,8646x-0,8121x ² R ² =0,3161
DE 5%	28,27	27,25	29,13	27,03	23,74	0,0215	Y=27,7778+2,6572x-3,2684x ² R ² =0,4006

Sendo a fração a (fração solúvel) = 6,82%; b = fração insolúvel potencialmente degradável; kd = taxa de degradação; DE 5% = degradabilidade efetiva a 5%

O fato referenciado deveu-se, provavelmente, à alta produção de ácidos graxos voláteis, o que pode ter reduzido o acoplamento das bactérias celulolíticas ao alimento fibroso e diminuído, assim, a taxa de degradação da fibra.

Evidenciou-se que não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de suplemento proteico-energético com os horários de incubação, e o valor médio de degradação da FDN, para os diferentes níveis de suplementação nos tempos de incubação, foi de 49,94% (Tabela 9). Com o aumento dos tempos de incubação, houve maior degradação ruminal da FDN, de forma que se alcançou a degradação potencial com 96 horas de incubação.

A partir da média dos tempos de degradação da FDN, observou-se que não houve diferença ($P<0,05$) do tratamento controle para os níveis de ingestão de suplemento proteico-energético de 0,25; 0,50 e 1,00kg MS/100kg PV. O valor de degradação médio da FDN, no nível de ingestão de 1,50kg MS/100kg PV do PV de suplemento, foi inferior aos dos demais níveis de suplementação e do controle e possibilitou degradação média de 46,85%, de maneira que se diferenciou ($P<0,05$) dos outros níveis de suplementação.

Existia a expectativa de que com a ingestão de suplemento proteico-energético haveria um efeito associativo positivo, o que melhoraria a degradação ruminal da fibra, por conta da existência de uma limitação nutricional do feno, principalmente quanto ao seu NDT e teor de proteína bruta (PB), em torno de 4% (Tabela 1), portanto abaixo dos 7% preconizados por Van Soest (1994) como mínimos necessários ao crescimento microbiano no rúmen. Ainda assim, não se verificou elevação significativa na degradação ruminal da MS e da FDN do feno quando utilizado o suplemento, visto que o tratamento controle apresentou degradação dessas frações muito

semelhante à dos tratamentos com ingestão de suplemento proteico-energético até o nível de 1,00% do PV (Tabelas 9). O pH ruminal registrado no tratamento controle e nos suplementados manteve-se entre 6,62 e 6,33, valores muito próximos dos encontrados por Franco et al. (2002) como adequados à fermentação ruminal de rações ricas em carboidratos fibrosos, o que, isoladamente, não representaria fator de interferência na degradação dos componentes da fibra do feno.

Em todos os níveis de suplementação, foram registradas concentrações de N-NH₃ consideradas ótimas por Van Soest (1994) para a adequada fermentação ruminal dos carboidratos fibrosos do volumoso, entretanto, não foi registrada influência positiva sobre a degradação da MS e da FDN do feno.

A queda na degradação ruminal com alta ingestão de suplemento proteico-energético é indicativa de efeito associativo negativo do nível de suplementação de 1,5kg MS/100kg PV/dia sobre a degradação ruminal da FDN. Ocorre que, com o aumento da suplementação, a maioria dos microorganismos ruminais atende a sua demanda energética com a utilização de carboidratos de fácil fermentação em detrimento da utilização de carboidratos estruturais, como aqueles presentes no feno, o que leva a uma menor degradação da FDN.

Conforme observado nas estimativas dos parâmetros de degradação da MS (Tabela 8), constatou-se que, também para a FDN (Tabela 10), ocorreu uma tendência ($P<0,0887$) de queda do valor da fração insolúvel potencialmente degradável (b). Já, para a taxa de degradação (kd) ($P<0,0637$) e de degradação efetiva a 5% (DE 5%) ($P>0,0189$), foi verificado um comportamento quadrático, em que o pico foi atingido com o fornecimento de 0,5 e 0,25 kg MS/100kg PV, respectivamente.

Tabela 9. Degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de Coast-cross oferecido a novilhos estabulados recebendo diferentes níveis de suplemento proteico-energético, por meio da técnica do saco de náilon

Horas após incubação	Níveis de suplemento proteico-energético (kg MS/100 kg PV/dia)					
	0,00	0,25	0,50	1,00	1,50	Média (\pm EPM)
3	9,60	8,62	8,89	9,47	7,91	8,90 \pm 0,79 ^G
6	13,62	13,51	14,26	14,28	11,18	13,37 \pm 0,96 ^F
12	18,10	20,97	21,83	20,38	16,82	19,62 \pm 0,80 ^E
24	29,67	30,19	30,95	31,14	25,14	29,42 \pm 1,14 ^D
48	42,50	41,20	42,14	41,24	33,75	40,16 \pm 1,03 ^C
72	47,82	47,26	47,70	44,53	39,73	45,41 \pm 1,03 ^B
96	51,16	50,50	50,03	51,10	44,40	49,44 \pm 1,08 ^A
120	52,72	53,06	51,79	50,21	44,85	50,53 \pm 0,96 ^A
Média	33,15 \pm 2,71 ^A	33,17 \pm 2,66 ^A	33,45 \pm 2,63 ^A	32,79 \pm 2,66 ^A	27,27 \pm 2,47 ^B	---

\pm EPM = erro padrão da média.

a,b,c,d,e,f,g Médias nas linhas ou colunas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 10. Estimativas dos parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de Coast-cross oferecido a novilhos recebendo diferentes níveis de suplementação proteico-energética

Parâmetros	Nível de suplemento proteico-energético (kg MS/100 kg PV/dia)					P>F	Equações
	0,0	0,25	0,5	1,0	1,5		
b (%)	51,15	51,78	50,57	46,73	47,56	0,0887	Y=51,82747-3,17891x R ² = 0,1703
kd (%/h)	3,56	3,25	3,81	3,53	2,72	0,0637	Y=3,37901+0,94119x-0,90123x ² R ² = 0,3073
DE 5%	21,23	20,26	21,83	19,34	16,66	0,0189	Y=20,83111+1,94109x-3,14789x ² R ² = 0,4109

H = hora; b = fração insolúvel potencialmente degradável; kd = taxa de degradação; DE 5% -degradabilidade efetiva a 5%.

A fração insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação (kd) e a degradabilidade efetiva a 5% (DE 5%) obtiveram os menores valores no tratamento com maior ingestão de suplemento proteico-energético (1,5kg MS/100kg PV), já que, com a queda do pH ruminal (Tabela 2), como consequência da alta produção de ácidos graxos voláteis, houve diminuição da taxa de degradação dos componentes fibrosos do feno (WOODS, 2002).

Dessa forma, pode-se concluir que o mais alto nível de suplementação proteico-energética (1,5kg MS/100kg PV/dia) diminui o pH ruminal e reduz a degradação ruminal da MS e da FDN do feno de Coast-cross, porém, tal redução é insuficiente para alterar o consumo do volumoso.

As maiores concentrações de N-NH₃ ruminal foram observadas nos mais altos níveis de ingestão de suplemento proteico-energético (1,0 e 1,5kg MS/100kg PV/dia). Não houve efeito aditivo da ingestão de diferentes quantidades de suplemento proteico-energético sobre a ingestão de MS e FDN do feno.

A degradação ruminal da MS e da FDN não foi influenciada pela ingestão de suplemento proteico-energético até o nível de 1,0kg MS/100kg PV/dia.

REFERÊNCIAS

- BOHNERT, D.W.; SCHAUER, C.S.; DELCURTO, T. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on performance and nitrogen use in ruminants consuming low-quality forage: cow performance and efficiency of nitrogen use in wethers. **Journal Animal of Science**, v.80, n.6, p.1629-1637, 2002. [[Links](#)].
- CABRAL, L.S., ZERVOUDAKIS, J.T., COPPEDÊ, C.M., SOUZA, A.L., CARAMORI JÚNIOR, J.G., POLIZEL NETO, A., OLIVEIRA, I.S. Suplementação de bovinos de corte mantidos em pastagem de Panicum maximum cv. Tanzânia-1 no período das águas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.293-302, 2008. [[Links](#)].
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001. [[Links](#)].
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: Parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1340-1349, 2001. [[Links](#)].
- DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, n.5, p.757-774, 1999. [[Links](#)].
- DUTRA, A.R., QUEIRÓZ, A.C., THIÉBAUT, J.T.L., DUTRA, L.G., WASCHECK, R. C., MOREIRA, P.C. Efeitos dos Níveis de Fibra e de Fontes de Proteínas sobre a Concentração do Nitrogênio Amoniacal e pH Ruminal em Novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.714-722, 2004. [[Links](#)].

FENNER, H. Methods for determining total volatile base in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, n.3, p.249-251, 1965. [[Links](#)].

FORBES, J.M. Physiological and metabolic aspects of feed intake control. In: D'MELLO, J.P.F. **Farm animal metabolism and nutrition**. Wallingford, Uk: CABI International, 2000. p.319-333. [[Links](#)].

FRANCO, F.L.; ANDRADE, P.; BRUNO FILHO, J.R.; DIOGO, J.M.S. Parâmetros ruminais e desaparecimento da FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2340-2349, 2002. [[Links](#)].

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1024-1032, 2002. Supl. [[Links](#)].

MEHREZ, A.Z; ØRSKOV, E.R; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal Nutrition**, v.38, n.3, p.437-443, 1977. [[Links](#)].

MERTENS, D.R, Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford, Uk: CAB. International, 1993. p.13-51. [[Links](#)].

MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E.; HOPKING, D.I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal of Animal Science**, v.77, n.2, p.122-135, 1999. Suppl. [[Links](#)].

NAGARAJA, T.G., TITGEMEYER, E.C. Ruminant acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal Dairy Science**, v.90, p.17-38, 2007. Suppl. [[Links](#)].

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, DC.: Academic Press, 2000. 242p. [[Links](#)].

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979. [[Links](#)].

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal Nutrition**, v.32, n.1, p.199-208, 1974. [[Links](#)].

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system: user's guide:statistics**. 5.ed. Cary: 1997. v.1, 956p. [[Links](#)].

SCHAUER, C.S., BOHNERT, D.W., GANSKOPP, D.C. RICHARDS, C.J., FALCK, S.J. Influence of protein supplementation frequency on cows consuming low-quality forage: Performance, grazing behavior and variation in supplement intake. **Journal of Animal Science**, v.83, n.4, p.1715-1725, 2005. [[Links](#)].

TIBO, G.C; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R.; LEÃO, M.I.; SILVA, R.B. Níveis de Concentrado em Dietas de Novilhos Mestiços F1 Simental x Nelore. 1. Consumo e Digestibilidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.910-920, 2000. [[Links](#)].

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p. [[Links](#)].

WOODS, V.B.; O'MARA, F.P.; MOLONEY, A.P. The in situ ruminal degradability of concentrate feedstuffs in steers as affected by level of feed consumption and ratio of grass silage to concentrate. **Animal Feed Science and Technology**, v.100, n.1, p.15–30, 2002. [[Links](#)].

Data de recebimento: 15/09/2008

Data de aprovação: 30/04/2010