Fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais para novilhos de corte

Paola Ranzani Gabarra*, Flávio Augusto Portela Santos, Carla Maris Machado Bittar, Alexandre Vaz Pires e Hugo Imaizumi

Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: paola_gabarra@hotmail.com

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da sincronização da degradação ruminal de fontes de amido (milho moído fino ou milho floculado) e proteína (farelo de soja e uréia), no consumo de matéria seca, digestibilidade no trato total e parâmetros ruminais de novilhos Nelore em terminação. Quatro novilhos Nelore (300 kg PV) foram utilizados em delineamento do tipo Quadrado Latino 4 x 4, fatorial 2 x 2: dois métodos de processamento do milho (moagem fina x floculação) e duas fontes protéicas (farelo de soja x uréia). As rações continham 13% de feno de gramínea e 87% de concentrado. A floculação do milho reduziu a concentração de amido duodenal ($p < 0,01$), explicando reduções na concentração de N-NH₃ ($p < 0,01$) e pH ruminal ($p < 0,15$), de N-uréico plasmático ($p < 0,01$) e o aumento na concentração molar de propionato no rúmen ($p < 0,01$). Comparando-se à moagem, a floculação aumentou ($p < 0,01$) a digestibilidade do amido no trato digestivo total (98,8 vs. 88,6%), mas reduziu ($p < 0,01$) a digestibilidade da FDN (41,9 vs. 12,1%). Não houve efeito de fonte protéica sobre as variáveis avaliadas. O aumento da degradabilidade ruminal do amido através da floculação do milho permitiu uma utilização mais eficiente da proteína da dieta por novilhos de corte.

Palavras-chave: amido, floculado, milho, proteína.

ABSTRACT. Protein and Energy sources with differing degradabilities for finishing steers. The objective of this study was to determine the effect of synchronization of starch (finely ground or steam-flaked corn) and protein (soybean meal or urea) rumen degradation on dry matter intake, total tract digestibility and rumen parameters of finishing Nelore steers. Four Nelore steers (300 kg LW) were utilized in a 4 x 4 Latin Square design, 2 x 2 factorial arrangement: two corn processing methods (fine grinding vs. steam flaking) and two protein sources (soybean meal vs. urea). The diets contained 13% grass hay and 87% concentrate. Steam flaking decreased ($p < 0.01$) starch concentration in duodenal digesta, which would explain lower ruminal pH ($p < 0.15$) and concentration of N-NH₃ ($p < 0.01$), plasma urea-N concentration ($p < 0.01$); and the increased molar concentration of ruminal propionate ($p < 0.01$). As compared to fine grinding, steam-flaking corn increased ($p < 0.01$) total tract digestibility of starch (98.8 vs. 88.6%), but decreased ($p < 0.01$) NDF digestibility (41.9 vs. 12.1%). Protein sources had no effect on the evaluated variables. Increasing starch degradability through steam-flaking of corn improved dietary protein utilization by beef steers.

Key words: starch, flaked, corn, protein.

Introdução

A maioria dos métodos de processamento de grãos de cereais visa a aumentar a digestibilidade do amido no rúmen e no intestino delgado e, conseqüentemente, no trato digestivo total. Para o milho ou sorgo processados intensivamente, 75 a 85% do amido é digerido no rúmen. Por outro lado, grãos pouco ou não-processados podem apresentar digestibilidade de amido no rúmen tão baixa quanto valores de 40% (Owens *et al.*, 1986; Theurer, 1986; Huntington, 1997).

A forma de processamento de milho e sorgo mais utilizada no Brasil é a moagem em diferentes graus, resultando em diferentes tamanhos de partículas. Alguns trabalhos demonstraram que a digestibilidade do amido no rúmen e no intestino é maior quando esses cereais são moídos finamente em comparação com a moagem grosseira ou a laminação (Yu *et al.*, 1998; Reis *et al.*, 2001).

Um dos métodos mais eficientes de processamento de milho e sorgo é a floculação a vapor. Esse processo consiste na aplicação de vapor

por 30 a 40 minutos sobre o grão, o qual absorve água, aumentando seu tamanho e dando início à gelatinização do amido. Os grãos são então passados, através de rolos, com a formação dos flocos, onde a área superficial é aumentada significativamente, e a matriz protéica que envolve o grânulo de amido é quebrada (Santos *et al.*, 1997). A extensa revisão de Theurer *et al.* (1999) mostrou que a digestibilidade do amido no rúmen e no trato digestivo total é maior para o milho ou sorgo floculado em comparação com o moído fino ou laminado.

Apesar de os cálculos de Owens e Goetsch (1986) sugerirem uma eficiência de uso da energia da dieta 42% superior quando o amido é digerido no intestino delgado em comparação com a fermentação ruminal, trabalhos produzidos na última década demonstraram que o desempenho de novilhos de corte (Alio *et al.*, 2000; Lozano *et al.*, 2000) e de vacas leiteiras (Theurer *et al.*, 1999) é superior quando as fontes de amido são degradadas preferencialmente no rúmen, em detrimento da digestão intestinal. Isso tem sido explicado por uma combinação de fatores que envolvem disponibilidade de energia e de proteína para o animal. Fontes de amido de alta degradabilidade ruminal podem aumentar o fluxo líquido de energia no sistema porta devido a uma maior produção de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen. A síntese de proteína microbiana também é favorecida, podendo aumentar a disponibilidade de proteína metabolizável para o animal (Huntington, 1997; Theurer *et al.*, 1999).

Machos de corte, inteiros ou castrados, quando na fase de crescimento, têm mostrado resposta positiva no ganho de peso e conversão alimentar quando suplementados com fontes de proteína verdadeira na dieta, como o farelo de soja, em comparação com uréia (Cervieri *et al.*, 2001). Entretanto, em dietas contendo milho floculado, Zinn e Shen (1998) obtiveram melhor desempenho de novilhos em crescimento recebendo uréia como principal suplemento protéico em comparação com o farelo de soja ou farinha de peixe. É provável que tenha ocorrido uma maior síntese de proteína microbiana, quando se conciliou uma alta disponibilidade ruminal de amido com alta disponibilidade de proteína degradável no rúmen, e essa proteína microbiana ter contribuído para melhorar a quantidade e o perfil de aminoácidos essenciais que chegam ao duodeno para serem absorvidos.

O NRC gado de corte (NRC, 1996) expressou as exigências protéicas na forma de proteína metabolizável, a qual é definida como sendo a

proteína verdadeira digerida pós-rúmen e os aminoácidos absorvidos pelo intestino. Assim, a proteína metabolizável é oriunda da digestão intestinal da proteína microbiana e da proteína de origem alimentar não-degradável no rúmen (PNDR). A necessidade de ingestão de proteína bruta é estimada como sendo a quantidade de proteína degradável no rúmen (PDR) necessária para o crescimento microbiano, mais a PNDR necessária para complementar a exigência de proteína metabolizável para manutenção e ganho de peso que não foi atingido pela proteína de origem microbiana.

Para animais inteiros ou castrados em terminação, recebendo dietas ricas em concentrado, utilizando-se o modelo do NRC (1996), tanto no nível 1 como no nível 2, é possível suprir toda a exigência de proteína metabolizável desses animais apenas utilizando a uréia como fonte suplementar de proteína. Essa prática tem sido comum nos grandes confinamentos americanos (Galyean, 1996). Entretanto, trabalhos recentes têm mostrado que machos inteiros ou animais castrados, mas implantados com anabolizantes, responderam à adição de farelo de soja na dieta em combinação com uréia em relação ao uso exclusivo de uréia.

Com o objetivo de maximizar a fermentação ruminal, síntese de proteína microbiana e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo, alguns estudos têm sido propostos na tentativa de se obter uma sincronização ideal entre as taxas de degradação ruminal das fontes energéticas e protéicas. O presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito da sincronização da degradação ruminal de fontes de amido (milho moído fino ou milho floculado) e proteína (farelo de soja e uréia), com diferentes degradabilidades, no consumo de matéria seca, digestibilidade no trato total e parâmetros ruminiais de novilhos Nelore em terminação.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, entre Dezembro de 2000 a Maio de 2001, sendo os 2 primeiros meses utilizados para acondicionamento dos animais às instalações, cirurgia para colocação de cânulas no rúmen e no duodeno e recuperação pós-operatória.

Foram utilizados quatro novilhos da raça Nelore com aproximadamente 20 meses de idade e 300 kg de peso vivo ao início do ensaio, providos de cânula no rúmen e no duodeno proximal. Os novilhos foram alojados em galpão coberto, em baias

individuais (2,5 x 1,0 m) com piso de borracha, comedouro individual e bebedouro automático.

Os tratamentos testados constituíram-se de dietas com diferentes fontes de energia e proteína com diferentes degradabilidades ruminais: 1) milho moído e farelo de soja (MMFS); 2) milho moído e uréia (MMU); 3) milho floculado e farelo de soja (MFFS); 4) milho floculado e uréia (MFU). A Tabela 1 apresenta a formulação das rações de acordo com o NRC (1996), contendo feno de capim *coast-cross* como volumoso e uma das rações concentradas. Os tratamentos foram estabelecidos em um arranjo fatorial 2 x 2, utilizando-se duas fontes protéicas (FS - farelo de soja x U - uréia) e dois métodos de processamento de milho (MM - milho moído fino x MF - milho floculado).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e teores de proteína bruta, amido e fibra em detergente neutro das dietas experimentais (% MS).

Table 1. Ingredients proportion and crude protein, starch and neutral detergent fiber content of the experimental diets (%DM).

Ingredientes Ingredients	Tratamentos ¹ Treatments ¹			
	MMFS	MMU	MFFS	MFU
	% MS %DM			
Feno de gramínea <i>Grass hay</i>	12,97	12,97	12,97	12,97
Milho Moído <i>Ground corn</i>	75,36	83,14	-	-
Milho Floculado <i>Steam-flaked corn</i>	-	-	75,36	83,14
Uréia <i>Urea</i>	-	1,3	-	1,3
Farelo de Soja <i>Soybean meal</i>	9,08	-	9,08	-
Minerais e vitaminas ² <i>Minerals and vitamins²</i>	2,59	2,59	2,59	2,59
	% MS %DM			
Proteína Bruta <i>Crude protein</i>	13,13	12,84	12,96	12,66
Amido <i>Starch</i>	58,65	64,12	63,74	69,73
Fibra em Detergente Neutro <i>Neutral detergent fiber</i>	20,00	19,82	16,68	16,09

¹Tratamentos: MMFS: milho moído e farelo de soja; MMU: milho moído e uréia; MFFS: milho floculado e farelo de soja; MFU: milho floculado e uréia. ²Composição: Ca, 6,00%; P, 4,00%; K, 0,0153%; Mg, 5,00%; Cl, 12,045%; Na, 8,00%; S, 3,70%; 0,15% de monensina sódica; e (por kg) 15 mg Co; 800 mg Cu; 20 mg I; 3,217 mg Fe; 2,850 mg Mn; 21 mg Se; 3,500 mg Zn; 200.000 UI vitamina A; 25.000 UI vitamina D; 1.800 UI vitamina E.

¹Treatments: MMFS: ground corn and soybean meal; MMU: ground corn and urea; MFFS: steam-flaked corn and soybean meal; MFU: steam-flaked corn and urea. ²Composition: Ca, 6,00%; P, 4,00%; K, 0,0153%; Mg, 5,00%; Cl, 12,045%; Na, 8,00%; S, 3,70%; 0,15% of sodium monensin; (by kg) 15 mg Co; 800 mg Cu; 20 mg I; 3,217 mg Fe; 2,850 mg Mn; 21 mg Se; 3,500 mg Zn; 200.000 IU vitamin A; 25.000 IU vitamin D; 1.800 IU vitamin E.

O procedimento utilizado para obtenção da forma física do milho moído fino foi a trituração em moinho de martelos; e o milho floculado através da passagem dos grãos por rolos auto-ajustáveis para obtenção do floco, após exposição ao vapor por 30 minutos. Para determinação do tamanho médio de partícula do milho moído fino, utilizou-se a técnica de peneiras descrita por Yu *et al.* (1998), sendo constatado tamanho médio das partículas de 1,5 mm.

O período experimental teve duração de 56 dias, divididos em quatro períodos de 14 dias cada, sendo os primeiros nove dias para adaptação dos animais aos tratamentos e os cinco dias restantes para as coletas de dados.

Os animais foram alimentados uma vez ao dia (6 horas) com ração completa (feno e concentrado), permitindo-se sobras de até 10% para evitar limitação de consumo. Durante os nove dias de adaptação, o consumo dos animais foi monitorado, pesando-se o oferecido e a sobras. Nos cinco dias do período de coleta, foram oferecidas quantidades fixas de alimentos, utilizando-se o valor médio de consumo de cada animal observado durante o 7º e o 9º dias de cada subperíodo. As sobras diárias, quando ocorridas no período de coleta, foram colocadas diretamente no rúmen de cada animal, na intenção de garantir o consumo preestabelecido e evitar necessidade de análise de sobras. Os ingredientes das dietas foram amostrados diariamente, durante os cinco dias do período de coleta, compostos e armazenados a -18°C para posterior análise químico-bromatológica.

Durante os primeiros quatro dias do período de colheita, foram tomadas amostras do conteúdo duodenal (300 mL) e de fezes (200 g), sendo estas últimas retiradas diretamente do reto dos animais. Ambas as colheitas foram realizadas duas vezes ao dia, sempre adiantando-se duas horas por dia na colheita da manhã e na da tarde, de modo a se obter coletas a cada duas horas em um período de 14 horas. A primeira colheita de amostras ocorreu às 6 horas, antes do fornecimento da dieta. As amostras foram compostas por animal, dentro de cada período, e armazenadas a -18°C para posterior análise.

Para fins de análises químico-bromatológicas, as amostras dos ingredientes, das fezes e do conteúdo duodenal foram descongeladas, secadas em estufas de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas, moídas em moíno tipo “Willey”, provido de peneira com crivo de 1 mm. Foram realizadas determinações de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), de acordo com o AOAC (1990), amido pelo método descrito por Poore *et al.* (1993), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com os métodos propostos por Van Soest *et al.* (1991), adaptado para o aparelho ANKOM200 (Ankom Technology Corporation, USA).

No segundo dia de cada período de coleta, quatro horas após o fornecimento das dietas, amostras de fluido ruminal foram colhidas de quatro pontos distintos do rúmen, as quais foram filtradas

em quatro camadas de tecido de algodão, visando a obter aproximadamente 100 mL de fluido ruminal. O pH foi determinado imediatamente após a coleta, através de leitura direta em potenciômetro digital (Digimed TE-902). Deste fluido, foram retiradas duas alíquotas de 25 mL cada, as quais foram acondicionadas em frascos de plástico e congeladas a -18°C , para posteriores análises de ácido graxos voláteis (AGV) e N-NH_3 .

Após o descongelamento, as amostras de fluido ruminal foram centrifugadas a 11.000 g, com temperatura aproximada de 4°C , durante 20 minutos. Uma alíquota do sobrenadante foi transferida para um tubo de ensaio para posterior análise de N-NH_3 , de acordo com o método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962). Uma segunda alíquota foi utilizada para análise de AGV, conforme descrita por Campos *et al.* (2004), em cromatógrafo líquido gasoso HP-5890, Series II, equipado com integrador (Hewlett-Packard Company, Avondale, PA).

No quinto dia do período de coleta, quatro horas após o fornecimento matutino das dietas, amostras de sangue foram coletadas da jugular de cada animal em tubos de ensaio providos de vácuo e anticoagulante. As amostras foram centrifugadas a 4.000 x g, por 15 minutos, à temperatura aproximada de 4°C , para extração de plasma para análise de N-urêico , de acordo com a metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962).

Para determinação da digestibilidade e do fluxo dos nutrientes, o cromo foi fornecido aos animais na forma de óxido de cromo (Cr_2O_3), em dose diária de 40 g por animal via rúmen, subdividida em dois fornecimentos de 20 g cada (manhã e tarde). As amostras de conteúdo duodenal e fezes também foram analisadas para cromo, segundo Fenton e Fenton (1979), para determinação da digestibilidade dos nutrientes. A digestibilidade aparente da MS e dos demais nutrientes foi calculada da seguinte forma:

$$\text{Digestibilidade do nutriente (\%)} = 100 - \frac{(100 \times \% \text{ do marcador no alimento} \times \% \text{ do nutriente nas fezes})}{\% \text{ do marcador nas fezes} \times \% \text{ do nutriente no alimento}}$$

O delineamento experimental adotado foi o Quadrado Latino 4 x 4, com arranjo fatorial de tratamentos 2 x 2, onde os fatores foram processamento de milho (moagem fina x floculação) e fonte protéica (farelo de soja x uréia). Os dados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS (1991).

Resultados e discussão

Embora as rações tenham sido formuladas para

serem isoprotéicas, houve pequena variação nos teores de PB (Tabela 1), devido às variações nos teores de proteína do farelo de soja entre a fase pré-experimental, quando as dietas foram formuladas, e a fase experimental e das fontes de amido (milho moído fino e floculado). A diferença no teor protéico entre as duas fontes de amido se deveu, provavelmente, ao fato de o milho utilizado (floculado e moído fino) não ter sido proveniente de um mesmo lote, levando a crer que não tenham sido provenientes de um mesmo híbrido. Os teores de amido também foram diferentes entre os dois tipos de milho (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de proteína bruta (PB), amido e fibra em detergente neutro (FDN) dos ingredientes utilizados (% MS).

Table 2. Crude protein, starch and neutral detergent fiber content of the ingredients (%DM).

Teores Content	Ingredientes			
	milho moído	milho floculado	farelo de soja	feno
Proteína bruta Crude protein	9,18	8,96	51,26	12,00
Amido Starch	76,88	83,63	5,67	1,58
Fibra em detergente neutro Neutral detergent fiber	13,64	9,16	14,29	65,41

A Tabela 3 apresenta os efeitos da combinação de fontes protéicas e energéticas sobre os parâmetros sanguíneos e ruminais. A floculação do milho reduziu as concentrações de NUP ($p < 0,05$), de N-NH_3 ($p < 0,01$), tendeu a reduzir o pH ruminal ($p < 0,15$) e aumentou a concentração molar de propionato no rúmen ($p < 0,01$) em comparação com a moagem fina. Esses dados indicam que a floculação aumentou a degradabilidade ruminal do amido do milho.

A maior disponibilidade de energia fermentável no rúmen de bovinos que recebem fontes ricas em amido degradável estimula a síntese microbiana (Plascencia e Zinn, 1996), o que explica a menor concentração de N-NH_3 no fluido ruminal observada no presente estudo com novilhos que receberam milho floculado (4,7 e 4,9 mg dL^{-1} , nos tratamentos que continham farelo de soja e uréia, respectivamente) comparado ao moído fino (19,1 e 26,2 mg dL^{-1} , nos tratamentos que continham farelo de soja e uréia, respectivamente).

Beauchemin *et al.* (2001), ao estudarem o processamento dos grãos de cevada na digestão de dietas para bovinos em terminação contendo 13,9% de PB e 45,7% de amido, encontraram valores médios de N-NH_3 ao redor de 11,8 mg dL^{-1} , valores estes superiores aos observados neste estudo com milho floculado, mas inferiores aos observados com milho moído fino. Os valores de N-NH_3 ruminal

nos tratamentos com milho moído foram maiores do que os descritos por Shain *et al.* (1998), 1,65 a 7,89 mg dL⁻¹ em rações com milho moído e teores crescentes de uréia. Vale frisar que os valores encontrados no presente estudo se referem a dados obtidos quatro horas após o fornecimento do alimento, e não a valores médios diários.

Tabela 3. Efeito da combinação de fontes de energia e proteína sobre variáveis ruminais e sanguíneas.

Table 3. Effect of the combination of different sources of protein and energy on ruminal and plasmatic parameters.

Variáveis ¹ Parameters ¹	Tratamentos ² Treatments ²				EPM ³ SEM ³	(P=F) ⁴		
	MMFS	MMU	MFFS	MFU		PM	FP	PMxFP
NUP, mg dL ⁻¹	17,84	16,33	12,18	11,60	1,60	0,018	0,540	0,780
PUN, mg dL ⁻¹								
Rúmen								
N-NH ₃ , mg dL ⁻¹	19,08	26,20	4,69	4,90	2,46	0,001	0,186	0,209
pH	6,34	6,31	5,93	5,88	0,25	0,148	0,869	0,974
C ₂ , mM	59,5	56,1	56,7	59,5	7,07	0,966	0,963	0,675
C ₃ , mM	22,5	23,1	35,3	33,4	2,89	0,007	0,835	0,684
C ₄ , mM	9,5	13,6	11,1	8,7	2,26	0,483	0,733	0,199
C ₂ /C ₃	2,8	2,8	1,7	2,1	0,26	0,013	0,466	0,466

¹NUP: nitrogênio uréico plasmático; N-NH₃: nitrogênio amoniacal ruminal; pH: pH ruminal; C₂: ácido acético; C₃: ácido propiônico; C₄: ácido butírico; C₂/C₃: relação ácido acético/propiônico. ²Tratamentos: MMFS: milho moído e farelo de soja; MMU: milho moído e uréia; MFFS: milho floculado e farelo de soja; MFU: milho floculado e uréia. ³Erro padrão da média. ⁴Probabilidades do teste F para PM (processamento do milho), FP (fonte protéica) e PM x FP (interação). ⁵PUN: plasma urea N; N-NH₃: rumen ammonia N; pH: ruminal pH; C₂: acetic acid; C₃: propionic acid; C₄: butyric acid; C₂/C₃: acetic to propionic ratio. ⁶Treatments: MMFS: ground corn and soybean meal; MMU: ground corn and urea; MFFS: steam-flaked corn and soybean meal; MFU: steam-flaked corn and urea. ⁷Standard error of the mean. ⁸Test F probabilities for PM (corn processing), FP (protein source) and PMx FP (interaction).

Segundo Taniguchi *et al.* (1995) e Huntington *et al.* (1996), a degradabilidade ruminal do amido afeta a quantidade de amônia disponível para absorção ruminal. De acordo com Alio *et al.* (2000), essa amônia é quase totalmente removida do sangue pelo fígado, que a converte em uréia, podendo ser reciclada de volta ao rúmen ou excretada via urina. A menor perda de amônia para a corrente sanguínea e a maior reciclagem de uréia para o rúmen, associadas a uma proteína metabolizável mais bem balanceada em aminoácidos, devido à maior participação da proteína microbiana, podem explicar a menor concentração de NUP nas rações com milho floculado (11,89 mg dL⁻¹), em comparação com o milho moído fino (17,09 mg dL⁻¹).

A maior eficiência de ganho de peso de novilhos em crescimento, alimentados com sorgo ou milho floculados (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Barajas e Zinn, 1998), pode ser devido à maior disponibilidade de energia e de proteína metabolizável para o animal. A maior disponibilidade de energia ocorre em função de uma maior liberação de acetato pelo sistema esplênico, assim como uma maior síntese hepática de glucose, devido principalmente, à maior disponibilidade de propionato produzido no rúmen (Huntington, 1997;

Theurer *et al.*, 1999). Esse aumento em propionato foi observado neste estudo nas dietas com milho floculado (Tabela 3), corroborando os dados da literatura.

De modo geral, a substituição total do farelo de soja pela uréia não afetou (p > 0,05) nenhuma das variáveis ruminais ou sanguíneas avaliadas neste estudo (Tabela 3).

Knaus *et al.* (2001), ao trabalharem com rações similares às deste estudo, também não observaram diferenças nas concentrações de nitrogênio uréico no plasma de novilhos em terminação que receberam uréia ou farelo de soja como suplementos protéicos.

No presente trabalho, as concentrações de N-NH₃ no rúmen não foram afetadas pelas fontes protéicas, provavelmente devido aos altos teores de amido das dietas, que proporcionaram energia suficiente para a utilização eficiente da NH₃ gerada pela uréia presente no alimento.

Devant *et al.* (2001), ao trabalharem com novilhos que receberam rações com altos teores de concentrado, observaram valores médios mais baixos de N-NH₃ ruminal (8,5 mg dL⁻¹) em rações com milho moído e farelo de soja, em comparação a rações com milho moído e farelo de soja e uréia (13,8 mg dL⁻¹). Vale observar que, no presente ensaio, em termos numéricos, houve um aumento não-significativo (p > 0,05) na concentração ruminal de N-NH₃, quando a uréia substituiu o farelo de soja nas dietas contendo milho moído fino, fato este não observado para o milho floculado, o que permite inferir sobre uma possível melhor sincronização da degradação ruminal na combinação entre uréia e milho floculado do que na da uréia com milho moído fino. A hipótese de ocorrência de uma maior digestibilidade ruminal do amido do milho floculado no presente estudo é reforçada pela menor concentração de N-NH₃ ruminal, o que provavelmente favoreceu a síntese microbiana.

Também a maior concentração de PB (p < 0,01) no conteúdo duodenal dos novilhos alimentados com milho floculado (22,9% tanto no tratamento com farelo de soja, quanto naquele que continha uréia; dados não exibidos), em comparação com o moído fino (16,0 e 15,9%, nos tratamentos que continham farelo de soja e uréia, respectivamente; dados não exibidos), sugere uma maior passagem de proteína para o duodeno, devido a uma maior síntese microbiana e/ou a uma maior passagem de proteína de origem alimentar.

A maior concentração (p < 0,001) de FDN no conteúdo duodenal dos novilhos alimentados com milho floculado (28,5 e 22,9%, nos tratamentos que

continham farelo de soja e uréia, respectivamente; dados não exibidos), em comparação ao milho moído fino (17,7 e 19,1%, nos tratamentos que continham farelo de soja e uréia, respectivamente; dados não exibidos), sugere uma menor digestão ruminal da fibra em dietas com maior teor de amido degradável no rúmen, fato este observado na maioria dos trabalhos publicados na literatura (Huntington, 1997; Theurer *et al.*, 1999).

Apesar da impossibilidade da determinação dos valores de digestibilidade ruminal no presente estudo, combinando todos os dados discutidos até o momento, como os menores teores de N-NH₃ e maiores de C₃ no fluido ruminal, a tendência de menores valores de pH, aliada às concentrações mais baixas de amido e mais elevadas de proteína e FDN no conteúdo duodenal de novilhos alimentados com milho floculado sugere uma maior degradabilidade ruminal do amido e uma maior síntese microbiana nessas dietas.

As fontes protéicas não afetaram ($p > 0,05$) as concentrações de amido e proteína no conteúdo duodenal. Esses resultados sugerem que as fontes protéicas utilizadas neste trabalho, apesar de estarem disponíveis em tempos e quantidades diferentes no rúmen, não limitaram a síntese de proteína microbiana.

Bovinos machos de corte, inteiros ou castrados, quando na fase de crescimento, têm mostrado respostas a uma maior suplementação com proteína metabolizável na dieta (NRC, 1996; Cervieri *et al.*, 2001). Para esses animais, quando são fornecidas dietas ricas em energia, com 65% ou mais de concentrado, têm sido observadas respostas ao uso de fontes de proteína verdadeira, como o farelo de soja, em comparação com a uréia.

A suplementação de bovinos em crescimento ou em terminação com fontes de proteína de baixa degradabilidade ruminal não tem resultado em melhor desempenho animal, quando comparada ao farelo de soja ou uréia (Galyean, 1996). Knaus *et al.* (2001), ao utilizarem novilhos em crescimento, alimentados com dietas contendo mais de 13% de PB e 70 a 80% de milho quebrado, observaram que a suplementação com fontes protéicas ricas em PNDR, balanceadas em aminoácidos, não aumentou a digestibilidade, o balanço e a eficiência de utilização de N, quando comparada a dietas com farelo de soja ou uréia.

Os dados de consumo de alimento e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total são apresentados na Tabela 4. O consumo de MS não foi afetado pelos tratamentos ($p > 0,05$). Em experimento conduzido com vacas leiteiras, Yu *et al.*

(1998) observaram menor consumo de MS nas dietas com milho moído fino em comparação com o milho floculado, sendo o volumoso utilizado o feno de alfafa. Entretanto, ensaios também conduzidos com vacas leiteiras no Brasil, utilizando volumoso úmido, como a silagem de milho, não mostraram menor consumo das dietas contendo milho moído fino em relação ao floculado ou processado como pipoca (Nussio *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2001).

Tabela 4. Efeito da combinação de fontes de energia e proteína sobre o consumo de MS e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total.

Variáveis ¹ Parameters ¹	Tratamentos ² Treatments ²				EPM ³ SEM ³	(P=F) ⁴		
	MMFS	MMU	MFFS	MFU		PM	FP	PM x FP
CMS, kg d ⁻¹	5,1	4,6	6,0	5,4	0,54	0,186	0,341	0,912
DMI, kg d ⁻¹								
Digestibilidade no trato total, %								
Total tract digestibility, %								
Matéria seca Dry matter	74,7	68,4	71,8	72,9	4,39	0,853	0,576	0,430
Proteína bruta Crude protein	76,7	70,0	65,1	66,9	3,27	0,065	0,477	0,236
Amido Starch	89,2	88,0	98,6	98,9	1,89	0,002	0,816	0,688
FDN NDF	45,8	37,9	9,5	14,6	5,84	0,002	0,815	0,306

¹CMS: consumo de matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro. ²Tratamentos: MMFS: milho moído e farelo de soja; MMU: milho moído e uréia; MFFS: milho floculado e farelo de soja; MFU: milho floculado e uréia. ³Erro padrão da média. ⁴Probabilidades do teste F para PM (processamento do milho), FP (fonte protéica) e PM x FP (interação).

¹DMI: Dry matter intake; NDF: Neutral detergent fiber. ²Treatments: MMFS: ground corn and soybean meal; MMU: ground corn and urea; MFFS: steam-flaked corn and soybean meal; MFU: steam-flaked corn and urea. ³Standard error of the mean. ⁴Test F probabilities for PM (corn processing), FP (protein source) and PM x FP (interaction).

A digestibilidade da MS no trato digestivo total não foi afetada pelos tratamentos ($p > 0,05$). Zinn e Shen (1998) também não observaram efeito da fonte protéica na digestibilidade da matéria orgânica no trato digestivo total. Os valores observados neste trabalho (68,4 a 74,7%) foram próximos aos valores apresentados por Knaus *et al.* (2001), 73,3% e Castillo *et al.* (2001), 76,1%. Entretanto, foram inferiores aos de Fu *et al.* (2001), 84,9%, que utilizaram dietas contendo milho moído e teores crescentes de proteína degradável no rúmen.

As digestibilidades do amido e do FDN no trato digestivo total foram afetadas pelo processamento de grãos ($p < 0,01$), mas não pela fonte protéica ($p > 0,05$). Houve tendência de menor ($p = 0,065$) digestibilidade da PB no trato digestivo total nas dietas com milho floculado, em comparação com as dietas contendo milho moído fino (66,0 e 73,4%, respectivamente). O aquecimento do grão durante a floculação, que poderia ter ocasionado uma desnaturação de parte da fração protéica, tornando-a menos disponível para o animal, é uma das hipóteses que poderiam ser levantadas para explicar esse fato.

A ausência de efeito de fontes protéicas na digestibilidade da PB no trato digestivo total também foi observada por Zinn e Shen (1998), que

compararam os efeitos da utilização de uréia, farelo de soja e farinha de peixe em novilhos que receberam rações contendo milho floculado, similarmente ao objeto de estudo da presente pesquisa.

A digestibilidade do amido no trato total foi maior ($p < 0,01$) nas dietas contendo milho floculado, dados estes concordantes com a literatura revisada por Huntington (1997) e por Theurer *et al.* (1999). Já os valores observados para o milho moído fino (89,2 e 88,0%, nos tratamentos que continham farelo de soja e uréia, respectivamente) são inferiores ao esperado, uma vez que são valores tipicamente relatados para milho moído, grosso ou laminado seco (Huntington, 1997).

A maior digestibilidade do amido pode resultar em maior disponibilidade de energia para o ruminante, assim como uma maior disponibilidade de aminoácidos, uma vez que, em geral, alimentos com alta digestibilidade total têm também alta degradabilidade ruminal, favorecendo a síntese microbiana.

A menor digestibilidade da FDN ($p < 0,01$) encontrada no presente estudo nas rações contendo milho floculado, em comparação com o moído fino, tem sido também observada em diversos trabalhos, especialmente naqueles que se utilizam de bovinos confinados, alimentados com dietas com altos teores de concentrado. Em dietas contendo entre 40 a 60% de forragem para vacas leiteiras, a digestão da FDN no intestino grosso tem sido capaz de compensar a menor digestão que ocorre no rúmen devido ao aumento da degradabilidade do amido de milho ou sorgo floculado (Huntington, 1997; Theurer *et al.*, 1999). Os valores obtidos no presente estudo para digestibilidade da FDN no trato total são normais para rações contendo milho moído fino, porém extremamente baixos nas dietas com milho floculado.

Conclusão

O aumento da digestibilidade do amido obtido através da floculação do milho resultou em melhor disponibilidade de energia para o animal, assim como em melhor eficiência de uso da proteína da dieta. O milho floculado é uma fonte de amido que permite melhor sincronização entre proteína e energia no rúmen, quando fontes protéicas ricas em PDR, como o farelo de soja e a uréia, são utilizadas.

Referências

ALIO, A. *et al.* Splanchnic nitrogen metabolism by growing beef steers fed diets containing sorghum grain

flaked at different densities. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 78, n. 5, p. 1355-1365, 2000.

AOAC-Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 15. ed. Washington, D.C., AOAC International, 1990.

BARAJAS, R.; ZINN, A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 76, n. 7, p. 1744-1752, 1998.

BEAUCHEMIN, K.A. *et al.* Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 79, n. 7, p. 1925-1934, 2001.

CAMPOS, F.P. *et al.* *Métodos de Análise de Alimentos*. Piracicaba: Fealq, 2004.

CASTILLO, A.R. *et al.* The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 79, n. 1, p. 247-253, 2001.

CERVIERI, R.C. *et al.* Desempenho e características de carcaça de bezerros confinados recebendo dietas com diferentes degradabilidades da fração protéica. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1590-1599, 2001.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.*, Washington, D.C., v. 8, n. 2, p. 130-137, 1962.

DEVANT, M. *et al.* Effect of nitrogen source in high-concentrate, low-protein beef cattle diets on microbial fermentation studied *in vivo* and *in vitro*. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 79, n. 7, p. 1944-1955, 2001.

FENTON, T.W.; FENTON. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 59, n. 3, p. 631-634, 1979.

FU, C.J. *et al.* Ruminal peptide concentration required to optimize microbial growth and efficiency. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 79, n. 5, p. 1305-1314, 2001.

GALYEAN, M.L. Protein levels in beef cattle finishing diets: industry application, university research, and systems results. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 74, n. 11, p. 2860-2870, 1996.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 75, n. 3, p. 852-862, 1997.

HUNTINGTON, G.B. *et al.* Effects of dietary concentrate level on nutrient absorption, liver metabolism, and urea kinetics of beef steers fed isonitrogenous and isonergetic diets. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 74, n. 4, p. 908-916, 1996.

KNAUS, W.F. *et al.* Optimization of rate and efficiency of dietary nitrogen utilization through the use of animal by-products and (or) urea and their effects on nutrient digestion in Holstein steers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 79, n. 3, p. 753-761, 2001.

LOZANO, O. *et al.* Net absorption and hepatic metabolism of glucose, L-lactate and volatile fatty acids by steers fed diets containing sorghum grain processed as dry-rolled or steam-flaked at different densities. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 78, n. 5, p. 1364-1375, 2000.

- NRC-National Research Council. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.
- NUSSIO, C.M.B. et al. Fontes de amido de diferentes degradabilidades e sua substituição parcial por polpa de citrus em dietas para vacas leiteiras. *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1079-1086, 2002.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. *Digest passage and microbial protein synthesis*. In: MILLIGAN, L.P. et al. (Ed.). Control on digestion and metabolism in ruminants. Englewood Cliffs, Prentice Hall. ch.8, p. 196-223, 1986.
- OWENS, F.N. et al. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 63, n. 5, p. 1634-1643, 1986.
- PLASCENCIA, A.; ZINN, R.A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 74, n. 2, p. 310-316, 1996.
- POORE, M.H. et al. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 76, n. 8, p. 2244-2253, 1993.
- REIS, R.B. et al. Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass legume forage. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 84, n. 2, p. 429-441, 2001.
- SANTOS, F.A.P. et al. Response of lactating cows to various densities of sorghum grain. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 75, n. 8, p. 1681-1685, 1997.
- SANTOS, F.A.P. et al. Processamento de grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 23, n. 4, p. 923-931, 2001.
- SAS Institute. *Users guide: Statistics*, version 5. Cary, 1991.
- SHAIN, D.H. et al. Effects of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 76, n. 1, p. 242-254, 1998.
- TANIGUCHI, K. et al. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusions of casein and starch. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 73, n. 1, p. 236-249, 1995.
- THEURER, C.B. et al. Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 82, n. 9, p. 1950-1959, 1999.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 63, n. 5, p. 1649-1657, 1986.
- VAN SOEST, P.J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, n. 10, p. 3583-3591, 1991.
- YU, P. et al. Effects of ground, steam-flaked and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 81, n. 3, p. 777-783, 1998.
- ZINN, A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminal degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 76, n. 5, p. 1280-1289, 1998.

Received on May 04, 2006.

Accepted on May 02, 2007.