

## Fontes de Proteína, Ingestão de Alimentos e Fluxo Esplâncnico de Nutrientes em Ovinos

Antonio Ferriani Branco<sup>1,6</sup>, Gisele Fernanda Mouro<sup>3</sup>, David Lee Harmon<sup>2</sup>, Luiz Paulo Rigolon<sup>1</sup>,  
Lúcia Maria Zeoula<sup>1, 6</sup>, Fábio José Maia<sup>4</sup>, Sabrina Marcantonio Coneglian<sup>5</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar a ingestão de nutrientes e o fluxo esplâncnico de glicose, nitrogênio  $\alpha$ -amino, amônia e uréia em ovinos alimentados com diferentes fontes de proteína. Foram utilizados três ovinos pesando, em média, 50 kg, implantados com quatro catéteres, sendo um na veia mesentérica, um na artéria mesentérica, um na veia porta e um na veia hepática. O delineamento utilizado foi o quadrado latino 3x3. Os tratamentos consistiram na utilização de três diferentes fontes de proteína: o farelo de soja, a farinha de penas e o farelo de glúten de milho. Não houve efeito dos tratamentos na ingestão de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN). As concentrações portal, hepática e arterial de glicose, N  $\alpha$ -amino, amônia e uréia não diferiram com a utilização de diferentes fontes de proteína. Somente o fluxo portal de glicose aumentou e o esplâncnico de N  $\alpha$ -amino diminuiu com a utilização do farelo de glúten de milho como fonte de proteína. As taxas de extração hepática dos nutrientes foram de -10,51; 4,07; 47,69 e -4,81%, para a glicose, N  $\alpha$ -amino, amônia e uréia, respectivamente, e não diferiram entre os tratamentos.

Palavras-chave: farinha de penas hidrolisada, farelo de glúten de milho, fluxo porta-hepático de nutrientes, ingestão, ovinos

### Protein Sources, Feed Intake and Splanchnic Flux of Nutrients in Sheep

**ABSTRACT** - Three wethers averaging 50 kg LW, fitted with four catheters, in the mesenteric vein, mesenteric artery, portal vein and hepatic vein, were used to evaluate nutrient intake and glucose,  $\alpha$ -amino nitrogen, ammonia and urea splanchnic fluxes in sheep fed with different protein sources. Statistical design was a 3x3 Latin square. Treatments consisted of three different protein sources utilization: soybean meal, hydrolyzed feather meal and corn gluten meal. There were no treatment effects over intake of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF). Portal, hepatic and arterial concentrations for glucose,  $\alpha$ -amino nitrogen, ammonia and urea were not affected by different protein sources. Only glucose portal flux increased and  $\alpha$ -amino nitrogen flux decreased when corn gluten meal as protein source was used. Nutrient hepatic extraction rate were -10.51, 4.07, 47.69 and -4.81% for glucose,  $\alpha$ -amino nitrogen, ammonia and urea, respectively, and there was no difference among treatments.

Key Words: corn gluten meal, hydrolysed feather meal, intake, nutrient porta-hepatic flux, wethers

### Introdução

Os suplementos protéicos possuem grande importância no suprimento de aminoácidos para as necessidades de manutenção e produtivas dos animais ruminantes, que em muitas circunstâncias não são atendidas pela proteína microbiana. O fornecimento de fontes de proteína de alta degradabilidade ruminal é fundamental para o crescimento dos microrganismos, uma vez que, juntamente com a energia fermentável no rúmen, define a eficiência de síntese microbiana.

A utilização de fontes de baixa degradabilidade ruminal vem ao encontro do atendimento das exigências de proteína metabolizável, além daquela que é fornecida pela proteína microbiana, embora sua utilização implique em questões como a digestibilidade intestinal da proteína que chega ao duodeno, o perfil dos aminoácidos absorvidos e a utilização destes aminoácidos para manutenção do trato digestório (produção de enzimas, reposição celular, combustível energético), entre outras.

A degradabilidade da proteína de diferentes fon-

<sup>1</sup> Professores do Departamento de Zootecnia - UEM Av. Colombo, 5790. CEP: 87020-900. Maringá-PR. E.mail: afbranco@uem.br; rig@wnet.com.br; lmzeoula@uem.br

<sup>2</sup> Professor do Department of Animal Science - University of Kentucky. W P Garrigus Building. Zip Code: 40546-0215. Lexington-KY-USA.

<sup>3</sup> Estudante de Doutorado em Zootecnia - UEM, Av. Colombo, 5790. CEP: 87020-900. Maringá-PR. E.mail: gfmouro@hotmail.com

<sup>4</sup> Estudante de Mestrado em Zootecnia - UEM, Av. Colombo, 5790. CEP: 87020-900. Maringá-PR. E.mail: maiafj@hotmail.com

<sup>5</sup> Estudante de Graduação em Zootecnia - Bolsista PIBIC - UEM Av. Colombo, 5790. CEP: 87020-900. Maringá-PR. E.mail: sazootecnia@hotmail.com

<sup>6</sup> Pesquisador do CNPq.

tes para ruminantes pode variar de 20 a 80% (NRC, 1996). O fornecimento de farelo de glúten de milho ou uma mistura de farinha de sangue e peixe como fontes de proteína de baixa degradabilidade ruminal não influenciou o fluxo portal de aminoácidos em relação ao fornecimento do farelo de soja (Titgemeyer et al., 1989).

A degradabilidade da proteína não influenciou o fluxo líquido de aminoácidos pela veia porta, embora o fluxo portal de amônia e uréia tenha aumentado com a utilização da uréia, uma fonte de nitrogênio rapidamente degradável no rúmen, quando comparada com o farelo de soja e uma mistura de fontes de proteína de baixa degradabilidade ruminal, em ovinos alimentados com dieta à base de uma forragem de baixa qualidade (Ferrel et al., 1999).

Ferrel et al. (2001) verificaram que a suplementação com uréia fornece o suporte adequado de nitrogênio solúvel para o crescimento microbiano, aumentando, dessa forma, o suprimento de aminoácidos para animais alimentados com alta relação concentrado: volumoso na dieta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes de proteína com diferentes taxas de degradação ruminal sobre a ingestão de nutrientes e o metabolismo esplâncnico de glicose, N  $\alpha$ -amino, amônia e uréia em ovinos.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Nutrição de Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá, localizada no distrito de Iguatemi, e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal -UEM, no período de julho a outubro de 2001.

Foram utilizados três ovinos da raça Suffolk pesando, em média, 50 kg, implantados com quatro catéteres, sendo um na veia mesentérica, um na artéria mesentérica, um na veia porta e um na veia hepática (Katz & Bergmann, 1969). Os catéteres foram monitorados a cada 10 dias e mantidos com diferentes soluções de heparina. Para o catéter arterial foi utilizada heparina estéril 500 U/mL e para os demais, heparina estéril 200 U/mL. Durante o período de coleta de sangue, foi perfundida heparina estéril 20 U/mL.

Os animais foram mantidos em gaiolas de metabolismo durante o período experimental e contidos através de colar de contenção ajustado ao pescoço. As gaiolas de metabolismo tinham bebedouros e

comedouros individuais, com rígido controle higiênico e sanitário.

Os tratamentos consistiram na utilização de três diferentes fontes de proteína, uma com alta degradabilidade ruminal, o farelo de soja, uma com baixa degradabilidade de origem animal, a farinha de penas, e uma com baixa degradabilidade ruminal de origem vegetal, o farelo de glúten de milho. A composição das dietas, estimada a partir de dados do NRC (1996), é apresentada na Tabela 1. A silagem de milho foi o volumoso utilizado neste experimento e a relação volumoso: concentrado foi de 50:50 com base na matéria seca.

Os períodos experimentais tiveram duração de 14 dias, sendo 11 de adaptação à dieta. No 12<sup>o</sup>, 13<sup>o</sup> e 14<sup>o</sup> dias, foram coletadas amostras de sobras dos alimentos, para posterior determinação da ingestão de nutrientes. As sobras foram pesadas; o peso, anotado, e 20% do total, retirados para obtenção de uma amostra composta por período/animal/tratamento. As sobras foram acondicionadas em embalagens plásticas, identificadas pelo número do animal/período/tratamento e mantidas sob congelamento (-20°C). Foram coletadas amostras de silagem no 11<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup> e 13<sup>o</sup> dias de cada período experimental, as quais foram compostas a fim de obter-se uma amostra por período.

Após o descongelamento, as amostras de sobras e silagem foram secas a 55°C por 72 horas, em estufa de ventilação forçada, e posteriormente processadas em moinho tipo Willey, utilizando-se peneira com crivo de 1 mm. Em seguida, foram determinadas, juntamente com os alimentos utilizados para as rações concentradas, as matérias seca (MS) e orgânica (MO) (AOAC, 1990), a proteína bruta (PB) pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1990) e a fibra em detergente neutro (FDN) (Van Soest et al., 1991). A composição química das dietas fornecidas foi estimada multiplicando-se a porcentagem de cada alimento presente na dieta por sua concentração de nutrientes.

Com relação às coletas de sangue, nos dias de realização das mesmas (14<sup>o</sup> dia), o trabalho iniciava-se às 7h30 e se estendia até as 16h. O ácido paraaminohipúrico (PAH) foi perfundido durante todo o período de coleta, no sentido de possibilitar as futuras determinações de fluxo plasmático dos vasos (artéria mesentérica e veias porta e hepática). Às 9 h, iniciava-se a perfusão de PAH com a administração de 15 mL de PAH 1,5% (dose inicial), sendo a mesma mantida a uma taxa de perfusão de 0,80 mL/minuto até que fosse encerrada a última coleta de cada

animal, o que ocorria por volta das 15h30.

Para realizar a perfusão do ácido para aminohipúrico, foi utilizada uma bomba peristáltica de alta precisão da marca Cole-Parmer (74900 series, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, IL), com adaptador para oito seringas. A perfusão do ácido paraaminohipúrico foi realizada através do catéter implantado na veia mesentérica. Durante a preparação da solução do ácido paraaminohipúrico, a mesma foi filtrada (0,45 mm) e autoclavada. A solução foi preparada para conter 1,5% do ácido (peso/volume), com pH 7,4, e perfundida através de um filtro de 0,45 mm e tubos esterilizados com óxido de etileno. Foram realizadas seis coletas de sangue

por animal por dia, com intervalo de uma hora, iniciando-se às 10h e encerrando-se às 15 h. As coletas de sangue foram feitas, simultaneamente, nas veias porta e hepática e na artéria mesentérica, utilizando-se três seringas conectadas a um adaptador com torneirinha três vias, sendo retirados 7 mL de sangue/vaso em seringas heparinizadas. O tempo necessário para a coleta em cada animal foi de aproximadamente 12 minutos, sendo que, após iniciar a retirada do sangue (amostra), a amostra nunca era retirada em tempo inferior a 5 minutos.

As amostras de sangue foram imediatamente transferidas das seringas para tubos teste mantidos em gelo, sendo realizada a leitura de hematócrito em

Tabela 1 - Composição percentual e química das dietas experimentais (% na MS)

Table 1 - Percentual and chemical composition of the experimental diets (% dry matter)

	Farinha de penas <i>Feather meal</i>	Farelo de glúten de milho <i>Corn gluten meal</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
Farinha de penas <i>Feather meal</i>	7,00	0,00	0,00
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	0,00	0,00	13,85
Farelo de glúten de milho <i>Corn gluten meal</i>	0,00	10,75	0,00
Aveia <i>Oat grain</i>	21,30	19,15	17,60
Milho <i>Corn</i>	21,30	19,15	17,60
Uréia <i>Urea</i>	0,00	0,15	0,30
Calcário <i>Limestone</i>	0,30	0,30	0,20
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,10	0,50	0,45
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	50,00	50,00	50,00
Composição calculada <i>Calculated composition</i>			
NDT (% MS) <sup>1</sup> <i>TDN (% DM)</i>	73,98	75,28	74,96
FDN (% da MS) <i>NDF (% DM)</i>	36,98	34,00	34,36
PB (% MS) <i>CP (% DM)</i>	14,45	14,43	14,52
PDR (% PB) <i>RDP (% CP)</i>	66,37	66,23	71,18
PDR digestível (% PB) <i>Digestible RDP (% CP)</i>	5,16	7,08	4,11
Cálcio (% MS) <i>Calcium (% DM)</i>	0,40	0,40	0,40
Fósforo (% MS) <i>Phosphorus (% DM)</i>	0,41	0,41	0,41

<sup>1</sup> NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; FDN: Fibra em Detergente Neutro; PB: Proteína Bruta; PDR: Proteína Degradável no Rúmen.

<sup>1</sup> TDN: Total Digestible Nutrients; NDF: Neutral Detergent Fiber; CP: Crude Protein; RDP: Ruminally Degraded Protein.

duplicata para cada amostra. Em seguida, foram transferidas para o laboratório, onde se obteve o plasma pela centrifugação a 3500 rpm por 10 minutos. O plasma foi mantido congelado até padronização dos métodos e, em seguida, processado.

Foram realizadas análises de glicose, nitrogênio  $\alpha$ -amino, uréia, amônia e ácido paraaminohipúrico. A glicose foi analisada pelo método da glicose-oxidase (Gochman & Schmitz, 1972). O ácido paraaminohipúrico foi analisado segundo Huntington (1982). As soluções para obtenção da curva padrão na análise do ácido paraaminohipúrico foram preparadas a partir das soluções utilizadas para perfusão (1,5% peso/volume). O nitrogênio  $\alpha$ -amino e a amônia foram analisados no plasma desproteinizado com ácido tricloroacético 300 mM, sendo usados 200  $\mu$ L de plasma e 900  $\mu$ L de ácido. Os padrões para análise do nitrogênio  $\alpha$ -amino foram preparados utilizando-se treonina, segundo o método de Palmer & Peters (1969). A amônia foi analisada pelo método do hipoclorito (Imler et al., 1972). A uréia foi analisada pelo método de Marsh et al. (1965).

O fluxo de sangue e de metabólitos através do sangue porta-hepático foi determinado utilizando-se as equações de Bergman & Wolff (1971), as quais se baseiam no princípio de Fick, que usa a diferença artério-venosa para concentração e taxa de fluxo.

O fluxo plasmático (F, L/hora) pela veia porta (FP) ou hepática (FH) foi obtido pela seguinte equação:

$$FP \text{ ou } H = \frac{TPPAH}{CPAH_v - CPAH_a} \times 100$$

em que TPPAH = taxa de perfusão do PAH (mg/h); CPAH<sub>v</sub> = concentração venosa (portal ou hepática) de PAH; CPAH<sub>a</sub> = concentração arterial de PAH.

O fluxo plasmático arterial hepático (FAH, L/h) é dado por: FH - FP.

O fluxo portal de determinado metabólito (mM/h) é dado por:

$$FP_{\text{metabólito}} = FP \times [CP_{\text{metabólito}} - CA_{\text{metabólito}}]$$

em que CP<sub>metabólito</sub> = concentração portal do metabólito (mM); CA<sub>metabólito</sub> = concentração arterial do metabólito (mM).

O fluxo esplâncnico de metabólitos (mM/h) foi calculado como:

FH<sub>metabólito</sub> = FH  $\times$  [CH<sub>metabólito</sub> - CA<sub>metabólito</sub>], em que FH, o fluxo hepático (mM/h) de nutrientes, é dado pela diferença entre o fluxo

esplâncnico e o fluxo portal.

A porcentagem de extração hepática (E) dos metabólitos foi calculada segundo Baird et al. (1980):

$$E (\%) = \frac{[(F_P C_P + F_{AH} C_A) - (F_H C_H)] \times 100}{(F_P C_P + F_{AH} C_A)}$$

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 3 x 3, segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + P_k + e_{ijk}$$

em que:  $\mu$  = constante geral;  $T_i$  = efeito do tratamento i, variando de 1 a 3;  $A_j$  = efeito do animal j, variando de 1 a 3;  $P_k$  = efeito do período k, variando de 1 a 3;  $e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação ijk.

## Resultados e Discussão

As médias da ingestão de MS, MO, PB e FDN encontram-se na Tabela 2.

A ingestão de nutrientes não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pela utilização de diferentes fontes de proteína, sendo que a ingestão de MS foi, em média, de 2,76%, em relação ao peso vivo, embora a oferta de alimentos tenha sido de 3%. Ferrel et al. (1999) e Ferrel et al. (2001) também não encontraram diferenças na ingestão de nutrientes, utilizando rações com diferentes fontes de proteína.

Branco et al. (2001), trabalhando com novilhos da raça Holandês e utilizando dietas com diferentes fontes de proteína, a uréia, a farinha de penas e o farelo de glúten de milho, não encontraram diferença na ingestão de matéria seca. O fornecimento de dietas com fontes de proteína de escape deve ser feito com critério, pois pode não atender às exigências de nitrogênio dos microrganismos ruminais. O suprimento inadequado deste nutriente pode reduzir a digestibilidade da fibra, alterando o fluxo de nutrientes, diminuindo, assim, a ingestão de matéria seca, o que não foi observado neste experimento e nos citados anteriormente.

As concentrações de glicose na veia porta, veia hepática e arterial não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos estudados, ficando, em média, em 3,75, 4,15 e 3,76 mM, respectivamente (Tabela 3).

Goetsch et al. (1997), Ferrel et al. (1999) e Ferrel et al. (2001), estudando diferentes fontes de proteína, não avaliaram as concentrações, nem os fluxos de glicose, diferentemente do realizado no presente experimento. Parece que a presença de maior

quantidade de proteína no intestino delgado potencializa a digestão do amido que escapa da fermentação ruminal, pois Fregadolli (2000) encontrou valores diferentes de digestibilidade intestinal do

amido para dietas com diferentes fontes de proteína, o que poderia contribuir para o aumento no fluxo portal de glicose.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre

Tabela 2 - Médias e erro-padrão (EP) da ingestão de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e FDN  
Table 2 - Means and standard error (SE) of dry matter, organic matter, crude protein and NDF intake

	Farinha de penas <i>Feather meal</i>	Farelo de glúten de milho <i>Corn gluten meal</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	Média <i>Mean</i>	EP <i>SE</i>
Matéria seca (g) <i>Dry matter (g)</i>	1.445,4	1.418,3	1.465,7	1.443,2	146,9
Matéria orgânica (g) <i>Organic matter (g)</i>	1.322,8	1.208,6	1.326,4	1.285,9	136,7
Proteína bruta (g) <i>Crude protein (g)</i>	205,9	207,4	233,1	212,1	19,9
FDN (g) <i>NDF (g)</i>	585,3	415,9	535,7	512,3	96,3

Tabela 3 - Médias e erro-padrão (EP) das concentrações plasmáticas portal, hepática e arterial de glicose, N  $\alpha$ -amino, amônia e uréia  
Table 3 - Means and standard error (SE) of portal, hepatic and arterial plasma concentrations of glucose,  $\alpha$ -amino N, ammonia and urea

	Farinha de penas <i>Feather meal</i>	Farelo de glúten de milho <i>Corn gluten meal</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	Média <i>Mean</i>	EP <i>SE</i>
Glicose, mM <i>Glucose, mM</i>					
Veia porta <i>Portal vein</i>	3,56	3,80	3,82	3,75	0,15
Veia hepática <i>Hepatic vein</i>	4,09	4,16	4,20	4,15	0,22
Artéria <i>Artery</i>	3,67	3,77	3,84	3,76	0,17
N $\alpha$ -amino, mM <i><math>\alpha</math>-amino N, mM</i>					
Veia porta <i>Portal vein</i>	3,67	3,46	3,40	3,51	0,32
Veia hepática <i>Hepatic vein</i>	3,51	3,15	3,23	3,30	0,36
Artéria <i>Artery</i>	3,31	3,10	3,08	3,16	0,29
Amônia, mM <i>Ammonia, mM</i>					
Veia porta <i>Portal vein</i>	0,679	0,641	0,652	0,657	0,051
Veia hepática <i>Hepatic vein</i>	0,328	0,323	0,269	0,306	0,055
Artéria <i>Artery</i>	0,349	0,312	0,307	0,323	0,081
Uréia, mM <i>Urea, mM</i>					
Veia porta <i>Portal vein</i>	3,92	4,18	3,82	3,97	0,79
Veia hepática <i>Hepatic vein</i>	4,12	4,35	4,00	4,16	0,76
Artéria <i>Artery</i>	3,95	4,24	3,79	4,00	0,78

os tratamentos para as concentrações de N  $\alpha$ -amino nas veias porta e hepática e artéria mesentérica, sendo, em média, 3,51; 3,30 e 3,16 mM (Tabela 3). As razões para estas observações não são claras e permitem inferir que a concentração plasmática de N  $\alpha$ -amino nestes vasos não é apenas uma função da ingestão do nitrogênio dietético e do seu metabolismo ruminal, mas também um reflexo da mobilização e metabolismo da proteína corporal. Em dietas com maiores porcentagens de proteína de escape, Fregadolli (2000) observou aumento no fluxo duodenal de nitrogênio não microbiano, no entanto, Goetsch et al. (1997) e Ferrell et al. (1999), utilizando fontes de proteína de escape, não observaram alterações nas concentrações de N  $\alpha$ -amino portal, hepática e arterial.

Em contrapartida, em alguns casos, a produção de proteína microbiana no rúmen pode diminuir com o aumento da proteína de escape, provavelmente devido à redução da fermentabilidade da dieta; assim, a utilização de fontes com baixa degradabilidade ruminal pode não resultar em diferenças significativas no fluxo total de aminoácidos para o intestino delgado (Kung & Rode, 1996).

Não houve diferença entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) para as concentrações de amônia e uréia no plasma portal, hepático e arterial, que foram, em média, de 0,657; 0,306 e 0,323 mM e de 3,97; 4,16 e 4,00 mM, respectivamente (Tabela 3). A amônia portal pode ser originada basicamente da absorção pela parede do trato digestivo, resultante da degradação dos compostos nitrogenados presentes na dieta ou ainda do metabolismo de aminoácidos no intestino delgado, já que o glutamato é o principal combustível energético deste órgão. Esta grande concentração de amônia não pode chegar à circulação sistêmica, pois é tóxica ao organismo. O fígado utiliza a amônia e a transforma em uréia, uma molécula neutra, que deverá ser excretada ou reciclada novamente para o rúmen; dessa forma, as concentrações de amônia e uréia são interdependentes.

Branco et al. (2001) encontraram maiores concentrações de amônia ruminal em animais alimentados com uréia como fonte de proteína bruta, em relação aos que foram alimentados com farelo de glúten de milho e farinha de penas. Dessa forma, esperavam-se também menores concentrações portal de amônia para os tratamentos em que foram utilizados estes dois alimentos como fonte protéica, o que, como já mencionado anteriormente, não ocorreu.

Os fluxos plasmáticos nas vísceras drenadas pela

veia porta (VDP), pelo esplâncnico e arterial não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos utilizados (em média de 103,83; 131,89 e 28,06 L/h, respectivamente; Tabela 4). Os fluxos plasmáticos nas VDP, no esplâncnico e arterial foram de 33,24; 42,27 e 9,04 mL/minuto\*kg de peso vivo<sup>-1</sup> e também não diferiram entre os tratamentos estudados.

O fluxo positivo de determinado metabólito significa, no caso das VDP, absorção e, no caso do fígado, síntese. O fluxo negativo de determinado metabólito significa que este está sendo consumido pelo órgão.

O fluxo de glicose pelas VDP foi maior ( $P<0,05$ ) para o tratamento contendo farelo de glúten de milho, em relação aos que continham farelo de soja e farinha de penas, com médias de 2,92; -1,86 e -2,08 mM/h respectivamente. O farelo de glúten de milho possui, aproximadamente, 14% de amido, com baixa degradabilidade ruminal; o farelo de soja, cerca de 5% de amido; e a farinha de penas não possui amido, pois se trata de um alimento de origem animal (NRC, 1996). Esta diferença na composição química pode ter influenciado o fluxo de glicose nas VDP.

As diferentes fontes de proteína não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) quanto aos fluxos esplâncnico e hepático de glicose, que foram, em média, de 52,44 e 52,78 mM/h, respectivamente. A taxa média de extração hepática de glicose foi de -10,51%, não existindo diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos estudados. Considerando a liberação de glicose pelas VDP de 2,92; -1,86 e -2,08 mM/h para as rações com farelo de glúten de milho, farelo de soja e farinha de penas, respectivamente, em seis horas de coleta teríamos 17,52, -11,16 e -12,48 mM, ou ainda, 3,15, -2,01 e -2,25g de glicose absorvida (valores positivos) e consumida (valores negativos). Já a produção hepática de glicose nas mesmas seis horas foi, em média, de 313,68 mM ou de 57 g de glicose, não diferindo entre os tratamentos. Estes resultados evidenciaram que, mesmo existindo absorção de glicose proporcionada por determinada fonte, esta representou apenas 5,5% da produção hepática. A taxa de extração hepática negativa indica que houve produção líquida de glicose pelo fígado (Baird et al., 1980), o que é coerente com a fisiologia de animais ruminantes, já que a fermentação ruminal impede a absorção de glicose que supra a exigência animal.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos quanto ao fluxo das VDP e hepático de N  $\alpha$ -amino, que foi, em média, de 36,83 e 18,05 mM/h, respectivamente, embora tenha sido observado

menor fluxo esplâncnico para as dietas que continham farelo de glúten de milho (6,68 mM/h) em relação às que possuíam farelo de soja (27,95 mM/h) e farinha de penas (21,73 mM/h). Ferrel et al. (2001) não encontraram diferenças significativas nos fluxos hepático e esplâncnico de aminoácidos em ovi-

nos suplementados com uréia, farelo de soja ou a uma fonte de proteína de escape, com médias de -37,70 e 3,08 mmol/h, respectivamente. Goetsch et al. (1997) encontraram maior fluxo pelas VDP, pelo esplâncnico e hepático, de N  $\alpha$ -amino para as dietas que utilizaram suplementação com proteína de escape, sendo,

Tabela 4 - Médias e erro-padrão (EP) dos fluxos plasmáticos da veia porta, veia hepática e arterial, da absorção ou consumo pelas vísceras drenadas pela veia porta (VDP), consumo ou produção pelos tecidos esplâncnicos, consumo ou produção pelo fígado e porcentagens de extração hepática (E) de glicose, N  $\alpha$ -amino, amônia e uréia

Table 4 - Means and standard error (SE) of portal, hepatic and arterial plasma flow, portal-drained viscera (PDV) output or uptake, splanchnic output or uptake, liver output or uptake and percentage hepatic extraction of glucose,  $\alpha$ -amino N, ammonia and urea

	Farinha de penas <i>Feather meal</i>	Farelo de glúten de milho <i>Corn gluten meal</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	Média <i>Mean</i>	EP <i>SE</i>
Portal (L/hora)	106,58	100,43	104,49	103,83	12,53
Hepático (L/hora)	134,21	128,18	133,29	131,89	12,03
Arterial (L/hora)	27,63	27,73	28,80	28,06	1,54
Glicose, mM/h <i>Glucose, mM/h</i>					
VDP <sup>1</sup>	-1,86b	2,92a	-2,08b	-0,34	11,82
PDV					
Esplâncnico <i>Splanchnic</i>	57,38	51,05	48,88	52,44	23,24
Hepático <i>Hepatic</i>	59,24	48,13	50,96	52,78	21,50
E (%)	-11,96	-9,89	-9,69	-10,51	3,84
N $\alpha$ -amino, mM/h <i><math>\alpha</math>-amino N, mM/h</i>					
VDP	37,97	38,16	34,38	36,83	16,34
PDV					
Esplâncnico <i>Splanchnic</i>	27,95a	6,68b	21,73a	18,78	15,13
Hepático <i>Hepatic</i>	-10,02	-31,48	-12,65	-18,05	16,61
E (%)	2,19	7,05	2,95	4,07	3,55
Amônia, mM/h <i>Ammonia, mM/h</i>					
VDP	36,23	32,41	36,02	34,88	8,68
PDV					
Esplâncnico <i>Splanchnic</i>	-2,24	0,97	-0,96	-2,08	6,24
Hepático <i>Hepatic</i>	-38,49	-31,43	-43,98	-36,97	8,35
E (%)	46,33	43,05	56,68	47,69	7,85
Uréia, mM/h <i>Urea, mM/h</i>					
VDP	-5,61	-5,73	2,49	-2,95	12,19
PDV					
Esplâncnico <i>Splanchnic</i>	20,68	12,72	27,57	20,32	17,79
Hepático <i>Hepatic</i>	26,30	18,45	25,08	23,27	9,83
E (%)	-5,33	-3,71	-5,38	-4,81	2,61

<sup>1</sup> Médias, na mesma linha, com letras distintas, indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste Tukey.

<sup>1</sup> Means, in the same row, followed by different letters, differ (P<.05) by Tukey test.

em média, de 21,3, -20,0 e 2 mmol/h, respectivamente.

A taxa de extração hepática de N  $\alpha$ -amino foi de 4,07%, indicando que houve consumo de aminoácidos pelo fígado, não se constatando diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos. Os aminoácidos retirados da circulação pelo fígado podem seguir rotas distintas, a saber: retenção na forma livre nos fluidos intra e extravasculares, conversão a metabólitos nitrogenados específicos (aminoácidos aromáticos em neurotransmissores, glicina em hipurato, síntese de oligopeptídeos), oxidação para produzir energia e intermediários do metabolismo não nitrogenado e incorporação em proteínas hepáticas e extra hepáticas (Seal & Parker, 2000).

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as dietas com diferentes fontes de proteína quanto aos fluxos portal, hepático e esplâncnico de amônia, com médias de 34,88, -2,08 e -36,97 mM/h. A utilização de um suplemento com uma mistura de fontes de proteína de baixa degradabilidade ruminal proporcionou menor fluxo portal de amônia (12,49 mM/h), em relação aos que utilizaram o farelo de soja (21,00 mM/h) e a uréia (19,71 mM/h) como fonte de proteína (Ferrell et al., 1999). As taxas e quantidades de amônia produzidas são reflexos da solubilidade e da fermentabilidade das fontes endógenas e exógenas de nitrogênio. Dietas que possuem uréia em sua composição produzem picos de amônia no rúmen, podendo comprometer a utilização microbiana do nitrogênio liberado (Branco et al., 2001), o qual é absorvido pela parede ruminal e drenado para o fígado através do sistema portal, podendo refletir em maiores fluxos de amônia pelas VDP.

O consumo de amônia pelo fígado foi, em média, de 36,97 mM/h neste experimento, o que significa que, durante as seis horas de coleta, 3,99 g de amônia ou 3,10 g do N na forma de amônia, desapareceram neste órgão. Considerando-se, também, que a produção média de uréia foi de 23,27 mM/h ou de 8,38 g durante as seis horas em que os dados foram coletados, o desaparecimento de nitrogênio oriundo da amônia no fígado foi equivalente a 79,46% do nitrogênio que reapareceu na forma de uréia. A contribuição do fluxo portal de amônia para a síntese hepática de uréia foi de 79 e 81% para dietas que com alto e baixo níveis de volumoso, respectivamente (Huntington, 1989).

A taxa de extração hepática de amônia foi, em média, de 47,69% e não diferiu entre os tratamentos estudados. Altas taxas de extração hepática de amô-

nia são observadas em ruminantes, devido à grande absorção deste metabólito, como consequência das características de sua dieta e da fermentação ruminal; nesse caso, o fígado possui a função de transformar a amônia circulante em uréia.

As médias do fluxo portal, esplâncnico e hepático de uréia foram de -2,95; 20,32 e 23,27 mM/h, respectivamente, não existindo diferenças entre as fontes de proteína com diferentes degradabilidades. Estes resultados concordam com Ferrell et al. (1999), que também não encontraram diferenças entre as diferentes fontes de proteína. Considerando a produção hepática de uréia de 23,27 mM/h, em seis horas de coleta teríamos 139,62 mM, ou ainda, 8,38 g de uréia produzida, refletindo a metade da alimentação diária, pois os animais eram alimentados novamente às 15h, após a última coleta de sangue e, dessa forma, a produção de uréia seria de aproximadamente 16,75 g, ou 47,07 g de proteína bruta que poderia estar sendo reciclada para o rúmen e utilizada para o crescimento microbiano. A produção hepática de uréia, neste caso, significou aproximadamente 22,2% da ingestão diária de proteína bruta. Utilizando uma equação de reciclagem de nitrogênio adotada pelo NRC (1985), que leva em consideração a porcentagem de proteína bruta ingerida, que neste caso foi de 14,7%, a estimativa da quantidade de uréia que é reciclada para o rúmen é de aproximadamente 15,06 g de uréia ou 42,31 g de PB, valores próximos aos observados para a produção hepática de uréia neste experimento.

## Conclusões

A utilização de fontes de proteína com diferente degradabilidade ruminal não influenciou a ingestão de nutrientes, bem como o metabolismo esplâncnico de compostos nitrogenados, embora a utilização do farelo de glúten de milho em rações de ovinos tenha proporcionado maior absorção de glicose.

## Literatura Citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington, 1990. 1094p.
- BAIRD, G.D.; LOMAX, M.A.; SYMONDS, H.W. et al. Net hepatic and splanchnic metabolism of lactate, pyruvate and propionate in dairy cows *in vivo* in relation to lactation and nutrient supply. **Biochemistry Journal**, v.186, p.47-57, 1980.
- BERGMAN, E.N.; WOLFF, J.E. Metabolism of volatile fatty acids by liver and portal drained viscera in sheep. **American Journal of Physiology**, v.221, p.586-592, 1971.

- BRANCO, A.F.; ALCALDE, C.R.; MAIA, F.J. et al. Efeito da fonte de proteína da dieta sobre a digestão de amido em bovinos. **Acta Scientiarum**, v.23, p.953-959, 2001.
- FERRELL, C.L.; KREIKEMEIER, K.K.; FREETLY, H.C. The effect of supplemental of energy, nitrogen and protein, on feed intake, digestibility, and nitrogen flux across the gut and liver in sheep feed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.77, p.3353-3364, 1999.
- FERRELL, C.L.; FREETLY, H.C.; GOETSCH, A.L. et al. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitrogen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high-concentrate diets ad libitum. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1322-1328, 2001.
- FREGADOLLI, F.L. **Efeito da degradabilidade ruminal do amido e do nitrogênio da dieta sobre o metabolismo ruminal e a digestibilidade em bovinos**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2000. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- GOETSCH, A.L.; PATIL, A.R.; WANG, Z.S. et al. Net flux across splanchnic tissues in wethers consuming bermudagrass or ryegrass - wheat hay supplemented with rúmen undegradable protein. **Small Ruminant Research**, v.25, p.119-128, 1997.
- GOCHMAN, N.; SCHMITZ, J.M. Application of a new peroxide indicator reaction to the specific, automated determination of glucose with glucose oxidase. **Clinical Chemistry**, v.18, n.9, p.943-955, 1972.
- HUNTINGTON, G.B. Portal blood flow and net absorption of ammonia-nitrogen, urea-nitrogen, and glucose in nonlactating Holstein cows. **Journal of Animal Science**, v.65, p.1155-1162, 1982.
- HUNTINGTON, G.B. Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or high concentrate diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v.69, p.215-223, 1989.
- IMLER, M.; FRICK, A.; STAHL, A. et al. Discontinuous and continuous determination of blood ammonia by an automatic dialysis technique. **Clinical Chemistry Acta**, v.37, p.245, 1972.
- KATZ, M.L.; BERGMAN, E.N. A method for simultaneous cannulation of the major splanchnic blood vessels of the sheep. **American Journal of the Veterinary Research**, v.30, p.655-661, 1969.
- KUNG Jr., L.; RODE, L.M. Amino acid metabolism in ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.59, p.167-172, 1996.
- MARSH, W.H.; BENJAMIN, F.; MILLER, H. Automated and manual direct methods for determination of  $\alpha$ -linked glucose polymers in biological materials. **Journal of Science Food Agriculture**, v.19, n.578, 1965.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington: D.C.: National Academic Press, 1985. 148p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996.
- PATIL, A.R.; WANG, Z.S. et al. Net flux of nutrients across splanchnic tissues in wethers consuming bermudagrass or ryegrass-wheat hay supplemented with rumen undegradable protein. **Small Ruminant Research**, v.25, p.119-128, 1997.
- PALMER, D.W.; PETERS, JR., T. Automated determination of free amino groups in serum and plasma using 2,4,6-trinitrobenzene sulfonate. **Clinical Chemistry**, v.15, p.891-901, 1969.
- SEAL, C.J.; PARKER, D.S. Inter-organ amino acid flux. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Farm animal metabolism and nutrition**. Wallingford: CAB Publishing, 2000. p.49-63.
- TITGEMEYER, E.C.; MERCHEN, N.R.; BERGER, L.L. Evaluation of soybean meal, corn gluten meal, blood meal and fish meal as sources of nitrogen and amino acids disappearing from the small intestine of steers. **Journal of Animal Science**, v.67, p.262-275, 1989.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

Recebido em: 11/11/02

Aceito em: 19/08/03