



Disponibilidade e absorção de aminoácidos em bovinos alimentados com diferentes fontes de compostos nitrogenados¹

Paulo Rossi Junior², Alexandre Amstalden Moraes Sampaio³, Paulo de Figueiredo Vieira⁴

¹ Parte da tese de Doutorado em Zootecnia - Produção Animal apresentada pelo primeiro autor à FCAV/Unesp.

² Departamento de Zootecnia da UFPR - SCA/UFPR, Rua dos Funcionários, 1540 - CEP: 80035-050, Curitiba-PR.

³ Departamento de Zootecnia da FCAV/Unesp. Bolsista do CNPq.

⁴ Professor aposentado do Departamento de Zootecnia da FCAV/Unesp.

RESUMO - Objetivou-se estudar o fluxo e a absorção de aminoácidos em bovinos alimentados com dietas isoprotéicas formuladas com diferentes fontes nitrogenadas. As dietas foram fornecidas a bezerros holandeses canulados no abomaso, com 8 meses de idade e peso médio de 187 kg, em um total de 21 animais escolhidos aleatoriamente para formar o grupo que constituiu as repetições experimentais (sete por tratamento). As dietas experimentais foram constituídas de 40% de volumoso e 60% de concentrado. Como volumoso, utilizou-se feno de capim-de-rhodes e, no concentrado, utilizaram-se milho, farelo de algodão, levedura, uréia, melaço e minerais. As dietas diferiram apenas quanto à fonte nitrogenada (farelo de algodão, levedura ou uréia). As quantidades (g/dia) de aminoácidos no abomaso e a composição em aminoácidos da proteína presente no abomaso e nas fezes foram influenciadas pela fonte protéica da dieta. As fontes nitrogenadas não afetaram significativamente a digestão de aminoácidos no intestino. A disponibilidade de aminoácidos no abomaso e a absorção no intestino apresentaram valores inferiores aos descritos na literatura, provavelmente porque, neste trabalho, os animais foram submetidos à restrição de ingestão. As fontes nitrogenadas testadas influenciaram a composição e a disponibilidade de aminoácidos em bovinos.

Palavras-chave: aminoácidos, digestibilidade, disponibilidade, farelo de algodão, levedura, uréia

Intestinal availability and absorption of amino acids in steers fed diets supplemented with different protein sources

ABSTRACT - The objective of this study was to investigate the flow and absorption of amino acids (AA) in steers fed diets supplemented with different protein sources. Twenty-one Holstein steers averaging eight months of age and 187 kg of body weight were used. Animals were fitted with abomasal caanulas and fed diets with a forage to concentrate ratio of 40:60. The experimental diets contained Rhodes grass hay, corn, molasses, minerals, and one of the following protein sources: cottonseed meal, yeast, or urea. Animals were assigned to treatments in a completely randomized design with three protein sources and seven replicates per treatment. Each experimental period lasted 17 days with 10 days for diet adaptation and seven days for sample collection. Samples of abomasal digesta were collected every 28 h while those of feces twice a day during the sampling period. The abomasal flow of AA (g/d) and the AA composition of abomasal and fecal samples were significantly affected by protein source. However, no protein source effect was observed for AA digestibility. The abomasal availability and intestinal absorption of AA were lower than expected probably because animals were feed restricted. It can be concluded that AA availability and composition were affected by the different protein sources fed to steers in this trial.

Key Words: amino acids, availability, cottonseed meal, digestibility, yeast, urea

Introdução

Nas últimas décadas, considerável atenção foi dada à determinação de exigências de proteínas para ruminantes, tendo sido proposta uma série de sistemas ou modelos embasados principalmente nas porções protéicas degradáveis e não-degradáveis dos alimentos. Embora algumas tentativas neste sentido não tenham sido bem

sucedidas, um crescente interesse no assunto surgiu nos últimos anos na tentativa de seguir o conceito de “proteína ideal”, proposto e utilizado na formulação de dietas para aves e suínos (Rodriguez, 1996).

Os alimentos consumidos pelos ruminantes são inicialmente expostos à fermentação ruminal antes da digestão gástrica e intestinal. Os polissacarídeos e a proteína da dieta são geralmente degradados pelos microrganismos do

rúmen e os produtos finais desse processo fermentativo (ácidos orgânicos e proteína microbiana) são utilizados pelo animal como fonte de energia e aminoácidos (Mackie & White, 1990). Desse modo, em ruminantes, o requerimento de aminoácidos a serem absorvidos no intestino é suprido pela síntese de proteína microbiana no rúmen, pela proteína não-degradada no rúmen mas digerida no intestino e pela proteína endógena (Valadares Filho, 1997).

Embora animais ruminantes requeiram aminoácidos para o metabolismo, formulações baseadas na composição em aminoácidos de dietas são limitadas, em decorrência da necessidade de informações adicionais como o conteúdo de aminoácidos da proteína que chega ao duodeno em relação ao conteúdo de aminoácidos do alimento e as diferenças na absorção e na utilização metabólica (Polan, 1992, citado por Maiga et al., 1996) de cada aminoácido.

Contudo, estudos completos de degradabilidade ruminal, de digestibilidade intestinal, de composição de aminoácidos da fração nitrogenada dos alimentos e de eficiência de absorção e utilização são limitados. Valores publicados pelo NRC (1989) para esses parâmetros, para diferentes alimentos, foram obtidos em pequeno número de observações.

Em modelos mais complexos de predição de desempenho animal, como o Sistema Cornell (CNCPS), o suprimento de aminoácidos para lactação e crescimento dos tecidos foi estimado considerando a proteína degradada no rúmen e a proteína microbiana, determinada pelas relações entre a quantidade de carboidratos fermentáveis no rúmen, a eficiência de síntese microbiana e a passagem da digesta pelo rúmen. Os requerimentos, por sua vez, foram baseados na composição dos tecidos e do leite e na eficiência de utilização dos aminoácidos para manutenção, ganho de peso e lactação (O'Connor et al., 1993)

Para melhora na produção de leite e para o crescimento muscular, sabe-se que a proteína não-degradável no rúmen e digestível no intestino, que fornece aminoácidos para o animal, deve possuir uma composição aminoacídica complementar aos aminoácidos da proteína microbiana (Maiga et al., 1996).

Animais ruminantes e não-ruminantes devem receber quantidades suficientes de aminoácidos essenciais para atender às suas necessidades de manutenção e produção, porém, no caso de ruminantes, a situação é mais complexa, pois os alimentos sofrem transformações durante a fermentação ruminal, o que dificulta o conhecimento dos aminoácidos disponíveis para absorção no duodeno, oriundos de uma mistura de proteína microbiana, dietética sobrepassante e endógena (Rodriguez, 1996).

Em ruminantes alimentados com dietas contendo fontes de proteína, a mudança em quantidade e o padrão dos aminoácidos, resultado da conversão da proteína microbiana no rúmen, pode ser uma vantagem ou desvantagem, dependendo da composição da proteína do alimento. Quando a proteína é de boa qualidade, seu valor pode ser reduzido porque a proteína microbiana é de menor digestibilidade. Por outro lado, quando a proteína do alimento é de baixa qualidade, a fermentação ruminal pode ser benéfica por transformá-la em proteína de alto valor biológico (Mackie & White, 1990). Loosli et al. (1949), citados por Valadares Filho et al. (1990), trabalhando com dietas purificadas, verificaram que todos os aminoácidos essenciais são sintetizados no rúmen.

As exigências de proteína pelos ruminantes, atendidas pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, são denominadas exigências de proteína metabolizável (NRC 1985; Sniffen et al., 1992).

A proteína microbiana sintetizada no rúmen fornece, em dietas para bovinos, 50% ou mais dos aminoácidos disponíveis para absorção, portanto, é considerada fonte de alta qualidade e com perfil de aminoácidos relativamente constante. Logo, torna-se difícil a modificação na composição de aminoácidos na digesta duodenal (Schwab, 1996; Stern et al., 1994, citados por Valadares Filho, 1997).

O conhecimento das absorções verdadeiras de aminoácidos no intestino delgado é fundamental para os cálculos das exigências nutricionais de proteína. O NRC (1985) sugere valores de absorção aparente de compostos nitrogenados não-amoniacais e aminoácidos, respectivamente, de 65 e 70% e valores para absorção verdadeira de 75 e 80%. Esses valores são semelhantes aos descritos pelo ARC (1984), que sugeriu absorção aparente de aminoácidos de 70% e verdadeira de 85%.

Segundo Schwab (1996), citado por Valadares Filho (1997), há grande interesse em determinar os requerimentos de aminoácidos e desenvolver sistemas que permitam o balanceamento de dietas quanto aos aminoácidos absorvidos no intestino. Um dos motivos seria que o perfil de aminoácidos da proteína não-degradada no rúmen não é adequado para maximizar a utilização da proteína metabolizável para a síntese protéica pelo animal.

O suprimento de aminoácidos para a produção de leite e a síntese protéica pelos animais em crescimento depende da quantidade e da qualidade dos aminoácidos absorvidos no intestino (Palmquist & Weiss, 1994, citados por Mabeesh et al., 1996). O fluxo de aminoácidos para o intestino pode ser aumentado pela ingestão de proteína não-degradável e pelo aumento da eficiência de síntese microbiana.

Considerando que a composição aminoacídica da proteína microbiana do rúmen é constante e não depende da dieta (Czerkawski, 1976), a variação na composição de aminoácidos da digesta duodenal se deve à variação na composição e na quantidade de proteína que escapa da degradação ruminal.

Ørskov (1977), citado por Coomer et al. (1993), afirmou que o fluxo de aminoácidos da síntese de proteína microbiana poderia não ser adequado para o máximo crescimento. Assim, o animal responderia à suplementação de proteína da dieta pelo aumento do fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino delgado. Fontes de proteína não-degradada no rúmen poderiam aumentar o suprimento de aminoácidos para o intestino, mas poderiam também provocar redução na absorção desses aminoácidos, em razão de sua menor digestibilidade.

Fontes de proteína de baixa degradabilidade no rúmen aumentaram o crescimento de bovinos e ovinos (Huber, 1981, citado por King et al., 1990) e elevaram a produção de leite de vacas (Kung & Huber, 1983, citados por King et al., 1990), no entanto, uma quantidade de proteína degradável no rúmen foi necessária para manter a atividade ruminal. A combinação de fontes de proteína degradada e não-degradada no rúmen possibilita o aumento do fluxo de proteína da dieta e proteína microbiana para o intestino e, conseqüentemente, aumenta a produtividade de bovinos jovens. Coomer et al. (1993) testaram dietas com diferentes fontes protéicas (farelo de soja e glutenose de milho) e observaram diferenças no fluxo de aminoácidos para o abomaso, causado principalmente pelo aumento do fluxo de aminoácidos da proteína microbiana, embora a composição em aminoácidos das bactérias tenha permanecido constante. Os autores concluíram que a suplementação de bovinos jovens com proteína não-degradável pode aumentar o fluxo de proteína e aminoácidos para o intestino aumentado o suprimento de proteína metabolizável para o animal, reforçando o que foi apresentado por Ørskov (1977), citado por Coomer et al. (1993).

Porém, o fornecimento de fontes protéicas ricas em proteína não-degradada no rúmen visando aumentar o suprimento de proteína dietética para o intestino delgado tem levado a resultados de desempenho animal não satisfatórios, atribuídos, entre outros fatores, à redução na síntese microbiana, à baixa disponibilidade intestinal ou à limitação na composição de aminoácidos da fonte protéica (Clark et al., 1992).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o fluxo e a absorção de aminoácidos em animais alimentados com dietas formuladas com diferentes fontes de compostos nitrogenados.

Material e Métodos

Foram utilizados 21 bezerros holandeses com 8 meses de idade e 187 kg de peso vivo no início do período experimental, distribuídos aleatoriamente (sete animais por tratamento) para constituir as repetições experimentais.

As dietas foram constituídas de 40% de volumoso (feno de capim-de-Rhodes) e 60% de concentrado (composto de milho, farelo de algodão, levedura, uréia, melaço e minerais) e tiveram como fonte de variação a fonte nitrogenada (farelo de algodão; levedura ou uréia), sendo balanceadas segundo o NRC (1989) para atender às exigências de 1,5 vezes a manutenção dos animais.

As quantidades fornecidas aos animais durante os períodos de coleta foram padronizadas com base no consumo voluntário do animal com menor ingestão de MS por unidade de tamanho metabólico.

Os primeiros dez dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais e, a partir do 11^o dia, o alimento foi fornecido na quantidade padronizada.

A proporção dos ingredientes nas dietas, a composição química e o consumo diário são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Após o período de adaptação, procedeu-se à coleta e à amostragem de digesta do abomaso durante sete dias. O conteúdo (400 mL de cada um dos animais) foi acondicionado em frascos plásticos previamente identificados e mantido sob congelamento (-15°C).

O período de coleta de fezes também foi de sete dias. As amostras de fezes foram feitas duas vezes por dia (7 e 16h), retirando-se das caixas coletoras das gaiolas 2% de cada

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais (% MS)
Table 1 - Ingredient composition of the experimental diets (% DM)

Ingrediente <i>Feed</i>	Dieta experimental <i>Experimental diet</i>		
	Uréia <i>Urea</i>	Farelo de algodão <i>Cottonseed meal</i>	Levedura <i>Yeast</i>
Feno de capim-de-rhodes <i>Rhodes grass hay</i>	40,00	40,00	40,00
Fubá de milho <i>Corn meal</i>	52,35	30,00	31,49
Farelo de algodão <i>Cottonseed meal</i>	-	24,00	-
Levedura desidratada <i>Dry yeast</i>	-	-	22,51
Uréia <i>Urea</i>	1,65	-	-
Melaço <i>Molasses</i>	4,50	4,50	4,50
Mistura mineral <i>Mineral mixture</i>	1,50	1,50	1,50

Tabela 2 - Composição química das dietas experimentais

Table 2 - Chemical composition of the experimental diets

	Dieta experimental		
	Uréia	Farelo de algodão	Levedura
	<i>Urea</i>	<i>Cottonseed meal</i>	<i>Yeast</i>
MS (%) (DM)	88,87	88,88	89,44
NT (%MS) (TN, %DM)	2,12	2,18	2,23
EE (% MS) (EE, %DM)	3,92	3,84	3,22
MO (% MS) (OM, %DM)	95,22	94,40	94,08
CT (% MS) (TC, %DM)	78,07	76,90	76,94

Tabela 3 - Consumo diário de MS das dietas experimentais

Table 3 - Daily DM intake of the experimental diets

	Dieta experimental		
	Uréia	Farelo de algodão	Levedura
	<i>Urea</i>	<i>Cottonseed meal</i>	<i>Yeast</i>
kg/dia (kg/day)	4,54	4,44	4,53
%PV (%BW)	2,42	2,42	2,42
g/kgPV ^{0,75} (g/kgBW ^{0,75})	89,42	88,66	89,13

porção excretada, após pesagem e homogeneização. As amostras diárias de fezes foram reunidas de modo a formar uma amostra composta para cada animal, sendo armazenadas a -15°C.

Anteriormente ao fornecimento das dietas e desde o período de adaptação, foi fornecido óxido crômico (Cr₂O₃), 5,0 g para cada animal por refeição, na forma de cápsulas de papel.

As análises químicas das dietas foram realizadas segundo os métodos da AOAC (1970).

As análises dos aminoácidos dos alimentos, da digesta abomasal e das fezes foram realizadas em aparelho tipo Beckman System 6300, em amostras previamente submetidas a hidrólise ácida, segundo Demjanec et al. (1995).

A concentração de cromo na digesta abomasal e nas fezes foi determinada por espectrometria de absorção atômica, segundo técnica descrita por Willians et al. (1962).

Para análise dos dados, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e sete repetições, considerando $\alpha = 0,05$. As médias foram comparadas por meio do teste Tukey.

Resultados e Discussão

A composição em aminoácidos (g/100 g de PB) da proteína presente na digesta do abomaso é apresentada na Tabela 4.

A fonte nitrogenada da dieta determinou diferenças significativas ($P < 0,05$) na composição de alguns aminoácidos na proteína presente no abomaso. Não foram encontradas diferenças significativas entre dietas ($P > 0,05$) quanto à composição em treonina (Thr), serina (Ser), metionina (Met), leucina (Leu), tirosina (Tyr), fenilalanina (Phe), histidina (His), aminoácidos não-essenciais (AANE) e aminoácidos totais (AATOT), expressa em g do aminoácido/100g PB.

As menores quantidades (g aminoácido/100g PB) de aspártico (Asp), valina (Val) e lisina (Lys) na proteína presente na digesta do abomaso ($P < 0,05$) e de aminoácidos essenciais (AAE) foram observadas nos animais alimentados com a dieta com uréia. As dietas com farelo de algodão e levedura não diferiram significativamente ($P > 0,05$) quanto às concentrações de Asp, Val, Lys e AAE. Entretanto, as quantidades de Gly e Ile (g/100 g de PB) obtidas com a dieta com levedura foram superiores ($P < 0,05$) em comparação às observadas nos animais alimentados com a dieta com farelo de algodão.

A quantidade de glutamina (Glu) foi superior ($P < 0,05$) nas dietas contendo uréia (10,67 g/100 g PB) e farelo de algodão (10,84 g/100 g PB) em comparação àquela com levedura (9,83 g/100 g PB). No entanto, as quantidades desse aminoácido nas dietas com uréia e farelo de algodão não diferiram significativamente ($P > 0,05$).

A prolina (Pro) foi o único aminoácido que apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$), em quantidade, na proteína da digesta do abomaso. A quantidade de Pro foi maior (6,17 g/100 g PB) nos animais alimentados com a dieta com uréia, seguidos daqueles alimentados com a dieta com farelo de algodão (5,23 g/100 g PB) e com a dieta contendo levedura (5,01 g/100 g PB).

A maior quantidade de arginina (Arg) na proteína da digesta do abomaso ($P < 0,05$) foi observada nos animais alimentados com a dieta com farelo de algodão (3,59 g/100 g PB), enquanto as dietas com uréia e com levedura não diferiram significativamente (2,77 e 2,72 g/100 g PB, respectivamente).

Entre os aminoácidos estudados, Glu e alanina (Ala) foram os que apresentaram a maior proporção média (em torno de 10 %) na proteína da digesta do abomaso nas três dietas estudadas. Met e His foram os aminoácidos que apresentaram, em proporção, os menores valores e, nas três dietas, representaram de 1,0 a 1,16 g/100 g PB.

Os aminoácidos representaram, na média das três dietas, 83,29% do N presente no abomaso e, desse total, 60,0% foi de AANE e 40,0% de AAE. Van Straalen et al. (1997) verificaram que a quantidade de AAE foi maior que a dos

Tabela 4 - Composição em aminoácidos da proteína presente no abomaso (g/100 g de PB)

Table 4 - Amino acid composition of abomasal digesta (g/100 g of CP)

Aminoácido Amino acid	Dieta experimental Experimental diet			CV (%)
	Uréia Urea	Farelo de algodão Cottonseed meal	Levedura Yeast	
Asp	8,05a	8,64b	8,87b	5,2
Thr	3,90a	3,99a	4,09a	6,7
Ser	4,24a	4,53a	4,36a	7,4
Glu	10,67a	10,84a	9,83b	6,6
Pro	6,17a	5,23b	5,01c	13,0
Gly	7,94a	8,31a	8,85b	5,8
Ala	10,24a	9,49b	10,22a	4,5
Val	4,87a	5,12b	5,39b	5,7
Met	1,03a	1,00a	1,06a	9,6
Ile	3,37a	3,46a	3,97b	7,0
Leu	8,18a	7,66a	7,79a	8,0
Tyr	2,70a	2,67a	2,82a	7,8
Phe	2,98a	3,14a	3,03a	6,4
His	1,02a	1,16a	1,01a	17,4
Lys	4,32a	4,72b	4,90b	7,8
Arg	2,77a	3,59b	2,72a	14,2
AAE	32,44a	33,82b	33,95b	3,1
AAANE	50,00a	49,69a	49,96a	3,0
AA TOT	82,44a	83,51a	83,91a	2,7

AAE: aminoácidos essenciais (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val); AAANE: aminoácidos não-essenciais (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr); AA TOT: total de aminoácidos

Médias nas linhas seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

AAE: essential amino acids (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val); AAANE: non-essential amino acids (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr); AA TOT: total amino acids

Means in the row followed by different letters differ at 5% of probability by Tukey test.

AAANE. Neste trabalho, a relação foi inversa mas dentro da faixa apresentada pelos autores.

As quantidades diárias de aminoácidos disponíveis no abomaso (g/dia) diferiram significativamente ($P < 0,05$) somente para os Asp, Glu, Gly, Ile, Lys e Arg (Tabela 5).

Nos animais alimentados com a dieta com uréia, a quantidade diária de Ile disponível no abomaso (17,13 g/dia) foi significativamente igual à obtida com a dieta com farelo de algodão ($P > 0,05$), porém inferior à observada para a dieta com levedura (22,72 g/dia). A quantidade de 21,93 g/dia de Lys disponível no abomaso nos animais alimentados com a dieta com uréia foi inferior à obtida com as demais dietas ($P < 0,05$), porém, não foram observadas diferenças significativas entre as dietas com farelo de algodão e com levedura (28,38 e 27,84 g/dia, respectivamente).

A maior quantidade de Arg disponível no abomaso (21,74 g/dia) foi obtida com a dieta com farelo de algodão. O valor encontrado foi superior ($P < 0,05$) aos observados nos animais alimentados com as dietas com uréia (14,03 g/dia) e com levedura (15,60 g/dia), que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Entre os aminoácidos avaliados, Glu esteve presente em maior quantidade no abomaso na dieta com farelo de algodão. A disponibilidade média de Glu foi de 58,80 g/dia,

Tabela 5 - Fluxo de aminoácidos para o abomaso (g/dia)

Table 5 - Amino acids flow to the abomasum (g/day)

Aminoácido Amino acid	Dieta experimental Experimental diet			CV (%)
	Uréia Urea	Farelo de algodão Cottonseed meal	Levedura Yeast	
Asp	40,93a	52,17b	50,84b	21,1
Thr	19,85a	24,05a	23,46a	20,8
Ser	21,66a	27,041a	25,05a	23,4
Glu	54,40a	65,58b	56,41a	21,4
Pro	31,25a	31,71a	28,72a	20,3
Gly	40,32a	50,05b	50,65b	20,0
Ala	52,21a	57,24a	58,69a	19,5
Val	25,83a	30,87a	30,88a	20,2
Met	5,26a	5,95a	6,06a	19,3
Ile	17,13a	20,85ab	22,72b	21,7
Leu	41,77a	46,30a	44,86a	21,6
Tyr	13,81a	16,07a	16,25a	22,1
Phe	15,13a	19,00a	17,35a	21,4
His	5,21a	6,94a	5,82a	27,6
Lys	21,93a	28,38b	27,84b	20,2
Arg	14,03a	21,74b	15,60a	27,6
AAE	165,05a	204,09a	194,61a	20,2
AAANE	254,59a	300,24a	286,61a	19,9
AA TOT	419,63a	504,33a	481,21a	20,0

AAE = aminoácidos essenciais (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val). AAANE = aminoácidos não-essenciais (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr). AA TOT = total de aminoácidos.

Médias nas linhas seguidas de letras diferentes diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

AAE = essential amino acids (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val). AAANE = non-essential amino acids (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr). AA TOT = total amino acids.

Means in the row followed by different letters differ at 5% of probability by Tukey test.

sendo um dos aminoácidos presentes em maior quantidade no abomaso, na média das dietas avaliadas. A disponibilidade de Ala no abomaso também foi elevada, sendo a sua disponibilidade média de 56,05 g/dia.

His e Met foram os aminoácidos menos disponíveis diariamente no abomaso. A disponibilidade de Met foi de 5,26 a 6,06 g/dia e a de His, de 5,21 a 6,94 g/dia. Czerkawski (1976) e Wilkerson et al. (1993) determinaram Met como primeiro aminoácido limitante na dieta de bovinos, seguido de Lys e Thr. Neste estudo, a disponibilidade de Lys e Thr nas três dietas estudadas pode ser considerada adequada se comparada aos valores descritos por esses autores.

King et al. (1990) também comprovaram que Lys, Met e His foram limitantes em animais alimentados com dietas à base de farelo de algodão. Portanto, as concentrações desses aminoácidos são inadequadas para que esse alimento seja utilizado com única fonte de proteína da dieta.

Segundo Mackie & White (1990), fontes de nitrogênio de baixa qualidade, como a uréia, podem ser beneficiadas pelo processo fermentativo do rúmen, que as transforma em proteína de alto valor biológico. Considerando que a dieta com uréia apresentou as menores quantidades de alguns aminoácidos importantes, a melhoria na qualidade desses

aminoácidos ocorreu, porém sua quantidade disponível ainda foi baixa.

De acordo com Keery et al. (1993), fontes de alta degradabilidade no rúmen tendem a reduzir o fluxo de AAE e AANE para o abomaso, no entanto, neste estudo esta redução não foi significativa.

Neste estudo, nos animais alimentados com a dieta com farelo de algodão, os níveis de Arg foram muito superiores ($P < 0,05$) aos obtidos com as dietas com uréia e com levedura, o que está de acordo com os resultados relatados por Tagari et al. (1995), que observaram altos níveis de disponibilidade de Arg no abomaso em vacas alimentadas com dietas à base de farelo de algodão.

A quantidade de Met absorvida no intestino foi baixa (Tabela 6) se comparada aos dados de exigências sugeridos por Fenderson & Bergen (1975), Titgemeyer & Merchen (1990) e Campbell et al. (1997). O baixo suprimento de Met para o intestino pode limitar o crescimento de bovinos (Wilkerson et al., 1993).

O baixo suprimento de Met pode ter contribuído para que somente traços de cistina (Cys), não possíveis de ser quantificados, fossem encontrados na proteína da digesta do abomaso. A absorção de Met (2,8 g/dia em média) foi muito baixa se comparada aos dados da literatura, que sugerem absorções de 7 a 9 g/dia em novilhos em crescimento (Titgemeyer & Merchen, 1990; O'Connor et al., 1993). Campbell et al. (1997) observaram absorções de Met de 3,36 g/dia no intestino, ou seja, 68,5% da metionina infundida no abomaso. Apesar de a quantidade absorvida ter sido próxima à obtida neste trabalho (2,8 g/dia na média dos três tratamentos), a digestão de 48,67% (em média) foi menor que a observada por esses autores.

Arg foi o único aminoácido que diferiu significativamente entre as dietas quanto à quantidade absorvida no intestino. Somente para Leu e Arg foram obtidos valores de absorção adequados em relação às exigências propostas pelos autores (Fenderson & Berger, 1975).

Os dados contrastam, no entanto, aos relatados por Van Straalen et al. (1997), que concluíram que a proteína do alimento possível de ser absorvida no intestino é rica em AAE, especialmente em Met e Lys, e possui baixos valores de AANE, especialmente Glu e Pro.

Segundo Cunningham et al. (1993), os AAE que se apresentaram em menor quantidade (g/dia) no duodeno de vacas recebendo dietas à base de soja foram His e Met (71,3 e 64,2 g/dia, respectivamente). Os valores obtidos por esses autores foram muito superiores aos encontrados neste experimento, provavelmente em virtude do tipo de animal utilizado e da restrição alimentar empregada neste estudo.

Tabela 6 - Quantidade de aminoácidos aparentemente absorvidos no intestino (g/dia)

Table 6 - Amount of amino acids apparently absorbed in the intestine (g/day)

Aminoácido <i>Amino acid</i>	Dieta experimental <i>Experimental diet</i>			CV (%)
	Uréia <i>Urea</i>	Farelo de algodão <i>Cottonseed meal</i>	Levedura <i>Yeast</i>	
Asp	21,18a	28,18a	23,26a	29,0
Thr	9,20a	12,69a	11,27a	24,0
Ser	11,05a	14,50a	11,30a	29,6
Glu	32,19a	39,07a	28,12a	31,6
Pro	17,71a	14,27a	12,30a	25,7
Gly	19,43a	25,18a	21,55a	30,2
Ala	27,22a	28,68a	24,65a	31,0
Val	13,92a	13,79a	13,42a	29,1
Met	2,95a	2,85a	2,60a	23,3
Ile	9,48a	12,14a	11,30a	31,8
Leu	25,66a	25,96a	23,03a	30,8
Tyr	6,22a	9,29a	8,14a	23,6
Phe	8,65a	9,31a	8,58a	23,2
His	3,38a	4,36a	2,93a	28,3
Lys	12,14a	12,94a	11,93a	30,8
Arg	8,42a	12,98b	8,45a	23,4
AAE	94,60a	109,27a	94,42a	28,6
AANE	134,98a	159,16a	129,31a	30,5
AA TOT	229,58a	268,43a	223,73a	29,5

AAE = aminoácidos essenciais (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val). AANE = aminoácidos não-essenciais (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr). AA TOT = total de aminoácidos.

Médias nas linhas seguidas de letras diferentes diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

AAE = essential amino acids (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val). AANE = non-essential amino acids (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr). AA TOT = total amino acids. Means in the row followed by different letters differ at 5% of probability by Tukey test.

Lardy et al. (1993) também não observaram diferenças significativas no fluxo de Met e Ile para o duodeno de vacas alimentadas com uréia em comparação a outras fontes de proteína suplementar (farelo de soja e farinha de sangue), embora a dieta contendo uréia tenha apresentado menor ingestão de Met. A superioridade na absorção de Met em relação aos demais aminoácidos, observada por Santos et al. (1984) não foi observada neste trabalho.

As digestibilidades aparentes no intestino (Tabela 7) dos diferentes aminoácidos avaliados não diferiram entre as fontes proteicas das dietas. Nos animais alimentados com a dieta com uréia, o aminoácido His apresentou a maior digestibilidade no intestino (66,80%) e Tyr, a menor (43,64%).

Na dieta com farelo de algodão, a maior digestibilidade no intestino também foi para His (62,75%), porém, a menor foi para a Pro (44,14%). Na dieta com levedura, Arg apresentou a maior digestibilidade (54,04%) e Ala, a menor (41,28%).

No estudo de Van Straalen et al. (1997), a maior digestibilidade intestinal foi de Arg e a menor, de Gly e Cys. Outro dado contrastante é que a digestibilidade intestinal de His foi relativamente baixa em relação à dos demais aminoácidos e, neste trabalho, este aminoácido apresentou numericamente ($P > 0,05$) a maior digestibilidade intestinal.

Tabela 7 - Digestibilidade aparente dos aminoácidos no intestino* (%)

Aminoácido <i>Amino acid</i>	Dieta experimental <i>Experimental diet</i>			CV (%)
	Uréia <i>Urea</i>	Farelo de algodão <i>Cottonseed meal</i>	Levedura <i>Yeast</i>	
Asp	51,47	53,70	45,19	17,0
Thr	45,73	52,52	46,76	19,8
Ser	50,26	51,43	43,77	25,0
Glu	58,79	58,94	48,91	16,9
Pro	55,96	44,14	42,65	26,0
Gly	47,80	50,11	42,01	20,3
Ala	51,97	49,44	41,28	21,7
Val	53,90	44,68	43,46	23,7
Met	55,72	47,31	43,03	26,7
Ile	54,89	58,18	49,29	22,4
Leu	60,85	55,23	50,53	16,4
Tyr	43,64	57,09	47,60	28,8
Phe	56,56	47,89	48,30	21,9
His	66,80	62,75	45,81	28,6
Lys	54,90	45,75	42,22	25,6
Arg	59,80	59,21	54,04	12,8
AAE	57,06	53,24	47,78	18,4
AA NE	52,64	52,44	44,34	19,0
AA TOT	54,37	52,77	45,72	18,4

AAE = aminoácidos essenciais (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val).
AA NE = aminoácidos não essenciais (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr). AA TOT = total de aminoácidos.

Digestibilidade aparente no intestino (ID = intestino delgado + IG = intestino grosso).

Médias nas linhas seguidas de letras diferentes diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

AAE = essential amino acids (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val). AA NE = non-essential amino acids (Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser, Tyr). AA TOT = total amino acids

* Apparent digestibility in the intestine (ID = small intestine + IG = large intestine)

Means in a row followed by different letters differ at 5% of probability by Tukey test.

Craig & Broderick (1984) também observaram que Arg foi o aminoácido com a maior extensão de degradação no farelo de algodão, o que não ocorreu neste trabalho.

Como pode ser observado na Tabela 7, todos os aminoácidos estudados apresentaram, nas três dietas avaliadas, diferentes digestibilidades no intestino. Valores fixos de digestão pós-ruminal dos aminoácidos são assumidos pelo CNCPS (O'Connor et al., 1993). Entretanto, valores de digestão próximos aos 60% relatados por O'Connor et al. (1993), para o CNCPS, foram encontrados para a maioria dos aminoácidos estudados.

As digestibilidades dos totais de aminoácidos nos intestinos (AATOT) obtidas neste trabalho (54,37; 52,77 e 45,72%, para as dietas com uréia, farelo de algodão e com levedura, respectivamente) foram superiores às reportadas por Boila & Ingalls (1995), de 30,20 a 36,60%. Destaca-se também a digestibilidade da Glu (valores superiores a 48% na três dietas) obtida neste experimento, que foi próxima ao dobro da obtida por Boila & Ingalls (1995), de 24,80%.

Conclusões

As quantidades de alguns aminoácidos disponíveis no abomaso (g/dia) diferiram entre as dietas avaliadas e seus valores foram inferiores aos descritos na literatura.

À exceção de arginina, cuja disponibilidade aumenta significativamente em dietas contendo farelo de algodão, a disponibilidade no intestino dos diferentes aminoácidos não varia conforme a fonte de compostos nitrogenados das dietas.

A digestibilidade aparente dos diferentes aminoácidos não depende das fontes nitrogenadas das dietas, contudo, os aminoácidos possuem diferentes taxas de digestão intestinal. Portanto, não devem ser considerados valores fixos de taxa de digestão, como assumem alguns sistemas de exigências nutricionais para bovinos.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Farnham Royal: 1984. 45p. (Suppl. 1).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 11.ed. Gaithersburg: 1970. 1015p.
- BOILA, R.J.; INGALLS, J.R. Prediction of rumen undegradable amino acids that are digested post-ruminally. **Canadian Journal Animal Science**, v.75, n.4, p.583-92. 1995.
- CAMPBELL, C.G.; TITGEMEYER, E.C.; ST-JEAN, G. Sulfur amino acid utilization by growing steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.1, p.230-231. 1997.
- CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.8, p.2304-23, 1992.
- COOMER, J.C.; AMOS, H.E.; FROETSCHER, M.A. et al. Effects of supplemental protein source on ruminal fermentation, protein degradation, and amino acid absorption in steers and growth and feed efficiency in steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v.71, n.11, p.3078-86, 1993.
- CRAIG, W.M.; BRODERICK, G.A. Amino acids released during protein degradation by rumen microbes. **Journal of Animal Science**, v.58, n.2, p.436-43, 1984.
- CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JOHNSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.11, p.3523-35, 1993.
- CZERKAWSKI, W.J. Chemical composition of microbial matter in the rumen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.27, p.624-32, 1976.
- DEMJEANEC, B.; MERCHEN, N.R.; CREMIN, J.D. et al. Effect of roasting on site and extent of digestion of soybean meal by sheep: I. Digestion of nitrogen and amino acids. **Journal of Animal Science**, v.73, n.3, p.824-34, 1995.
- FENDERSON, C.L.; BERGER, W.G. An Assessment of essential amino acid requirements of growing steers. **Journal of Animal Science**, v.41, n.6, p.1759-66, 1975.
- KEERY, C.M.; AMOS, H.E.; FROETSCHER, M.A. Effects of supplemental protein source on intraruminal fermentation, protein degradation, and amino acids absorption. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.2, p.514-24, 1993.

- KING, K.J.; HUBER, J.T.; SADIK, M. et al. Influence of dietary protein sources on the amino acid profiles available for digestion and metabolism in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.2, p.3208-3216, 1990.
- LARDY, G.P.; CATLETT, G.E.; KERLEY, M.S. et al. Determination of the ruminal escape value and duodenal amino acid flow of repressed meal. **Journal of Animal Science**, v.71, n.11, p.3096-3104, 1993.
- MABJEESH, S.J.; ARIELI, A.; BRUCKENTAL, I. et al. Effect of type of protein supplementation on duodenal amino acid flow and absorption in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.10, p.1792-1801, 1996.
- MACKIE, R.I.; WHITE, B.A. Recent advances in rumen microbial ecology and metabolism: Potential impact on nutrient output. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.10, p.2971-95, 1990.
- MAIGA, H.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HENSON, J.E. Ruminal degradation, amino acid composition and intestinal digestibility of the residual components of five protein supplements. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.9, p.1647-53, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 138p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1989. 157p.
- O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein for evaluating cattle diets: III. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**, v.71, n.11, p.1298-311, 1993.
- RODRIGUEZ, N.M. Exigências em aminoácidos para vacas de alta produção. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1996. p.102-37.
- SANTOS, K.A.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources. **Journal of Animal Science**, v.58, n.1, p.244-55, 1984.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-77, 1992.
- TAGARI, H.; ARIELI, A.; MABJEESH, S. et al. Assessment of duodenal amino acid profile in dairy cows by the in situ method. **Livestock Production Science**, v.42, n.1, p.13-22, 1995.
- TITGEMEYER, E.C.; MERCHEN, N.R. The effect of abomasal methionine supplementation on nitrogen retention of growing steers postruminally infused with casein or nonsulfur containing amino acids. **Journal of Animal Science**, v.68, n.3, p.750-57, 1990.
- VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; SANT'ANNA, R. et al. Composição de bactérias ruminais e absorção de aminoácidos microbianos no intestino delgado de novilhos holandeses, nelores e búfalos mestiços. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.5, p.431-40, 1990.
- VALADARES FILHO, S.C. Digestão pós-ruminal de proteína e exigências de aminoácidos para ruminantes In: DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. p.87-113.
- van STRAALLEN, W.M.; ODINGA, J.J.; MOSTERT, W. et al. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. **British Journal of Nutrition**, v.77, n.7, p.83-97, 1997.
- VARVIKKO, T. Microbially corrected amino acid composition of rumen-undegraded feed protein and amino acid degradability in the rumen of feeds enclosed in nylon bags. **British Journal of Nutrition**, v.56, n.1, p.131-40, 1986.
- WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.2777-84, 1993.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agriculture Science**, v.59, n.3, p.381-92, 1962.

Recebido: 27/09/05
Aprovado: 14/12/06