

# NUTRIÇÃO AMINOACÍDICA DE BOVINOS

## AMINO ACIDS NUTRITION IN BOVINE

ALVES, Dorismar D.<sup>1</sup>

### - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

#### RESUMO

*A exigência real do ruminante é por aminoácidos (AAs) e não proteína simplesmente. Para que os nutricionistas possam trabalhar com balanceamento de AAs, além da determinação das exigências de AAs, torna-se imprescindível também o conhecimento da degradabilidade ruminal e da digestibilidade da proteína bruta no intestino delgado, além do conhecimento da eficiência de síntese microbiana. Existem duas opções para o atendimento das exigências de AAs dos bovinos: a primeira é baseada no balanceamento com os AAs dos alimentos disponíveis para a absorção intestinal e a segunda opção é a utilização de AAs protegidos. De modo geral, observa-se que as respostas de produção de leite a infusões de AAs pós-rúmen são variáveis, provavelmente devido à variação na composição da dieta basal. Os resultados mais consistentes com relação ao uso de AAs protegidos estão relacionados com o aumento nos teores de proteína e caseína do leite. Em condições onde o teor protéico do leite é considerado no preço pago ao produtor, o uso de AAs protegidos pode se tornar interessante. Para bovinos de corte recebendo dietas deficientes em proteína de escape, o uso de lisina protegida tem demonstrado resposta favorável em termos de desempenho produtivo, especificamente no início do período de suplementação. A viabilidade econômica desta prática, no entanto, ainda é questionável.*

*Palavras-chave: aminoácidos, exigências, suplementação.*

#### INTRODUÇÃO

A exigência real do animal ruminante é por aminoácidos (AAs) e não proteína simplesmente. Dentro de um processo normal de evolução na área da nutrição protéica de vacas de leite de alta produção passou-se por uma fase onde os níveis de proteína bruta (PB) da dieta foram estudados, seguida pelos estudos sobre degradabilidade ruminal de fontes protéicas e finalmente a nutrição de aminoácidos essenciais (SANTOS, 1997).

A proteína é constituída de 21 AAs principais, sendo que normalmente dez são considerados como “essenciais” ou “indispensáveis” (National Research Council - NRC, 2001), devendo pois constar da dieta. A síntese desses AAs essenciais não ocorre nos tecidos de maneira adequada para atender as necessidades metabólicas; ou não são sintetizados pelo organismo ou o são, porém em quantidades insuficientes, principalmente nas fases iniciais do crescimento ou para atender altos níveis de produção. Os AAs “não essenciais”, contrariamente, são sintetizados pelos tecidos em quantidades que satisfazem as exigências do metabolismo, a partir de fontes de carbono e grupos amino de outros AAs ou de compostos mais simples; eles não necessitam constar da dieta. No entanto, todos os aminoácidos são necessários para o organismo, tanto os essenciais, como os não essenciais.

De acordo com o NRC (2001), a classificação de AAs “essenciais” e “não essenciais” originou-se de pesquisas com animais não ruminantes, sendo que há um limitado número de pesquisas com gado de leite. Porém, os trabalhos de Black et al. (1957) e Downes (1961), apud NRC (2001), usando gado de leite e ovelhas, indicaram que a classificação dos AAs quanto à essencialidade nestas espécies, é semelhante àquela de não ruminantes. Desse modo, com relação às necessidades de AAs dos ruminantes, consideram-se essenciais os mesmos que em monogástricos: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. CHALUPA & SNIFFEN (1991) também consideram a tirosina e cisteína AAs essenciais para a produção de leite.

Segundo Heger & Frydrych (1989), apud NRC (2001), quanto mais semelhante for o perfil dos aminoácidos essenciais disponíveis para absorção no intestino delgado da exigência animal, maior será a eficiência do uso dos AAs para síntese protéica e menores as exigências para AAs totais. ERASMUS et al. (1994), no entanto, salientaram que apesar do crescente interesse na formulação de dietas e suplementos para ruminantes com ênfase no fornecimento específico ou geral de AAs no intestino, há dificuldades na realização deste objetivo, por causa da pequena semelhança quantitativa e qualitativa, entre os AAs fornecidos na dieta e os AAs que chegam ao intestino.

#### DESENVOLVIMENTO

Para que os nutricionistas possam trabalhar com balanceamento de AAs, além da determinação das exigências de AAs, torna-se imprescindível também o conhecimento da degradabilidade ruminal e da digestibilidade da proteína bruta no intestino delgado, além do conhecimento da eficiência de síntese microbiana.

#### Exigências de aminoácidos para bovinos

VALADARES FILHO (2000) apontou a enorme carência de pesquisas no Brasil avaliando as necessidades de AAs para bovinos. De maneira semelhante, o NRC (1996) também apontou a necessidade da apresentação das exigências de AAs pelos bovinos de corte. Em condições brasileiras, merece destaque o trabalho de SILVA et al. (2002), que determinaram as exigências líquidas de aminoácidos para ganho em peso de bovinos Nelore não castrados.

Para vacas de leite, os requerimentos de AAs têm sido estimados por três procedimentos: 1) método fatorial; 2) método direto de resposta à dose; 3) método indireto de resposta à dose (SCHWAB, 1996).

<sup>1</sup> Zootecnista, M.Sc., aluno do Curso de Doutorado em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, bolsista do CNPq. Alameda Albano Braga, 10 - Ap.103, Viçosa-MG, CEP 36570-000; endereço eletrônico: dorismardavid@hotmail.com

(Recebido para Publicação em 20/03/2003, Aprovado em 18/06/2004)

O método fatorial é utilizado pelo Sistema de Carboidratos e Proteína Líquida de Cornell (CNCPS) para estimar os requerimentos de AAs. O'CONNOR et al. (1993) descreveram os procedimentos utilizados pelo CNCPS para prever os requerimentos para a absorção de AAs. O requerimento de AAs absorvidos é calculado pela multiplicação das exigências líquidas de proteína pela composição de AA do produto formado, dividido pela eficiência de uso de cada AA para manutenção, crescimento e produção de leite.

O método direto de resposta à dose é restrito aos AAs lisina e metionina e consiste no fornecimento de quantidades crescentes de lisina e metionina via infusão no abomaso ou duodeno, ou através do fornecimento desses AAs protegidos da degradação ruminal, juntamente com medições das respostas na produção e dos fluxos de AAs no intestino delgado (SCHWAB, 1996).

O método indireto de resposta à dose consiste em estimar por equações de regressão as porcentagens dos AAs presentes na digesta duodenal, utilizando dados de literatura (SCHWAB, 1996).

SCHWAB (1996) comparou os três métodos de determinação das exigências de AAs e concluiu que eles fornecem resultados similares e que as porcentagens de lisina e metionina na digesta duodenal para maximizar a produção e o teor de proteína no leite seriam de 15 e 5%, respectivamente, em relação ao total de AAs essenciais, quando se utilizam dietas convencionais. Além disso, esse autor também concluiu que o balanceamento de rações utilizando AAs absorvidos no intestino delgado pode reduzir a quantidade de proteína não degradada no rúmen (PNDR) nas rações, permitindo mais espaço nas mesmas para atender outros nutrientes, tais como carboidratos fermentáveis no rúmen.

O NRC (2001) considerou que os conhecimentos atuais são insuficientes para estabelecer recomendações de AAs para vacas de leite. Não obstante, a máxima eficiência da proteína metabolizável (PM) para manutenção e lactação é apontada pelo NRC (2001) quando as concentrações de lisina e metionina são de 7,2 e 2,4% da PM, respectivamente, ou quando a relação entre esses AAs é de 3:1. Esta relação considera as proporções de lisina e metionina no tecido muscular e no leite como padrão e, neste sentido, os trabalhos de VALADARES FILHO et al. (1990) e SCHWAB (1996) apontaram a proteína bacteriana com uma relação lisina:metionina bastante similar àquela encontrada no tecido muscular e no leite.

De acordo com SANTOS (1997), diversos pesquisadores têm enfatizado a importância da qualidade da fonte protéica. Esta qualidade está relacionada ao teor e principalmente ao balanço de aminoácidos essenciais, especialmente lisina e metionina, que são os dois AAs mais limitantes à produção de leite em dietas comerciais.

#### **Degradabilidade ruminal da proteína bruta dos alimentos e digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen**

A degradabilidade é conversão da proteína dietética até amônia, e envolve os processos de digestão (proteína até aminoácidos) e de fermentação (aminoácidos até ácidos graxos voláteis) (BRODERICK et al., 1991; RUSSEL et al., 1991).

Em situação ideal, segundo BRODERICK et al. (1991), a quantidade de AAs disponíveis para absorção deve ser igual às necessidades de AAs para atender as exigências de

manutenção e de produção dos ruminantes. Contudo, quando se desejam elevados níveis de produção, ocorre aumento das necessidades protéicas, e para atender estas condições, há necessidade de maximizar a eficiência de síntese de proteína microbiana e que parte da proteína dietética ingerida não seja degradada no rúmen. RUSSEL et al. (1991) salientaram que quanto maior for a degradabilidade da proteína da ração, maior será a produção de amônia e possivelmente, maiores serão as perdas urinárias de compostos nitrogenados na forma de uréia. Para que estas perdas sejam reduzidas, e seja maximizado o crescimento microbiano, há necessidade de sincronização entre as taxas de degradação da proteína e dos carboidratos.

O Agricultural and Food Research Council - AFRC (1993) considera quatro frações para a proteína: a fração rapidamente degradada no rúmen é definida como "a", a fração lentamente degradada no rúmen é "b", a proteína não degradada no rúmen é calculada por  $1 - (a + bc/c + k)$  e a proteína não degradada no rúmen indigestível é equivalente ao teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Os parâmetros "c" e "k" correspondem às taxas de digestão e de passagem da fração "b", respectivamente. Além disso, o AFRC (1993) considera que a eficiência de captação dos compostos nitrogenados rapidamente degradados no rúmen pelos microrganismos é de 80% e, considera a proteína efetivamente degradada no rúmen (PEDR) =  $0,8a + bc/c + k$ .

O sistema de Cornell (CNCPS), considera três grandes frações para a proteína. Uma fração "A" que é constituída dos compostos nitrogenados não protéicos, a fração "B" que contém os compostos nitrogenados protéicos e a fração "C" representada pelo NIDA, que é não degradada no rúmen e indigestível nos intestinos. Além disso, este sistema subdivide a fração "B" em B1, B2 e B3, sendo que B1 representa a fração protéica do alimento rapidamente degradada no rúmen, B2 constitui a fração de degradação intermediária e B3 a fração lentamente degradada no rúmen (SNIFFEN et al., 1992).

A fração "A" do sistema de Cornell é totalmente degradada no rúmen e para as frações B1, B2 e B3 são utilizadas para calcular a degradação ruminal (DR) de cada uma delas a seguinte fórmula:  $DR = Kd/(Kd + Kp)$ , sendo Kd a taxa de digestão de cada fração e Kp a taxa de passagem da respectiva fração. Já a fração que escapa da degradação ruminal é calculada por  $Kp/(Kd+Kp)$  (SNIFFEN et al., 1992).

O NRC (2001) considera três frações da proteína alimentar: "A", "B" e "C". A fração "A" inclui a proteína bruta na forma de nitrogênio não protéico e a proteína verdadeira que se solubiliza imediatamente no rúmen. A fração "B" é a diferença  $100 - (A+B)$  e é considerada degradável no rúmen quando o tempo de fermentação é suficiente. A fração "C" é a porcentagem de proteína bruta que é totalmente indegradável. A velocidade de degradação (Kd) da fração "B" é influenciada pela velocidade de passagem do alimento através do rúmen (Kp). Na edição do NRC (1989), a PNDR do alimento era considerada constante e não variava com a ingestão de matéria seca (MS). No NRC (2001), de acordo com as equações sugeridas, a proteína degradável no rúmen (PDR) e a PNDR são consideradas variáveis em função das constantes Kd e Kp.

A velocidade de passagem do alimento no rúmen depende da ingestão de matéria seca (IMS). Quanto maior a IMS, maior a velocidade de passagem. Como consequência, quando a IMS aumenta, a PDR do alimento diminui e a PNDR aumenta. O resultado das novas considerações do NRC (2001) é que, na prática, uma dieta fornecida a uma vaca de

alta produção (maior consumo e taxa de passagem), irá conter mais proteína sobrepastante que o estimado na edição anterior. Este é um bom exemplo da dinâmica do modelo, que altera os valores em função de cada situação específica.

O sistema de Cornell (CNCPS) é o que melhor caracteriza as frações protéicas dos alimentos, devendo na medida do possível ser adotado pelas instituições de pesquisa. Além disso, considerando a evolução dos sistemas, torna-se claro que a determinação da degradabilidade ruminal da proteína sem o conhecimento da digestibilidade intestinal das frações protéicas que escapam à degradação ruminal parece não ser adequada e recomendada (VALADARES FILHO, 1995).

A digestibilidade intestinal da PNDR tem sido obtida pela técnica do saco de náilon móvel (VALADARES FILHO, 1997), pela técnica *in vitro* de 3 estágios (CALSAMIGLIA & STERN, 1995), ou considerando que as frações B1, B2 e B3 que escapam da degradação ruminal têm digestibilidades constantes de 100, 100 e 80% (SNIFFEN et al., 1992) ou sendo 0,9 (PNDR - 6,25 NIDA), conforme AFRC (1993). O NRC (2001) adotou valores variáveis para a digestibilidade da proteína não degradável de cada alimento. O valor anteriormente constante de 80% no NRC (1989), foi substituído por outros específicos para cada alimento.

#### **Quantificação e composição da proteína microbiana e digestão intestinal de aminoácidos bacterianos**

Para calcular a contribuição da proteína verdadeira microbiana digestível (PVM<sub>D</sub>) no intestino delgado, há necessidade do conhecimento da produção de proteína microbiana. Os métodos utilizados para medir a quantidade de compostos nitrogenados microbianos baseiam-se em indicadores microbianos. BRODERICK & MERCHEN (1992) recomendaram a utilização de bases purinas e <sup>15</sup>N como indicadores para medir a produção de biomassa microbiana, porém alertaram para o problema de a relação purinas:N diferir entre bactérias e protozoários, havendo necessidade de assumir que os ácidos nucléicos dietéticos são completamente degradados no rúmen e que as bases são reutilizadas para síntese de ácido nucléico microbiano.

A excreção de derivados de purinas constitui um método simples e não-invasivo para estimar a produção de proteína microbiana no rúmen, utilizando coletas de urina com duração de 24 horas. Além disto, outra grande inovação é a possibilidade de estimar o volume urinário com uma única amostra de urina conforme descrito por VALADARES et al. (1999).

Considerando que as dietas são formuladas para que os AAs da PNDR possam completar os AAs de origem bacteriana, a composição de bactérias ruminais deve ser determinada (CLARK et al., 1992). Esses autores não recomendaram a utilização de valores médios da literatura para se estimar o fluxo de proteína bacteriana para o duodeno, em virtude da grande variação na composição das mesmas. Mesmo assim, para efeitos práticos, composições fixas de AAs bacterianos são utilizadas (RULQUIN & VÉRITÉ, 1993; SCHWAB, 1996).

Com relação à absorção verdadeira dos AAs bacterianos no intestino delgado, o AFRC (1993) utiliza um valor de 0,85. O CNCPS considera que apenas 60% da proteína microbiana está na forma de AAs disponíveis para a absorção, cujo valor utilizado para a mesma é de 100%. O NRC (2001) considera o conteúdo em proteína verdadeira da proteína microbiana de 80% e sua digestibilidade intestinal é igualmente de 80%.

Com relação à eficiência de síntese de proteína microbiana, o AFRC (1993) expressa a eficiência em termos de proteína bruta microbiana (PBM) sintetizada por MJ de energia metabolizável (EM) fermentada no rúmen e apresenta valores de 9 a 11 g de PBM/MJ de EM fermentada no rúmen. O CNCPS, descrito por RUSSEL et al. (1992), considera uma eficiência de síntese microbiana de 400 g de MS microbiana kg<sup>-1</sup> de carboidratos totais degradados no rúmen (CHODR) e o NRC (2001) considera a produção de proteína bruta bacteriana em função do NDT, sendo que há uma produção estimada de 130 g de PBM kg<sup>-1</sup> de NDT corrigido.

Os CHODR podem ser estimados a partir da matéria orgânica degradada no rúmen (MODR), com um r<sup>2</sup> igual a 0,96, encontrando-se que para cada kg de MODR são degradados 0,86 kg de CHODR. Esses resultados permitem estimar os CHODR a partir da MODR, uma vez que a maior parte dos dados da literatura expressa a eficiência em função da MODR. Vale ressaltar que a eficiência microbiana expressa em relação aos CHODR é mais adequada que na base da MODR, em razão dos lipídeos, que praticamente não fornecem energia para os microrganismos do rúmen, e da proteína bruta, que pode fornecer energia via fermentação dos esqueletos de carbono derivados da deaminação dos AAs, apesar de não ser sua principal função no rúmen, serem constituintes da MODR (VALADARES FILHO, 1995).

#### **Suplementação com aminoácidos**

Existem duas opções para o atendimento das exigências de AAs dos bovinos: a primeira é baseada no balanceamento com os AAs dos alimentos disponíveis para a absorção intestinal (sem desconsiderar as implicações do metabolismo da proteína inerente aos ruminantes) e a segunda opção é a utilização de AAs protegidos.

No caso específico de lisina e metionina, SLOAN et al. (1998) citaram duas possibilidades de formular dietas para esses AAs digestíveis: o sistema francês (Proteína Digestível no Intestino - PDI) e o sistema americano (Cornell Penn Minor - CPM), originário do CNCPS, e concluíram que o balanceamento de rações para esses AAs digestíveis geralmente resulta em aumentos nos teores de PB do leite de 0,1 a 0,2 % e a produção de leite em até 4% no início da lactação. Para maximizar o retorno econômico, recomendaram utilizar 6,82 e 2,19% da proteína metabolizável para os respectivos teores de lisina e metionina digestíveis e que uma relação de 3,1:1 de lisina para metionina digestíveis deve ser respeitada. Além disso, os autores também recomendaram usar o custo por grama de metionina digestível em vez do custo do kg do produto contendo metionina protegida. Ambos os modelos (PDI e CNCPS) reconhecem que o ajuste completo do balanço de AA para altos níveis de produção de leite pode requerer o uso de AAs protegidos.

#### **Degradação ruminal dos aminoácidos**

Ao planejar a suplementação das rações com AAs puros de origem sintética, torna-se necessário conhecer o valor de sua degradabilidade no rúmen. A concentração de AAs livres no rúmen, resultado da proteólise da proteína ingerida, é baixa e indica um rápido desaparecimento dos AAs do alimento no rúmen. Isto sugere sua rápida degradação (utilização) pelos microrganismos ruminais que os incorporam às suas proteínas ou desaminam produzindo uma elevação do nitrogênio amoniacal. Apesar de se assumir sempre uma total degradabilidade dos AAs livres no rúmen, existem poucos trabalhos que calculam quantitativamente o valor dessa degradabilidade.

CHALUPA (1976) classificou os AAs segundo a velocidade de degradação ruminal, a partir de resultados obtidos *in vitro*, e considerou arginina e treonina como sendo AAs de degradação rápida; lisina, fenilalanina, leucina e isoleucina de degradação média e valina e metionina de degradação lenta.

Trabalhando com doses fisiológicas de AAs, CHALUPA (1976) salientou que não tem sentido a suplementação de doses baixas de AAs sintéticos, em função dos valores de degradabilidade obtidos, com exceção da metionina que escaparia do rúmen em maior quantidade. Os resultados obtidos por COTTLE & VELLE (1989), trabalhando com doses altas de AAs infundidos no rúmen, sugerem que uma quantidade importante de AAs na forma protegida pode escapar do rúmen inalterada.

COTTLE & VELLE (1989) e VELLE et al. (1997) observaram que ao aumentar as doses de AAs infundidos no rúmen há uma diminuição substancial na degradação ruminal de alguns AAs. Por esta razão, ambos autores sugerem que dependendo do custo dos AAs sintéticos pode ser interessante suplementar AAs não protegidos aos ruminantes, tendo em vista que com doses altas se consegue quantidades apreciáveis de AAs no duodeno.

Alguns trabalhos (CHALUPA, 1976 e VELLE et al., 1997) também têm indicado que os AAs são degradados mais rapidamente quando administrados sozinhos, em comparação a quando são administrados juntos a outros AAs.

#### Determinação do nível ótimo de suplementação

Os conhecimentos atuais sobre aminoácidos limitantes em distintas situações produtivas de ruminantes são muito restritos e pouco concludentes. Existe uma falta clara de informação para se determinar com precisão os efeitos dos aminoácidos nos modelos utilizados para prever os resultados produtivos das rações de ruminantes, tal como é possível realizar no caso de monogástricos.

Embora cada um dos 10 AAs essenciais em ruminantes tenha sido citado como limitante em alguns estudos, Met e Lis são os mais freqüentemente considerados como potencialmente limitantes para bovinos leiteiros. No caso de rações com silagem de alfafa e soja tostada, tudo parece indicar que são deficientes em Met mas não em Lis (ARMENTANO et al., 1997). Não obstante, SCHINGOETHE et al. (1996) relataram que a existência do grande número de estudos com estes AAs essenciais em ruminantes deve-se a existência de diversos produtos comerciais de Met e Lis protegidas e não exatamente porque os AAs são limitantes na prática.

Segundo SCHINGOETHE (1996), a histidina parece ser o AA limitante depois da Lis e Met, para vários suplementos protéicos, sendo que a carnosina pode atuar como fonte de His, o que reduz sua limitação. XU et al. (1998) e ROBINSON et al. (1998) concluíram que, em rações a base de silagem de gramíneas, a His pode ser mais limitante que Lis e Met. Outros trabalhos indicam que a arginina (XU et al., 1998) e fenilalanina (NICHOLS et al., 1998), em rações a base de silagem de milho e feno de alfafa, são claramente limitantes além da Lis e Met.

Em relação aos efeitos da adição de Lis e Met, muitos trabalhos têm sido realizados estudando os efeitos dose/resposta a fim de propor um valor de recomendação prática. RULQUIN (1992) e RULQUIN & VÉRITÉ (1993), a partir dos dados de 57 trabalhos com 164 rações onde foram utilizados diferentes níveis de Lis e Met, concluíram que a relação dose/resposta produtiva é ótima quando se tem as

doses de Lis e Met, respectivamente de 7,3 e 2,5% PDI (proteína digestível no intestino). Com valores de PDI de Lis e Met abaixo de 6,8 e 2,0%, respectivamente, a produção diária de proteína e leite cai acentuadamente. Por outro lado, CHALUPA & SNIFFEN (1991) concluíram que as respostas máximas são obtidas com 16-30 g dia<sup>-1</sup> de Lis e 10-15 g dia<sup>-1</sup> de Met. SCHWAB (1996) analisando dados anteriores e seus próprios dados, estimou que as exigências de Lis e Met, expressas em percentual de AA essenciais que chega no duodeno, correspondem a valores de 15 e 5%, respectivamente.

Para calcular as percentagens de Lis e Met no total de AA essenciais que chegam no duodeno, SCHWAB (1996) desenvolveu equações para Lis e Met, com r<sup>2</sup> de 0,82 e 0,55, respectivamente. Desta forma, pode-se calcular os níveis de Lis e Met nas rações e decidir sobre a conveniência de suplementar ou não com estes AAs. ROBINSON et al. (1998), no entanto, utilizando as equações propostas por SCHWAB (1996), não observaram resultados produtivos satisfatórios quando usaram suplementação de Lis entre 13 e 15% dos AAs essenciais, por meio da adição de Lis protegida (LisP). Os autores concluíram que, em rações de silagem de gramíneas, poderiam ser outros os AA limitantes e sugeriram que a deficiência de His pode ser maior que a de Lis.

#### Efeitos da suplementação com aminoácidos protegidos

Considerando a elevada degradação da maior parte dos AAs nas doses de aplicação recomendadas, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos com AAs protegidos da degradação ruminal. Os principais métodos usados pela indústria para proteger os AA são: 1) produção de AAs análogos (Metionina hidroxí-análoga; Hidroximetil DL-Metionina cálcica; Monoplus di-N-Hidroximetil-L-Lisina cálcica, etc.), que são mais estáveis nas condições de rúmen; 2) recobrimento com gordura, misturas de gorduras e proteínas, proteínas tratadas com formaldeído, sabões cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa; 3) encapsulamento com compostos poliméricos resistentes à degradação ruminal, mas que são hidrolisados no abomaso.

Estudos relacionados com a suplementação de AAs protegidos são relativamente recentes e, na maioria dos casos, são realizados com vacas leiteiras. Não obstante, existem também resultados interessantes em bezerras de corte (KLEMESRUD et al., 2000).

KLEMESRUD et al. (2000) avaliaram o efeito da suplementação de lisina metabolizável no desempenho de bovinos em terminação, alimentados com dietas ricas em milho e deficientes em proteína de escape, e concluíram que a composição de AAs da proteína que chega ao intestino delgado também é deficiente em lisina metabolizável. A adição de lisina protegida, neste caso, aumentou o ganho médio diário em peso vivo dos animais, especialmente no início do período de alimentação (1 a 56 dias).

Independente das propostas de suplementação teóricas necessárias de Lis e Met, em relação às necessidades de vacas leiteiras, vários trabalhos têm valorizado os efeitos da suplementação de ambos AAs em diferentes tipos de rações. Neste aspecto, RULQUIN & VÉRITÉ (1993) realizaram uma interessante revisão de 121 experimentos relacionados com a suplementação de rações de vacas leiteiras com Lis e Met ou ambos e os efeitos obtidos corresponderam a aumentos médios de: + 0,1 Kg dia<sup>-1</sup> (variação de - 2,3 a + 2,2 kg dia<sup>-1</sup>) na produção de leite; + 29 g dia<sup>-1</sup> (variação de - 131 a + 118 g.dia<sup>-1</sup>) na produção de proteína; + 0,9 g dia<sup>-1</sup> (variação de - 0,6 a +

3,6 g dia<sup>-1</sup>) no teor de proteína e + 0,1 g kg<sup>-1</sup> (variação de - 4,3 a 5,6 g kg<sup>-1</sup>) no teor de gordura. Os resultados são pouco concludentes devido à variabilidade de respostas observadas, que em muitos casos não foram significativas. Os autores, entretanto, identificaram alguns dos principais fatores que podem explicar a variabilidade nas respostas produtivas à suplementação de Lis e Met. Assim, a resposta é maior quando: suplementam-se conjuntamente Lis e Met; as rações são à base de milho; as rações têm elevado teor de proteína; a produção de leite é mais elevada e no início da lactação.

RULQUIN (1992) concluiu que o efeito da suplementação com Met e Lis incrementa significativamente a proteína do leite (entre 0,5 - 1,0 g kg<sup>-1</sup>) e a produção total de proteína (50 a 70 g dia<sup>-1</sup>), sem modificar os demais componentes. Maiores efeitos são obtidos em rações a base de milho e menores, em rações a base de gramíneas, em que os AA limitantes podem ser outros, que não Lis e Met.

Contrariamente, OVERTON et al. (1996) observaram que a suplementação com Met aumenta o teor de gordura do leite. Segundo ROBINSON et al. (1998), a Met pode ter a capacidade de estimular a síntese dos componentes do leite, independente de ser ou não AA limitante. Neste sentido, SHARMA & ERDMAN (1988) indicaram que a colina sintetizada a partir da Met pode ser responsável pelo aumento do teor de gordura do leite.

Outro efeito interessante, observado com a suplementação com Metionina protegida (MetP) é o aumento da ingestão (CARSON et al., 1998; OVERTON et al., 1998; XU et al., 1998). Entretanto, POLAN et al. (1991) sugeriram que excesso de Met na ração pode reduzir o consumo de alimento. Da mesma forma, VELLE et al. (1997), usando infusões ruminais crescentes e doses elevadas de Met, observaram diminuição transitória no consumo, porém não constataram isso quando usaram infusões de outros AAs em doses semelhantes.

A metionina também parece melhorar o estado metabólico geral da vaca no início da lactação já que desempenha um papel fundamental na gliconeogênese do fígado, especialmente em vacas com balanço energético negativo (RULQUIN & DELABY, 1997).

PEEL & PATTON (1998) estudaram os fatores da dieta que mais afetam a resposta positiva da suplementação com Met e observaram que a contribuição da Lis metabolizável é que explica a maior quantidade da variação ( $r^2 = 0,81$ ). Em vacas primíparas, observa-se que a quantidade de gordura da ração afeta negativamente a resposta.

Em relação ao efeito da Lis, SCHWAB et al. (1992) obtiveram respostas lineares a suplementação de Lis com 13,2 a 14,8% do total de AAs essenciais em dietas ricas em milho e com a adição de 10 g de Met em todos os casos. ROBINSON et al. (1998), no entanto, não verificaram incremento na produção quando utilizaram 13,4 a 15,2% de Lis em relação aos AAs essenciais (21 g de LisP), e concluíram que outros AAs poderiam ser limitantes.

No caso de rações de silagem de alfafa e soja tratada com calor, ARMENTANO et al. (1997) constataram que essas são deficientes apenas em Met, uma vez que a suplementação de 5 a 10 g dia<sup>-1</sup> de MetP aumentou linearmente o teor de proteína do leite (2,89 - 2,99%), o que não ocorreu quando se utilizou 15 g dia<sup>-1</sup> de LisP.

WU et al. (1997) observaram a existência de interação entre a quantidade de proteína não degradável das dietas pré-

parto e a suplementação com AA protegidos nas dietas de lactação. Assim, 10,5 g de MetP e 15 g de LisP foram capazes de incrementar o teor de proteína do leite (2,83 - 2,96%) quando os animais receberam uma dieta antes do parto com proteína de baixa degradabilidade e não quando a degradabilidade foi alta. Já CARSON et al. (1998) observaram aumento do teor da proteína do leite nas dietas suplementadas antes do parto com AAs protegidos (12,9 g de LisP e 19,5 g de MetP).

#### **Resistência à degradação dos análogos sintéticos de aminoácidos**

O análogo de Met (2-amino, 4-metil-tio butanoico) mais conhecido é o MHA - Metionina-hidroxi-análogo (2-hidroxi, 4 metil-tio butanoico), que substitui o grupo amino do aminoácido por um grupo hidroxila. A eficiência de utilização do MHA como fonte de Met para os ruminantes foi posta em questão por BELASCO (1980). A possível razão de sua menor degradabilidade ruminal se baseia na pouca utilização pelos microrganismos, pois como é solúvel, pode potencialmente deixar o rúmen mais rápido que outros AA protegidos sólidos.

PATTERSON & KUNG (1988) compararam a degradabilidade em condições *in vitro* de Met, MHA e MHAME (Metionina hidroxi-análoga metil-éster) e observaram que o desaparecimento da MHA é significativamente menor que da Met. A MHAME desaparece totalmente, já que se converte em MHA.

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O perfil de AAs da proteína microbiana é semelhante ao perfil da proteína do leite e tecidos. Portanto, otimizar a síntese de proteína microbiana continua sendo a pressuposição básica da nutrição de ruminantes.

Mais dados concernentes às exigências de aminoácidos para bovinos necessitam ser gerados e, tendo em vista as peculiaridades do metabolismo de proteínas em ruminantes, a adoção de modelos mecanísticos tornar-se-ão imprescindíveis na formulação de rações para atender aos requerimentos de aminoácidos de bovinos de corte e leite. Esses modelos deverão prever o fluxo intestinal, a absorção e a utilização dos AAs.

De modo geral, observa-se que as respostas de produção de leite a infusões de AAs pós-rúmen são variáveis, provavelmente devido à variação na composição da dieta basal. Na maioria das dietas, metionina e lisina são frequentemente considerados os primeiros AAs limitantes na secreção da proteína do leite. Os resultados mais consistentes com relação ao uso de AAs protegidos estão relacionados com o aumento nos teores de proteína e caseína do leite e, em condições onde o teor protéico do leite é considerado no preço pago ao produtor, o uso de AAs protegidos pode se tornar interessante.

A suplementação de AAs protegidos tem sido estudada com maior ênfase em bovinos leiteiros que em bovinos de corte. Resultados favoráveis, no entanto, foram observados no desempenho produtivo de bovinos de corte suplementados com AAs protegidos, em situações específicas de alimentação (deficiência de proteína de escape) e particularmente no início do período de suplementação. Os resultados da viabilidade econômica dessa prática em bovinos de corte ainda são questionáveis.

## ABSTRACT

The real demand of ruminants is for amino acids (AAs) and non protein simply. So that nutritionists can work with balancing of AAs, besides the determination of demands of AAs, it is also indispensable the knowledge of the rumen degradability and digestibility of crude protein in small intestine, besides the knowledge of efficiency of microbial synthesis. Two options exist to assist the bovine demands of AAs: the first would be based on the balancing with feed AAs available for intestinal absorption and the second would be protected AAs. In general, it is observed that milk production results to infusions of AAs post-rumen are variable, probably due to variation in basal diet composition. The most consistent results with respect to protected AAs utilization are related with milk protein and casein increase. When milk protein content is considered in the price of product, the use of protected AAs may become interesting. For beef cattle receiving diets with insufficient escape protein, use of protected lysine show favorable result in terms of productive performance, specifically in the beginning of supplementation period. The economic viability of this practice, however, it is still questionable.

Key words: amino acids, requirements, supplementation.

## REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB international, 1993. 159 p.
- ARMENTANO, L.W.; BERTICS, S.J.; DUCHARME, G.A. Response of lactating cows to methionine or methionine plus lysine added to high protein diets based on alfalfa and heated soybeans. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.6, p.1194-1199, 1997.
- BELASCO, I.J. Fate of carbon-14 labeled methionine hydroxy analog and methionine in the lactating dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n.5, p.775-784, 1980.
- BRODERICK, G.A.; MERCHEN, N.R. Markers for quantifying microbial protein synthesis in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p.2618-2632, 1992.
- BRODERICK, G.A.; WALLACE, R.J.; ORSKOV, E.R. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Ed.) **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. New York: Academic Press, 1991. p.542-592.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.5, p.1459-1465, 1995.
- CARSON, V.M.; WHITEHOUSE, N.L.; KOLINSKY, D. et al. Interactions of *prepartum* and *postpartum* feeding of rumen inert amino acids on lactational performance of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, suppl.1, p.295 (Abstr.), 1998.
- CHALUPA, W. Degradation of amino acids by the mixed rumen microbial population. **Journal of Animal Science**, v.43, n.4, p.828-834, 1976.
- CHALUPA, W.; SNIFFEN, C. J. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle in dairy nutrition management. **Veterinary Clinics of North America**, v.7, n.2, 353-372, 1991.
- CLARK, J.M.; 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.2304-2323, 1992.
- COTTLE, D.J.; VELLE, W. Degradation and outflow of amino acids from the rumen of sheep. **The British Journal of Nutrition**, v.61, n.2, p.397-408, 1989.
- ERASMUS, L.J.; BOTHA, P.M.; MEISSNER, H.H. Effect of protein source on ruminal fermentation and passage of amino acids to the small intestine of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.12, p.3655-3665, 1994.
- KLEMESRUD, M.J.; KLOPFENSTEIN, R.A.; STOCK, R.A. et al. Effect of dietary concentration of metabolizable lysine on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, v.78, n.4, p.1060-1066, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1989, 157p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381p.
- NICHOLS, J.R.; SCHINGOETHE, D.J.; MAIGA, H.A. et al. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.2, p.482-491, 1998.
- O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**, v.71, n.6, p.1298-1311, 1993.
- OVERTON, T.R.; EMMERT, L.S.; CLARK, J.H. Effects of source of carbohydrate and protein and rumen-protected methionine on performance of cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.1, p.221-228, 1998.
- OVERTON, T.R.; LACOUNT, D.W.; CICELA, T.M. et al. Evaluation of a ruminally protected methionine for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.4, p.631-638, 1996.
- PATTERSON, J.A.; KUNG JR, L. Metabolism of DL-methionine and methionine analogs by rumen microorganisms. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.12, p.3292-3301, 1988.
- PEEL, C.J.; PATTON, R.A. Dietary factors associated with production responses to a rumen-protected methionine (Mepro<sup>®</sup>) on commercial dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.81, suppl.1, p.346 (Abstr.), 1998.
- POLAN, C.E.; CUMMINS, K.A.; SNIFFEN, C.J. et al. Responses of dairy cows to supplemental rumen protected forms of methionine and lysine. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.9, p.2997-3013, 1991.
- ROBINSON, P.H.; CHALUPA, W.; SNIFFEN, C.J. et al. Ruminally protected lysine or lysine and methionine for lactating dairy cows fed a ration designed to meet requirements for microbial and post-ruminal protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.5, p.1364-1373, 1998.
- RULQUIN, H. Intérêts et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. **INRA Productions Animales**, v.5, n.1, p.29-36, 1992.
- RULQUIN, H.; DELABY, L. Effects of the energy balance of dairy cows on lactational responses to rumen-protected methionine. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.10, p.2513-2522, 1997.
- RULQUIN, H.; VÉRITÉ, R. Amino acid nutrition of dairy cows: productive effects and animal requirements. In: GARNSWORTHY, P.C., COLE, D.J.A. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p.55-77.

- RUSSEL, J.B.; ONODERA, R.; HINO, T. Ruminal protein fermentation: new perspectives on previous contradictions. In: TSUDA, T., SASAKI, Y. (Ed.) **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. New York: Academic Press, 1991. p.682-697.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I - Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- SANTOS, F.A.P. Conceitos atuais de nutrição protéica. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FÁRIA, V.P. (Ed.). **Confinamento de bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.51-68.
- SCHINGOETHE, D.J. Balancing the amino acid needs of the dairy cow. **Animal Feeding Science and Technology**, v.60, n.3, p.153-160, 1996.
- SCHWAB, C.G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 58, 1996, Ithaca. **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1996. p.184-198.
- SCHWAB, C.G.; BOZAK, C.K.; WHITEHOUSE, N.L. et al. Amino acid limitation and flow to the duodenum at four stages of lactation. I. Sequence of lysine and methionine limitation. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3486-3502, 1992.
- SHARMA, B.K.; ERDMAN, R.A. Abomasal infusion of choline and methionine with or without 2-amino-2-methyl-1-propanol for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.9, p.2406-2411, 1988.
- SILVA, F.F. da; VALADARES FILHO, S. de C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Exigências líquidas de aminoácidos para ganho de peso de nelores não castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.765-775, 2002.
- SLOAN, B.K.; GARTHWAITE, B.D.; SCHWAB, C.G. Practical formulation of dairy cow diets for digestible amino acids to improve nitrogen efficiency and the bottom line. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 60, 1998, Ithaca. **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1998. p.51-61.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- VALADARES FILHO, S. de C. Digestão pós-ruminal de proteínas e exigências de aminoácidos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** UFLA/DZO, 1997, p.87-113.
- VALADARES FILHO, S. de C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV-DZO, 1995, p.355-388.
- VALADARES FILHO, S. de C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000, p.267-338.
- VALADARES FILHO, S. de 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 Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.5, p.431-440, 1990.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effects of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999.
- VELLE, W.; SJAASTAD, O.V.; AULIE, A. et al. Rumen escape and apparent degradation of amino acids after individual intraruminal administration to cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.12, p.3325-3332, 1997.
- WU, Z.; FISHER, R.J.; POLAN, C.E. et al. Lactational performance of cows fed low or high ruminally undegradable protein *prepartum* and supplemental methionine and lysine *postpartum*. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.4, p.722-729, 1997.
- XU, S.; HARRISON, J.H.; CHALUPA, W. et al. The effect of ruminal bypass lysine and methionine on milk yield and composition of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.4, p.1062-1077, 1998.