

METIONINA E ANÁLOGOS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS

(Methionine and analogs Nutrition of Cattle)

Sérgio Fernandes Ferreira^{1*}, Marcela Adriana Souza Leite², Stephany
Roberta Todescatti¹, Ana Clara Fernandes Ferreira³

¹Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Concórdia, Rodovia SC 283 - km 08, Vila Fragosos - CP: 58, Concórdia, SC; ²Universidade do Contestado (UnC), Concórdia; ³Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas.

RESUMO

A presente revisão tem como propósito apresentar uma discussão e resultados relacionados ao uso de metionina e análogos na nutrição de bovinos. A manipulação de alimentos é importante no processo digestivo em ruminantes, principalmente no caso de aminoácidos (AAs), que possuem composição e propriedades muito específicas. O primeiro AA limitante na produção de bovinos é a Metionina, especialmente quando a Pmic é a fonte predominante de aminoácidos que suprem o intestino delgado. Modificações ocorridas nas fontes proteicas, durante fermentação no rúmen, fazem com que alguns métodos, dentre eles o *by-pass*, possam ser utilizados para a proteção de AAe da ação dos microrganismos ruminais, permitindo a suplementação de AAs específicos para absorção direta no intestino delgado. Desta forma, tem-se observado efeitos positivos quanto ao uso de metionina e seu análogo MHA - Metionina-hidroxi-análogo. Para que a suplementação de metionina para ruminantes seja efetiva, é necessário que sejam fornecidos de forma protegida, ou seja, não deve ser feita de forma livre na dieta, pois serão degradados pelos microrganismos ruminais. Alguns processos químicos e ou físicos podem ser feitos para proteger a metionina da degradação ruminal, possibilitando, assim, um maior suprimento de AAs no intestino.

Palavras-Chave: aminoácidos, gado de corte, gado de leite, MHA.

ABSTRACT

The present review aims to present a discussion and results related to the use of methionine and analogues for bovine feeding. A food handling are important in the digestive process in ruminants, especially case of amino acids (AAc), that have very specific properties and composition. The first limiting amino acid in cattle and methionine, especially when Pmic is the predominant source of AAc that supply the small intestine. Modifications in protein sources during fermentation in the rumen causes some methods among them the *by-pass* can be used for protection of AAc from the action of ruminal microorganisms, allowing

*Endereço para correspondência:
sergio-ff@hotmail.com

supplementation of specific amino acids for direct absorption in the small intestine. Thus, it has been observed positive effect on the use of methionine its analogue and MHA - Methionine-hydroxy analogue. To that methionine supplementation for ruminants to be effective, they must be provided in protected form, or should not be done freely in the diet, they will be degraded by the rumen microorganisms. Some physical and chemical processes or may be made to protect methionine from ruminal degradation, thus enabling a greater amount of AAc in the intestine.

Key-Words: amino acids, beef cattle, dairy cattle, MHA.

INTRODUÇÃO

As características próprias da fisiologia digestiva dos ruminantes adultos agem de tal modo que, quase que todos os alimentos ingeridos e demais substâncias que passam pelo trato gastrointestinal de forma normal, sofrem ação digestiva ruminal (hidrólise, biohidrogenação e fermentação microbiana), antes de serem digeridos no abomaso e serem absorvidos no intestino. Os principais fatores que condicionam a intensidade da ação digestiva ruminal são de natureza do alimento e do animal, principalmente tempo de permanência no rúmen-retículo. A manipulação de alimentos é de grande importância no processo digestivo em ruminantes, principalmente os que possuem composição e propriedades muito específicas. Ambos os casos são plenamente aplicados no caso de aminoácidos (AAs) utilizados na alimentação de bovinos.

Dessa forma, num processo normal de evolução na área da nutrição proteica de bovinos 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 proteicas e, finalmente, a nutrição de AAs essenciais (SANTOS, 1997). O ruminante tem sua exigência nutricional real por AAs e não, simplesmente, por proteína.

Em ruminantes, o balanço de AAs da proteína do alimento ingerido não é considerado como o valor biológico da proteína a ser utilizada no metabolismo animal para crescimento, produção de enzimas, síntese proteica etc., pois ocorrem alterações durante os processos de fermentação ruminal. Ao chegar no rúmen, o alimento é colonizado pelos microrganismos ruminais, havendo degradações e sínteses, antes de passar adiante no trato digestivo, podendo ocorrer grandes alterações na qualidade da proteína original. Assim, a qualidade da proteína dos alimentos na dieta de bovinos passa a ter importância relativa, visto que podem ser alteradas, sendo transformadas em proteínas de alto valor biológico.

Devido a essas grandes modificações ocorridas nas fontes proteicas, durante fermentação no rúmen, alguns métodos ou *by-pass*, podem ser utilizados para a proteção

de aminoácidos da ação dos microrganismos ruminais, permitindo a suplementação de aminoácidos específicos para absorção direta no intestino delgado.

Tendo em vista as considerações precedentes, foi conduzida a presente revisão, com o propósito de apresentar uma discussão e dados de pesquisas relacionados ao uso de metionina e análogos na nutrição de bovinos.

DESENVOLVIMENTO

Aminoácidos na nutrição de bovinos

O animal ruminante tem sua exigência nutricional real por AAs e não, pura e simplesmente, por proteína. Dentro de um processo normal de evolução na área da nutrição proteica 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 proteicas e, finalmente, a nutrição de AAs essenciais (SANTOS, 1997).

A proteína é constituída de 21 AAs principais, dez são considerados como “essenciais” ou “indispensáveis” (NRC, 2001), devendo, pois, constar da dieta. Os AAs considerados essenciais para ruminantes são os mesmos que em monogástricos: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. Chalupa e Sniffen (1991) também consideraram a tirosina e cisteína AAs essenciais para a produção de leite. A Tab. 1 mostra a composição em AAs de alguns produtos de origem animal, microrganismos e principais alimentos concentrados.

Aponta-se uma 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.

Para vacas leiteiras, os requerimentos de AAs têm sido estimados por três procedimentos: 1) método fatorial - é utilizado pelo Sistema CNCPS para estimar os requerimentos de AAs; 2) 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 mensurações das respostas na produção e dos fluxos de AAs no intestino delgado); 3) 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).

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%.

Tabela 1: Composição em aminoácidos da proteína (Expresso com % de proteína).

Amino-ácido	Lã	Tecidos bovino	Leite	Bactéria rúmen	Protozoário rúmen	Micro-organismos rúmen	Milho	Soja
LEU	5,9	8,6	9,7	7,3	8,2	9,4	11,1	7,4
LIS	3,6	6,0	8,1	9,3	9,9	11,3	2,5	6,3
SER	9,0	3,9	5,6	3,8	3,6	4,8	3,9	3,9
TRE	5,8	4,5	4,6	4,9	4,9	6,4	4,0	3,7
ALA	2,9	4,0	4,9	6,1	6,1	6,8	5,1	4,8
ISOLEU	2,4	3,4	5,9	7,0	7,0	7,3	5,1	5,5
VAL	4,5	4,9	6,6	5,3	5,3	7,2	4,0	5,2
MET	0,5	2,3	2,6	2,1	2,1	2,6	2,0	1,3
HIS	1,3	2,0	2,7	2,0	2,0	2,2	2,0	2,4
TRIP	0,7	0,7	1,4	–	–	0,6	1,0	1,3
OUTROS	63	59,7	47,9	50	50	41,4	59,3	58,2

Adaptado de Van Soest (1994).

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. Doses fisiológicas de AAs sintéticos não têm sentido, em função dos valores de degradabilidade obtidos, com exceção da metionina, que escaparia do rúmen em maior quantidade.

Protozoários do rúmen possuem mais Lys e menos Met do que as bactérias, mas a presença de protozoários parece não ter efeito no perfil de aminoácidos do fluxo de proteína vindos do rúmen. (MERCHEN e TITGEMEYER, 1992). Então, é possível supor que o uso de lipídeos na alimentação de bovinos aumentaria os níveis de disponibilidade de

metionina oriundos da microbiota de retorno, pois promove um maior fluxo ao abomaso e intestinos, contribuindo com a porção aminoácida.

Metionina

Uma ração deficiente em aminoácidos essenciais para cada espécie tem o mesmo efeito sobre a ingestão voluntária de alimentos que a deficiência proteica. Este desequilíbrio pode ser controlado pela suplementação na ração, infusão no trato gastrointestinal ou na circulação. A metionina é classificada como aminoácido sulfuroso com grupo R não polar e alifático. É um dos aminoácidos primários e essencial. Normalmente o primeiro aminoácido limitante na produção de bovinos é a Metionina, especialmente quando a proteína microbiana é a fonte predominante de aminoácidos que suprem o intestino delgado (RULQUIN e DELABY, 1997).

Suplementação com aminoácidos – Metionina

Os requerimentos de aminoácidos essenciais são influenciados pelas taxas de crescimento dos animais. Existem duas opções para o atendimento das exigências de AAs para 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 (RULQUIN e DELABY, 1997).

No caso específico de lisina e metionina, Sloan *et al.* (1998) citaram duas possibilidades de formular dietas para esses AAs digestíveis: AFRC (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, Sloan *et al.* (1998) 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 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 AAs para altos níveis de produção de leite pode requerer o uso de AAs 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 DLMetionina cálcica; Monoplus di-N-Hidroximetil-L-Lisina cálcica, etc.), que são mais estáveis em 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 (ALVES, 2004).

Resistência à degradação dos análogos sintéticos de aminoácidos – Metionina

O análogo de Met (2-amino, 4-metil-tio butanóico) mais conhecido é o MHA - Metionina-hidroxí-análogo (2-hidroxí, 4 metil-tio butanóico), 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 e Kung (1988) compararam a degradabilidade em condições *in vitro* de Met, MHA e MHAME (Metionina hidroxí-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.

Em trabalho feito por Noftsker *et al.* (2005), para avaliar os efeitos ruminais e o efeito no abomaso da Met fornecendo HMB (2-hydroxi-4-(metil-tio)-butanóico ácido), HMBi (isopropil-2-hidroxí-4-(metil-tio)-butanóico acid) e DL-Met. Foram utilizadas oito vacas fistulizadas e verificou-se que houve somente mudança na composição da proteína no leite no tratamento HMBi.

Efeito da Metionina na Produção de Leite

Metionina e lisina são os dois AAs mais limitantes à produção de leite em dietas comerciais (SANTOS, 1997). Embora, cada um dos 10 AAs essenciais em ruminantes tenha sido citado como limitante em alguns estudos, Met e Lis são os mais frequentemente considerados como potencialmente limitantes para bovinos leiteiros. Na maioria das dietas,

metionina e lisina são frequentemente considerados os primeiros AAs limitantes na secreção da proteína do leite (ALVES, 2004).

Para calcular as porcentagens de Lis e Met no total de AAs essenciais que chegam no duodeno, Schwab (1996) desenvolveu equações para Lis e Met, com r^2 de 0,82 e 0,55, respectivamente. Dessa forma, pode-se calcular os níveis de Lis e Met nas rações e decidir sobre a conveniência de suplementar, ou não, com esses AAs.

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. Por outro lado, Chalupa e Sniffen (1991) concluíram que as respostas máximas são obtidas com 16-30 g dia⁻¹ de Lis e 10-15 g dia⁻¹ de Met.

O NRC (2001) considerou que os conhecimentos atuais são insuficientes para estabelecer recomendações de AAs para vacas leiteiras. 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.

Rulquin e Verité (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.

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⁻¹ de MetP aumentou linearmente o teor de proteína do leite (2,89 – 2,99%), o que não ocorreu quando se utilizou 15 g dia⁻¹ de LisP. 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).

De acordo com Socha *et al.* (2005), existem quatro observações sobre o aumento de concentrações de Met e Lys no duodeno. Primeiro, a concentração de proteína do leite é mais sensível do que a produção de leite (NRC, 2001). Segundo, resultados de vários experimentos indicam que a caseína do leite é afetada mais do que as frações do soro e NNP (ARMENTANO *et al.*, 1993). Terceiro, aumentos na porcentagem de proteína do leite são maiores do que poderiam se esperar pelo aumento de proteína bruta na dieta

(NRC, 2001). Finalmente, para aumentos na produção de leite, a suplementação de Lys e Met são geralmente limitadas em vacas em lactação inicial, quando a exigência de AAs absorvíveis, relacionado com a energia disponível, é a maior (POLAN *et al.*, 1991; RULQUIN e VÉRITÉ, 1993).

Em experimento realizado por Socha *et al.* (2005), utilizaram-se 84 vacas holandesas em período peri-parturiente, formando os tratamentos: nenhum aminoácido rúmen-protetido, 10,5 g/d de Met rúmen-protetida ou 10,2 g/d de Met adicionado de 16 g/d de Lys ambos rúmen-protetidos. Depois do parto, os animais continuaram recebendo o mesmo tratamento, mas foram distribuídos em dietas de 16% de PB e 18,5 % de PB. O tratamento Met + Lys teve uma maior produção para leite corrigido para energia, gordura e proteína e uma tendência para aumentar a produção de 3,5% de gordura corrigida para leite, quando comparados com os demais tratamentos. A adição de Met e Met + Lys em dietas com 18,5 % de PB aumentou a proteína do leite em 0,21 e 0,14%, respectivamente. A suplementação de Met aumentou a gordura em 0,26%.

Muitos pesquisadores não encontraram nenhum efeito do HMB na concentração de proteína no leite (HANSEN *et al.*, 1991); no entanto, Nofstger e St-Pierre (2003) mostraram um aumento na concentração e produção de proteína do leite que foi maior que o esperado somente da adição da suplementação de Met metabolizável com Met protetida, em conjunto com uma fonte degradável no rúmen de Met (HMB). Overton *et al.* (1996) observaram que a suplementação com Met aumenta o teor de gordura do leite.

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 e DELABY, 1997).

Efeito da Metionina na Produção de Carne

Outro efeito interessante, observado com a suplementação com Metionina protetida (MetP) é o aumento da ingestão (CARSON *et al.*, 1998; OVERTON *et al.*, 1996). 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 suplementação de AAs protetidos 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 (ALVES, 2004).

Resultados quanto ao uso de metionina

Rossi Jr. *et al.* (2007), ao estudar o fluxo e a absorção de AAs em bovinos alimentados com dietas isoproteicas, formuladas com diferentes fontes nitrogenadas (farelo de algodão, levedura ou ureia), observaram que a fonte nitrogenada da dieta determinou diferenças significativas ($p < 0,05$), na composição de alguns AAs 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 gramas do aminoácido/100g PB. 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. A disponibilidade de Met foi de 5,26 a 6,06 g/dia.

A absorção de Met (2,8 g/dia em média) foi muito baixa (ROSSI Jr. *et al.*, 2007), se comparada aos dados da literatura, que sugerem absorções de 7 a 9 g/dia em novilhos em crescimento (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.

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).

Fernandes *et al.* (2008), trabalhando com suplementos comerciais: (1) SC = Suplemento controle, compreendendo o suplemento comercial; (2) AGE = Suplemento controle adicionado de mistura orgânica comercial de ácidos graxos essenciais e fonte contendo 2400mg metionina/ kg; (3) AGEF = Suplemento AGE enriquecido com fosfatidilcolina, contendo 2400mg metionina/ kg; para novilhos nelore com 11 a 12 meses inicial, em sistema de pastejo; observaram que animais suplementados com AGEF e AGE apresentaram melhores desempenhos em ganho de peso, que aqueles recebendo apenas SC, $863,2 \pm 70,8$; $826,4 \pm 108,3$ e $731,0 \pm 97,7$ respectivamente para AGEF, AGE e SC aos 87 dias do período experimental.

Bovinocultura de Leite

A suplementação de dietas para ruminantes com análogos da metionina como 2-hidroxi-4-(metil-tio) butanóico (HMB) e seu éster isopropílico (HMBi) afetam positivamente a composição do leite e o rendimento, potencialmente, em parte, por meio de ações do rúmen (MARTIN *et al.*, 2013). Animais suplementados com HMB ou HMBi apresentaram aumento das concentrações de AGV no rúmen, bem como a abundância de *F. succinogenes* e *R. flavefaciens*, embora estes aumentos não tiveram nenhum efeito sobre a atividade de carboximetilcelulase e xilanase no conteúdo ruminal, nem sobre a colonização bacteriana e degradação dos substratos de milho. Nas condições experimentais do trabalho de Martin *et al.* (2013), análogos Met apresentaram maior crescimento de bactérias celulolíticas, mas não melhorou a atividade fibrolítica no rúmen.

Em experimento desenvolvido por Pieperbrink *et al.* (2004), para mensurar os efeitos do HMB (2-hidroxi-4-methylthiobutanóico ácido) na produção de leite, os animais foram alimentados durante 21 dias pré-parto com uma dieta nas seguintes proporções: 0% (basal), 0,9% (HMB+) e 1,8% (HMB++). No período pós-parto, que teve duração de 84 dias, as dietas foram: 0% (basal), 0,13% (HMB+) e 0,20% (HMB++). Houve um efeito quadrático para a produção de leite, de modo que as vacas que foram alimentadas com HMB+ tiveram a maior produção de leite. A produção de leite do tratamento HMB++ não foi diferenciada da dieta basal. Isto conduziu a uma tendência no aumento para gordura corrigida para 3,5%, quando as vacas foram alimentadas com HMB+. As porcentagens de proteína, de gordura e de sólidos totais não se diferenciaram, entre os tratamentos.

Ao estudarem o comportamento *in vivo* de metionina hidroxí análoga (MHA) em vacas leiteiras fistuladas no rúmen e no duodeno, Koenig *et al.* (1996) observaram que 40% da MHA é capaz de passar pelo rúmen sem ser degradada. Aproximadamente, 9% parece ser absorvida no abomaso e cerca de 31% absorvida no intestino delgado. Ao administrarem 90 g de MHA aos animais, avaliaram a evolução da concentração da MHA no rúmen, duodeno e sangue e observaram que o pico máximo de concentração no rúmen ocorreu 1 hora após a administração; no duodeno, após 3 horas e, no sangue, após 6 horas.

Os resultados gerais obtidos por Chen *et al.* (2011), sugerem que o uso de HMBi ou metionina protegida na alimentação de vacas daria melhorias semelhantes na produção de leite e utilização de nitrogênio no rúmen. Também observaram que a inclusão de HMBi não afetou o consumo de matéria seca (média±DP; 25,0±0,3 kg/d), o ganho de peso corporal (0,59±0,2 kg/d) ou a produção de leite (41,7±0,6 kg/d). No entanto, os tratamentos com HMBi aumentaram a produção de leite corrigida para energia e teor de

proteína e sólidos desengordurados. Além disso, foram observadas tendências de aumento do teor de gordura do leite e produção de gordura e proteína verdadeira em todas as três dietas contendo Metionina suplementar.

Bovinocultura de Corte

Waterman *et al.* (2006) avaliaram o efeito da suplementação com ureia associada a níveis crescentes de metionina para vacas: sem ureia (NU), Ureia (U) a 0,53 g/Kg de peso vivo (PV), Ureia+5g de Met (5MU), Ureia+10g de Met (10MU) e Ureia+15g de Met (15MU). Observaram que a inclusão de ureia aumentou o consumo de matéria seca e matéria orgânica (NU vs. U); no entanto, nenhum aumento foi observado com a inclusão de Met. Não houve variação na concentração de Glicose ($P>0.54$), estando dentro dos parâmetros de normalidade, 2.5 a 4.2 mM. A excreção de N fecal e urinário não foi afetada ($P=0.29$) pela suplementação de ureia, mas decresceu linearmente ($P= 0.06$), em resposta à infusão de Met. Esses dados indicaram que somente a ureia não influenciou na excreção de N, mas a inclusão de Met pode influenciar na quantidade de N excretada. Concluiu-se que vacas de corte, consumindo forragens de baixa qualidade, suplementadas com ureia foram capazes de reter mais nitrogênio, quando Met foi suplementada.

Rodriguez *et al.* (2009) trabalharam com animais em pastejo e consumindo feno, utilizaram os tratamentos 0, 2, 4 e 6 g/d de suplemento contendo aminoácidos sulfurosos (TSAA – 88% de DL-Metionina hidróxi análogo), tendo como fonte o farelo de glúten de milho e 2, 4, 6 e 8 g/d de TSAA, com 880 g/Kg 2-hidróxido-4metil ácido butanoico (TSAA). Observaram que o ganho médio diário foi maior para os animais que receberam TSAA de origem de farelo de glúten de milho. O nível de TSAA oriundo do farelo de glúten de milho não afetou no desempenho. O autor citou que os animais alimentados com mistura contendo TSAA tiveram os resultados influenciados, pelo fato de haver efeito inibitório de consumo da suplementação, principalmente nos tratamentos 4 e 8 g/d. Supõe-se que uma palatabilidade não tão boa seja a causa do ocorrido.

Rodriguez *et al.* (2009), com os tratamentos experimentais que consistiam na inclusão de 0, 7,5 g e 15 g de TSAA por dia, observaram que, durante os primeiros 30 dias, os animais que receberam TSAA tiveram um ganho de peso diário superior; no entanto, não houve diferença estatística na média do ganho de peso diário, durante os 85 dias do experimento. Não houve também diferenças na medida da área pélvica dos animais.

Nos experimentos realizados por Wilson *et al.* (2008), com níveis de zero, 0,069, 0,137 e 0,204 % de 2-hidróxido-4metil ácido butanoico, com base na MS, aqui

denominado HMTBA, observaram que diminuiu linearmente a ingestão de MS, com o aumento da dose de HMTBA. Não houve diferença para as características de carcaça, mas uma tendência para melhorias de qualidade na classificação de carcaça USDA. Não foram detectadas diferenças entre os tratamentos na digestibilidade ruminal da matéria orgânica, na síntese de proteína microbiana, no pH, no nitrogênio amoniacal, proporções molares de AGV ou na concentração efluente de ácidos graxos de cadeia longa selecionados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que a suplementação de metionina para ruminantes seja efetiva, é necessário que sejam fornecidos de forma protegida, ou seja, não deve ser feita de forma livre na dieta, pois serão degradados pelos microrganismos ruminais.

Alguns processos químicos e ou físicos podem ser feitos para proteger a metionina da degradação ruminal, possibilitando, assim, um maior suprimento de aminoácidos no intestino.

É necessário que se façam mais estudos, avaliando os efeitos da adição de metionina protegida e seu respectivo impacto na eficiência biológica real; ou seja, o incremento financeiro que este manejo alimentar nutricional propicia ao produtor.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- ALVES, D.D. Nutrição Aminoácida de Bovinos. Revista Brasileira de Agrociência. v.10, n.3, p.265-271, 2004.
- ARMENTANO, L.E.; SWAIN, S.M.; DUCHARME, G.A. Lactation responses to ruminally protected methionine and lysine at two Journal of Dairy Science, v.88, n.3, 2005 amounts of ruminally available nitrogen. Journal of Dairy Science, v.76, p.2963-2969, 1993.
- 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.
- 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.
- CARSON, V.M.; WHITEHOUSE, N.L.; KOLINSKY, D. 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.
- CHEN, Z.H.; BRODERICK, G.A.; LUCHINI, N.D.; SLOAN, B.K.; DEVILLARD, E. Effect of feeding different sources of rumen-protected methionine on milk production and N-utilization in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, v.94, n.4, p.1978-1988, 2011.
- 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.
- FERNANDES, L.B.; FRANZOLIN, R.; FRANCO, A.V.M.; CARVALHO, G. Aditivos orgânicos no suplemento concentrado de bovinos de corte mantidos em Pastagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v.9, n.2, p.231-238, 2008.
- HANSEN, W.P.; OTTERBY, D.E.; LINN, J.G.; DONKER, J.D. Influence of forage type, ratio of forage to concentrate, and methionine hydroxy analog on performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.1361-1369, 1991.
- KÖENIG, K.M.; RODE, L.M.; KNIGHT, C.D.; MCCULLOUGH, P.R.; ANDREWS, K.A.; KUNG, L. Jr. *Journal of Animal Science*, v.74, Suppl. 1, p.345, 1996.
- MARTIN, C., MIRANDE, C., MORGAVI, D.P., FORANO, E., DEVILLARD, E.; MOSONI, P. Methionine analogues HMB and HMBi increase the abundance of cellulolytic bacterial representatives in the rumen of cattle with no direct effects on fibre degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 2013.
- MATHEWS, C.K.; Van HOLDE, K.E. *Biochemistry*. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Redwood City, Ca, 1990.

MERCHEN, N.R.; TITGEMEYER, E.C. Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3238-3247, 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academic Press, 242p., 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington: National Academic Press, 381p, 2001.

NOFTSGER, S.; St-PIERRE, N.R. Supplementation of methionine and selection of highly digestible rumen undegradable protein to improve nitrogen efficiency for milk production. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.958-969, 2003.

O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. 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.

OVERTON, T.R.; LACOUNT, D.W.; CICELA, T.M. 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.

PIEPENBRINK, M.S.; MARR, A.L.; WALDRON, M.R.; BUTLER, W.R.; OVERTON, T.R.; VAZQUEZ-ANON, M.; HOLT, M.D. Feeding 2- hydroxy-4(methylthio)-butanoic acid to periparturient dairy cows improves milk production but not hepatic metabolism. *Journal of Dairy Science*, v.87, p.1071-1084, 2004.

POLAN, C.E.; CUMMINS, K.A.; SNIFFEN, C.J. 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.

RODRIGUEZ, E.R.; HERSOM, M.J.; KUNKLE, W.E.; VÁZQUEZ-AÑÓN, M.; LADYMAN, K.P.; KERLEY, M.S.; ARTHINGTON, J.D. Effect of methionine source and level on performance of growing beef calves consuming forage-based diets. *NOVUS Internacional*. 2009.

ROSSI Jr, P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. Disponibilidade e absorção de aminoácidos em bovinos alimentados com diferentes fontes de compostos nitrogenados. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.36, n.4, p.143-157, 2007.

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, p.55-77, 1993.
- SANTOS, F.A.P. Conceitos atuais de nutrição proteica. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed). Confinamento de bovinos. Piracicaba: FEALQ, p.51-68, 1997.
- SCHWAB, C. G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 58, 1996, Ithaca. Proceedings..., Ithaca: Cornell University, p.184-198, 1996.
- 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, p.51-61, 1998.
- SOCHA, M.T.; PUTNAM, D.E.; GARTHWAITE, B.D.; WHITEHOUSE, N.L.; KIERSTEAD, N.A.; SCHWAB, C.G.; DUCHARME, G.A.; ROBERT, J.C. Improving intestinal amino acid supply of pre and postpartum dairy cows with rumen-protected methionine and lysine. *Journal of Dairy Science*, v.88, p.1113-1126, 2005.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminants. Corvallis, Oregon, O&B. Books. 476p., 1994.
- WATERMAN, R.C.; LÖEST, C.A.; BRYANT, W.D.; PETERSEN, M.K. Supplemental methionine and urea for gestating beef cows consuming low quality forage diets. *Journal of Animal Science*, v.85, p.731-736, 2006.
- WILSON, K.R.; ABNEY, C.S.; VASCONCELOS, J.T.; VÁZQUEZ-AÑÓN, M.; MCMENIMAN, J.P.; GALYEAN, M.L. Effects of 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle and on fermentation in continuous culture. *Journal of Animal Science*, v.86, n.8, p.1951-1962, 2008.