

ELMO RIBEIRO DO VAL NETO

**ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS DE CADEIA RAMIFICADA
NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissionalizante em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

V393a
2009

Val Neto, Elmo Ribeiro do, 1969-

Ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada na nutrição
de bovinos / Elmo Ribeiro do Val Neto. – Viçosa, MG,
2009.

viii, 20f.: il. ; 29cm.

Orientador: Rogério de Paula Lana.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 15-20.

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. Bovino - Registros
de desempenho. 3. Bovino - Nutrição - Necessidades.
4. Aminoácidos na nutrição animal. 5. Ácidos graxos.
6. Rúmen - Fermentação. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

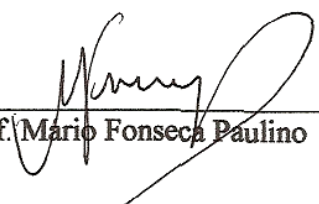
CDD 22.ed. 636.2085

ELMO RIBEIRO DO VAL NETO

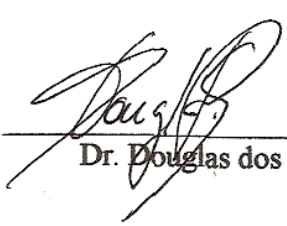
**ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS DE CADEIA RAMIFICADA
NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissionalizante em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

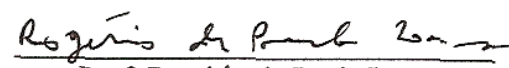
APROVADA: 29 de maio de 2009.



Prof. Mario Fonseca Paulino



Dr. Douglas dos Santos Pina



Prof. Rogério de Paula Lana
(Orientador)

Ao meu querido DEUS, pelas nossas longas e belas conversas.

*À minha amada esposa Heloise, que sempre me incentivou e me apoiou em todas as
horas.*

Aos meus filhos, Matheus e Luís Humberto.

Ao meu pai, que sempre me proporcionou a busca pelo algo mais.

*Ao meu grande amigo, Dr. Luís Orlindo Tedeschi, que sempre me auxiliou na busca
pelo conhecimento.*

*O homem não teria alcançado o possível, se inúmeras vezes não tivesse tentado atingir
o impossível.*

Max Weber

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Zootecnia e à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e pelo apoio na realização do Programa de Pós-Graduação Profissionalizante.

Ao professor Rogério de Paula Lana, pelo apoio e pela orientação.

Ao professor Mário Fonseca Paulino e ao Dr. Douglas dos Santos Pina, pela participação na banca de tese.

À minha esposa Heloise, pelas horas de dedicação.

À Maeda S/A Agroindustrial, em especial aos senhores. Roque Edson e Breno Bragatto e à toda sua equipe.

À Ajinomoto Interamericana Indústria e Comércio Ltda, pelo apoio, em especial ao Sr. Mauro Saito.

Ao amigo Nicolau Emílio Covre e à Casa do Adubo, pela confiança, pelo apoio e companheirismo de sempre.

Ao Dr. Luís Orlindo Tedeschi, pelas valiosas considerações e contribuições a este trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ELMO RIBEIRO DO VAL NETO, filho de Humberto Ribeiro do Val e Eliana Maria da Costa, nasceu em Vitória, Espírito Santo, em 25 de fevereiro de 1969.

Em 1989, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, onde obteve o título de Zootecnista, colando grau em 19 de agosto de 1994.

Em julho de 2007, iniciou o Programa de Pós-Graduação Profissionalizante em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, concentrando seus estudos na área de nutrição de ruminantes, defendendo sua dissertação em 29 de maio de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Pastagens tropicais	5
2.2. Ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (AGVR).....	6
3. EFEITO DOS ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS DE CADEIA RAMIFICADA (AGVR)	9
3.1. Na síntese de proteína microbiana	9
3.2. Na digestibilidade	10
3.3. Na retenção do nitrogênio.....	11
3.4. Na produção de acetato	11
3.5. Na produção de leite	12
4. CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

RESUMO

VAL NETO, Elmo Ribeiro do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2009.
Ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada na nutrição de bovinos. Orientador:
Rogério de Paula Lana. Coorientadores: Antônio Bento Mâncio e Maria Ignez Leão.

O pasto constitui a principal fonte de alimentos dos bovinos, mas não é capaz de suprir todas as exigências nutricionais dos animais. Portanto, um manejo adequado é necessário para melhorar a produtividade e reduzir os custos associados à produção em longo prazo. A busca por tecnologias para o aumento do desempenho destes animais pode ser uma alternativa viável para reduzir os custos com alimentação do rebanho. Bactérias que fermentam carboidratos fibrosos (CF) utilizam a amônia como principal fonte de nitrogênio, possuem requerimentos específicos para aminoácidos e possuem um crescimento ótimo quando o pH ruminal está ao redor de 6,2 a 6,8. A maximização da fermentação de fibra é essencial para se aumentar a produção de ruminantes a pasto. Os resultados de vários experimentos têm mostrado que a adição de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada aumenta a ingestão alimentar, a digestão da celulose, o crescimento dos microrganismos ruminais e o ganho de peso para animais em crescimento. Nesta revisão bibliográfica, os estudos mostram o aumento na produção de leite e no ganho de peso com a combinação de alguns, ou de todos os ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (AGVR) na dieta de ruminantes, compostas basicamente por volumosos. Além disso, através deste trabalho, conclui-se que é possível proporcionar um incremento na produção animal através da maximização da proteína metabolizável, associando AGVR a fontes de proteína não degradáveis no rúmen.

ABSTRACT

VAL NETO, Elmo Ribeiro do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2009.
Branched-chain amino acids in cattle nutrition. Adviser: Rogério de Paula Lana.
Co-advisers: Antônio Bento Mâncio and Maria Ignez Leão.

Pasture is the main source of cattle feed, but it is not capable of supplying the animal nutritional requirements completely. Therefore, an adequate management is necessary to improve productivity and reduce costs related to long term production. The search for technology to increase animal performance may be a feasible alternative to reduce costs with cattle nutrition. Fiber digesting ruminal bacteria utilize ammonia as their main source of nitrogen. Also, they have specific requirements for amino acids and an optimum growth when ruminal pH is around 6.2 to 6.8. For that, maximization of fiber fermentation is essential to increase ruminant production on pasture. Results of several experiments have shown that the supplementation of branched-chain amino acids (BCAA) increases feed intake, celluloses digestion, ruminal microbial growth, and daily gain for growing beef cattle. In this revision, studies show raise in milk production and daily gain in ruminants fed with forage based diets with the combination of some or all BCAA. In addition, this work makes possible to conclude that the supplementation with BCAA in association with rumen undegradable protein sources can increase animal production through the maximization of metabolizable protein.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, dos quais cerca de 90% são manejados a pasto, e onde a quantidade da forragem, além de insuficiente, é de baixa qualidade (deficiente em nutrientes essenciais). Como consequência, o crescimento e a produção dos animais são afetados, em geral havendo baixa produção leiteira e baixo ganho de peso.

Segundo Euclides (1993a, b), animais pastejados em gramíneas tropicais, mesmo no verão, com adequada capacidade de suporte, atingem apenas de 35 a 50% de seu potencial para ganho de peso. Ainda, segundo o mesmo autor, isso indica que as pastagens tropicais não fornecem os nutrientes necessários para a produção máxima dos animais, sendo, portanto, necessário um manejo adequado para melhorar a produtividade desse rebanho e reduzir os custos associados à produção em longo prazo.

A evolução genética das raças produtoras de carne e leite trouxe consigo um aumento das exigências nutricionais dos bovinos proporcional ao seu nível de produção, tornando sua alimentação dependente de suplementos capazes de suprir as deficiências das pastagens.

O uso da suplementação para animais em pastejo é uma estratégia de manejo de pastagens visando manter a qualidade do pasto, aumentar a capacidade de suporte e desempenho animal, pelo suprimento de alguns nutrientes limitantes.

As forrageiras de clima tropical apresentam algumas limitações de natureza nutritiva que refletem negativamente sobre a produção animal; entretanto, a partir de um conhecimento mais aprofundado destas limitações e das suas reais implicações na

produção animal, podem-se propor alternativas que produzam melhorias nos sistemas produtivos, incrementando a produtividade animal nos sistemas pastoris.

Gramíneas de clima tropical possuem teores de proteína bruta inferiores ao das espécies de clima temperado (MINSON, 1990). Grande parte destas gramíneas apresenta teores de PB inferiores a 10% da MS, que pode ser insatisfatório para o atendimento das exigências de alguns níveis de produção de leite e crescimento.

Segundo van Soest (1994), elevadas temperaturas, que são características marcantes das condições tropicais, promovem rápida lignificação da parede celular, acelerando a atividade metabólica das células, o que resulta em decréscimo do pool de metabólitos no conteúdo celular, além de promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular. São verificadas reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, e aumento nos teores de carboidratos estruturais de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo como consequência, a redução sensível dos níveis de digestibilidade. O elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado a aspectos de natureza anatômica das espécies em razão da alta proporção de tecido vascular característico das plantas C₄.

A maximização da fermentação de fibra é essencial para se aumentar a produção de ruminantes a pasto. Ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (AGVR) são nutrientes essenciais para os microrganismos que degradam carboidratos fibrosos e para alguns que degradam carboidratos não fibrosos (CNF) (BRYANT; DOESTCH, 1955; ALLISON; BRYANT, 1958; ALLISON *et al.*, 1962a; ALLISON *et al.*, 1962b; BRYANT; ROBINSON, 1962; DEHORITY *et al.*, 1967; BRYANT, 1973).

Os resultados de vários experimentos têm mostrado que a adição de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada aumenta a ingestão de alimentos (HUNGATE; DYER, 1956; HEMSLEY; MOIR, 1963); a digestão da celulose (van GYLSWYK, 1970; GOROSITO *et al.*, 1985); o crescimento dos microrganismos ruminais (van GYLSWYK, 1970; RUSSELL; SNIFFEN, 1984); e o ganho de peso (LASSITER *et al.*, 1958a,b; FELIX *et al.*, 1980a,b) para animais em crescimento.

Sendo assim, a presente revisão bibliográfica tem por objetivo relatar estes experimentos, seus resultados e conclusões.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O rúmen é o principal fornecedor de proteína de alta qualidade (proteína microbiana), devendo-se maximizar sua produção e a fermentação ruminal. A otimização da produção de proteína microbiana (Pmic) e proteína metabolizável (PM) podem ser alcançadas das seguintes formas: 1) com a maximização do consumo voluntário de matéria seca (CVMS) por meio do fornecimento de volumosos de alta qualidade; 2) com a otimização do suprimento de energia para os microrganismos do rúmen através do aumento da degradabilidade do amido presente nos cereais; 3) com o fornecimento de amônia, aminoácidos e peptídeos para a síntese de proteína microbiana; e 4) com a inclusão de fontes ricas em proteína não-degradável no rúmen (PNDR) para complementar a proteína microbiana no suprimento de proteína metabolizável (SANTOS, 1997).

A importância da Pmic na nutrição de ruminantes está relacionada ao fato desta ser uma fonte de alta qualidade de aminoácidos (AAs) disponíveis para a absorção, possuir uma digestibilidade aparente intestinal, de aproximadamente 85%, e um perfil de AAs essenciais semelhantes àqueles do leite e dos tecidos. Além disso, seu perfil de AAs parece ser relativamente constante e pouco influenciado pelas variações na dieta (OLIVEIRA *et al.*, 2001). A Pmic pode representar mais de 65% da PM em bovinos mantidos exclusivamente em pastagens (SANTOS, 2006). Desta forma, proporcionar uma maior produção de Pmic tende a proporcionar uma maior produção de carne e leite.

Com o surgimento do programa de Cornell, Sniffen *et al.* (1992) demonstraram a necessidade de se melhorar a caracterização dos alimentos. Esse programa nutricional

parte de um modelo dinâmico, que leva em consideração a interação dos diferentes componentes dos alimentos, e tem por objetivo adequar a digestão ruminal dos carboidratos e das proteínas, visando maximizar a produção microbiana, a redução das perdas do nitrogênio pelo animal e estimar o escape ruminal de nutrientes. Sniffen *et al.* (1992) dividem a proteína das plantas em cinco frações.

A parte solúvel da proteína é dividida em fração A e B₁. A fração A é o nitrogênio não protéico (NNP), que é de alta digestibilidade no rúmen. O restante da fração solúvel (B₁) é uma parte da proteína verdadeira, que também tem rápida degradação ruminal. A fração C corresponde à proteína indisponível e é a parte da proteína contida na FDA (nFDA). Está associada à lignina, formando complexos de tanino e de produtos da reação de Maillard que são altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática. Existe uma fração do nitrogênio contido na FDN, que é designada de nFDN. A subtração do nFDA na fração do nFDN é uma outra forma da proteína na planta. Essa estaria disponível, porém com uma taxa de degradação muito lenta, é a fração B₃ (Sniffen *et al.*, 1992). A última fração, a B₂, apresenta taxa de degradação média, e é a fração da proteína que não é solúvel e não faz parte da parede celular e também não é NNP.

A biomassa microbiana, que degrada CF, pode ser aumentada quando ocorre adequada disponibilidade da fração protéica B₁ no rúmen (RUSSELL *et al.*, 1992). No entanto, uma menor proporção de nitrogênio, na forma de fração A, tem como consequência baixo suprimento de compostos nitrogenados não-protéicos para microrganismos que degradam CF e, conseqüentemente, redução de disponibilidade protéica ao longo do trato gastrointestinal. Pode-se inferir que alimentos que apresentam maior proporção de nitrogênio nas formas B₁ e B₂, juntamente com o uso de compostos nitrogenados não-protéicos (fração A), podem maximizar o desempenho, pelo fato destas combinações favorecerem o crescimento das bactérias que utilizam carboidratos fibrosos e não-fibrosos (SNIFFEN *et al.*, 1992).

Segundo Tedeschi *et al.* (2000), peptídeos e aminoácidos precisam ser deaminados para produção bacteriana de aminoácidos de cadeia ramificada, fatores de crescimento essenciais para várias espécies de microrganismos, como os celulolíticos. Geralmente, as bactérias que fermentam carboidratos fibrosos (CF) e utilizam a amônia como principal fonte de nitrogênio possuem requerimentos indiretos de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada e possuem um crescimento ótimo quando o pH ruminal

está ao redor de 6,2 a 6,8. Contudo, vale ressaltar que, para se maximizar o crescimento microbiano, deve-se otimizar também o sincronismo entre proteína e energia.

2.1. Pastagens tropicais

Os teores de nitrogênio ligados aos compostos da parede celular tendem a aumentar com a idade fisiológica da planta, principalmente, aquela fração ligada à FDA. Lima *et al.* (1999) encontraram redução linear na fração da proteína de lenta degradação (fração B₃) com a maturidade de plantas de Tifton-85 (*Cynodon dactylon*), Bahia (*Paspalum notatum*) e Floralta (*Hemarthria altissima*). Essa redução foi em detrimento do aumento da fração C. Malafaia *ET AL.* (1997) encontraram para quatro plantas tropicais (Tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*) valores para a fração C variando entre 11,66 e 27,73% PB. A fração A variou de 11,58 a 32,28% PB, enquanto as frações B₁, B₂ e B₃ tiveram variações entre 0,58 e 4,54; 32,97 e 43,62; 17,55 e 34,17% PB, respectivamente. Nesse trabalho, a *Brachiaria brizantha* apresentou a pior qualidade da proteína (a soma das frações B₃ e C foi de 51,90% PB) e a *Brachiaria decumbens* a menor proporção da proteína na forma das frações C e B₃ (a soma de 29,21% PB).

A *Brachiaria decumbens* também apresentou o maior valor para a fração A, 32,28% e a *Brachiaria brizantha* o menor, 11,58% PB. Os carboidratos também são fracionados. A porção C é a parte indisponível, a fração A corresponde aos carboidratos solúveis, a fração B₁ ao amido e a fração B₂ à parte potencialmente degradável da parede celular.

As gramíneas tropicais apresentam teores de carboidratos solúveis e amido (frações A e B₁), raramente superiores a 20% dos carboidratos totais (CT) (Vieira *et al.*, 2000). A fração indisponível (C) depende do teor de lignina, portanto, plantas de idade fisiológica mais avançada apresentam maiores teores dessa fração. O aumento da fração C promove redução da fração potencialmente degradável (B₂) (CABALLERO *et al.*, 2001).

A procura por fontes protéicas alternativas, sem comprometimento do desempenho dos animais, pode ser uma alternativa viável para reduzir os custos com alimentação do rebanho leiteiro. Por isso, é crescente o interesse quanto à utilização destas fontes em dietas para vacas em lactação.

Rações formuladas com ingredientes oriundos de subprodutos devem ser eficientes, seguras e econômicas para permitir o mesmo desempenho produtivo de animais alimentados com dietas tradicionais (PINA, 2005).

Para corrigir esta deficiência protéica das pastagens, visando o desempenho animal, há necessidade de inclusão de um concentrado protéico na dieta que possua alta disponibilidade de PDR. Em uma revisão sobre a utilização do farelo de algodão 38% para vacas em lactação, Santos (1998) observou que a suplementação com fontes “bypass” aumentava numericamente a passagem da proteína dietética para o intestino, mas diminuía a de Pmic, sugerindo que a inclusão de fontes ricas em PNDR na dieta resultaria na limitação das frações nitrogenadas (amônia, peptídeos e aminoácidos) para a síntese de Pmic no rúmen. Assim, a suplementação com fontes ricas em PNDR só é eficiente quando a Pmic não é limitante para o suprimento total da PM.

O farelo de algodão 38% (FA) se destaca pela elevada proporção da fração B₂. A fração B₂ é degradada em taxa intermediária no rúmen, a qual serve como fonte de aminoácidos e peptídeos tanto no rúmen, quanto no intestino delgado.

Segundo Fox *et al.* (2004) e Valadares Filho *et al.* (2006), o farelo de algodão apresenta 77,10% (%PB) do seu conteúdo protéico como frações B₂ + B₃. Esses dados demonstram que o FA é uma boa alternativa para propiciar maior aporte de aminoácidos no intestino, mas não para promover bom crescimento microbiano ruminal. Em relação aos carboidratos, segundo os mesmos autores, o FA mostrou superioridade das frações A + B₁ + B₂ (43,66%MS), apresentando-se como uma boa fonte energética ruminal para os microrganismos (Tabela 1).

2.2. Ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (AGVR)

Ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (isobutírico, isovalérico, e 2-metilbutírico) são produzidos no rúmen através da deaminação oxidativa dos respectivos aminoácidos valina, leucina e isoleucina dos alimentos ingeridos e da reciclagem dos microrganismos ruminais (ANNISON, 1954; BRYANT; DOESTCH, 1955; ALLISON; BRYANT, 1963; SLYTER; WEAVER, 1969; MIURA *et al.*, 1980).

Estes AGVR são nutrientes essenciais para os microrganismos que degradam fibra e para alguns que degradam carboidratos não fibrosos (BRYANT; DOESTCH, 1955; ALLISON; BRYANT, 1958; ALLISON *et al.*, 1962a; ALLISON *et al.*, 1962b; BRYANT; ROBINSON, 1962; DEHORITY *et al.*, 1967; BRYANT, 1973). Após a

Tabela 1 – Análise bromatológica do farelo de algodão 38%

Item	Porcentagem da MS
MS (%) ^{1/}	89,95
Proteína bruta (%) ^{1/}	40,90
Extrato etéreo (%) ^{1/}	1,87
Matéria mineral (%) ^{1/}	6,82
FDN (%) ^{1/}	34,92
Lignina (%) ^{1/}	2,81
NNP/N (%) ^{1/}	16,80
N. Sol./NNP (%) ^{2/}	40,00
NIDN/N (%) ^{1/}	5,26
NIDA/N (%) ^{1/}	2,95
Ca (%) ^{1/}	0,24
P (%) ^{1/}	1,00

Fonte: CQBAL 2.0 e CNCPS 5.0.

absorção dos AGVR, os microrganismos sintetizam os aminoácidos essenciais (valina, leucina e isoleucina) através de processos de carboxilação reductiva (Allison, 1969) ou ácidos graxos de cadeia longa e aldeídos (Allison et al., 1962b) conforme mostra a Figura 1.

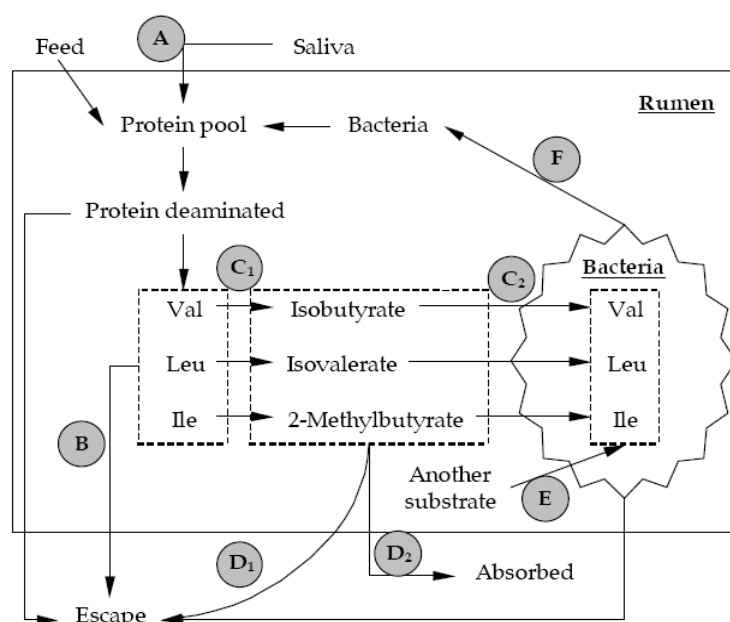


Figura 1 – Esquema dos fluxos dos aminoácidos e respectivos ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (TEDESCHI, 2001).

Segundo Tedeschi (2001), (A) assume que a produção de saliva e seus aminoácidos devem ser levados em consideração na determinação do balanço de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada no rúmen, (B) é a quantidade de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada que escapa do rúmen sem ser usada, (C) refere-se à conversão de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) a ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (isobutirato, isovalerato e 2-metil butirato) e então novamente volta a aminoácidos essenciais de cadeia ramificada na bactéria, (D) é dividido em escape (D_1) e absorção (D_2). Pouca informação está disponível relacionada ao escape de ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (D_1), mas eles devem ter o mesmo comportamento que os aminoácidos essenciais de cadeia ramificada (“B”). Em relação à absorção (D_2), Weigand *et al.* (1975), citados por Tedeschi (2001), notaram que as taxas de utilização do substrato eram mais altas para o n-butirato, seguido por n-valerato ou propionato e, finalmente, isobutirato ou isovalerato. Isto sugere que os ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada tiveram a taxa mais baixa de absorção comparada a outro ácido graxo volátil normalmente encontrado no rúmen, (E) assume que os aminoácidos essenciais de cadeia ramificada podem ser sintetizados por algumas bactérias de outros substratos e não só dos isoácidos e, (F) é a computação do retorno microbiano.

Segundo este mesmo autor, as deficiências de nitrogênio (N) e de ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (AGVR) ocasionam: (1) diminuição do crescimento microbiano; (2) diminuição da proteína metabolizável; (3) diminuição da taxa de degradação da fração B_2 e, conseqüentemente, aumento do escape desta fração; (4) diminuição do valor de NDT; (5) diminuição da disponibilidade de proteína metabolizável para leite e ganho; e (6) aumento da matéria seca fecal.

3. EFEITO DOS ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS DE CADEIA RAMIFICADA (AGVR)

3.1. Na síntese de proteína microbiana

Russell; Sniffen (1984) estudando o efeito da adição de AGVR sobre o crescimento de populações ruminais, mantidas em diferentes substratos, verificou que a suplementação com isobutirato, 2-metilbutirato, isovalerato e valerato, quando as bactérias foram cultivadas em meio contendo varias fontes de carboidratos, não causou aumento na síntese microbiana. Quando o substrato foi o feno de gramíneas, a adição de isovalerato e 2-metilbutirato causaram aumento de 11,2 e 16,4%, respectivamente, na síntese protéica. Com a combinação dos quatro ácidos houve um aumento de 18,7% na síntese protéica. Russell (1983), num trabalho semelhante, observou aumento de 22% na síntese protéica quando a concentração dos quatro ácidos graxos foi 2 mM cada. O mesmo autor verificou que somente o isovalerato e o 2-metilbutirato mostraram-se efetivos quando os mesmos foram fornecidos separadamente.

Hemsley; Moir (1963) avaliaram os efeitos da suplementação de AGVR na síntese protéica em carneiros. A adição de 0,56% de uma mistura de isobutirato, isovalerato e n-valerato em uma dieta, contendo feno de aveia, aumentou a síntese de proteína microbiana em 70%.

Em um experimento com carneiros, Hume (1970) observou um aumento na síntese de proteína microbiana e do fluxo de nitrogênio para o trato digestivo posterior, quando forneceu uma dieta pobre em proteínas, contendo uma mistura dos ácidos

isobutírico, 2-metilbutírico, isovalérico e n-valérico (27,0 26,3, 29,9 e 16,8%) respectivamente.

Também com carneiros, Kay; Phillipson (1964) relataram um aumento de 10 a 15% no fluxo de nitrogênio para o duodeno quando os animais receberam uma dieta a base de feno, uréia e isoácidos.

3.2. Na digestibilidade

Bryant; Doetsch (1955), estudando o crescimento de *Bacterioides succionogenes*, determinaram que as concentrações mínimas de valerato e isovalerato foram de 3,0 mmol e 15,0 mmol/10 mL de meio, respectivamente, para permitir o crescimento máximo. Estes mesmos autores observaram, também, que a resposta à adição de AGVR era em função do nível energético do meio de cultura, visto que a dieta de ruminantes é composta basicamente por carboidratos estruturais. Visto o efeito benéfico dos AGVR na síntese de proteína microbiana, seria de se esperar que a adição de AGVR acarretasse um aumento na digestibilidade da dieta. Trabalhos realizados *in vitro* confirmaram a hipótese levantada. Bentley *et al.* (1955) observaram maior degradação de celulose ou incorporação de nitrogênio amoniacal com a adição de AGVR. O mesmo foi relatado por Soofi *et al.* (1982) num experimento onde os animais receberam a palhada de soja mais AGVR. Gorosito *et al.* (1985) estudando *in vitro* o efeito da adição de AGVR na extensão da digestão da palha de trigo, verificam que, quando o inóculo provinha de animais alimentados com feno de capim Timóteo, havia resposta positiva à adição de AGVR. No entanto, quando o inóculo provinha de animais alimentados com feno de Timóteo, mais concentrado protéico, não foi observada resposta positiva. Os animais que recebiam apenas feno na alimentação possuíam concentração de AGVR no fluido ruminal inferior a 1 mM. Valor este considerado, pelos autores, baixo uma vez que um valor mínimo de 1 mM e o mínimo exigido.

Cline *et al.* (1966) observaram em um experimento *in vivo* aumento na digestão da celulose por carneiros recebendo AGVR. Hungate; Dyer (1956) verificaram que novilhos recebendo palha de trigo e uréia, suplementados com ácidos valérico e isovalérico, consumiam mais alimentos, possivelmente, devido à maior digestibilidade da dieta.

Num trabalho com resíduos de culturas, Hefner *et al.* (1985) observaram maior desaparecimento de fibra de algodão *in situ* nos animais recebendo AGVR. No entanto,

os carneiros que recebiam suplementos protéicos naturais digeriram mais intensamente a matéria seca e fibra da dieta do que os que estavam recebendo uréia e AGVR.

3.3. Na retenção do nitrogênio

Oltjen *et al.* (1971) alimentaram novilhos com uma dieta livre de proteínas, porém, suplementada com AGVR. Foi observado decréscimo da concentração de nitrogênio amoniacal do fluido ruminal dos animais recebendo AGVR (20,7 mg/100 mL contra 26,6 mg/100 mL). Estes autores sugeriram ter havido aumento na síntese de proteína microbiana o que acarretou menores níveis de amônia no rúmen dos animais que receberam AGVR.

Felix (1976) forneceu duas misturas de AGVR a vacas em lactação recebendo silagem de milho mais concentrado. A adição de AGVR acarretou aumento da retenção de nitrogênio e conseqüentemente menor perda urinária deste elemento. O mesmo foi observado por Umunna *et al.* (1975) em carneiros que receberam uma dieta rica em forragem e uréia suplementada com AGVR.

Felix *et al.* (1980b), trabalhando com vacas em lactação, não observaram efeito da adição de AGVR sobre a digestibilidade da matéria seca e da proteína; porém, notaram um aumento da utilização de nitrogênio pelos animais. O nitrogênio retido foi de 106 g/dia nos animais recebendo AGVR e 84,7 g/dia nos animais controle. Os autores concluíram que o aumento da síntese de proteína microbiana explicaria tais resultados, o que concorda com Komarek *et al.* (1984), onde a adição de 0,5% de AGVR na matéria fresca da silagem de milho aumentou a passagem de aminoácidos para o trato posterior.

3.4. Na produção de acetato

Cook (1985) realizou extensa revisão bibliográfica relacionando os efeitos da adição de isoácidos com a produção de acetato em animais recebendo diferentes tipos de dietas. Foi verificado, indiretamente, o aumento da taxa de fermentação através da produção de acetato no rúmen.

Os dados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Efeito de isoácidos na produção de acetato no rúmen de animais recebendo diferentes dietas^{1/}

Isoácido	Volumoso	Animal	Acetato (%)*
2-metilbutirato	Palha de trigo	Novilhas Hereford	10
2-metilbutirato	Silagem de milho	Vacas em lactação	5
2-metilbutirato+ acetato	Silagem de milho	Novilhas Jersey	40
Mistura de isoácidos	Folhas de abacaxi	Ovelha	36
Mistura de isoácidos	Pé de milho seco	Ovelha	18
Mistura de isoácidos	Bagaço de cana	Ovelha	26

Fonte: Cook (1985).

* Porcentagem de aumento sobre o controle.

3.5. Na produção de leite

A habilidade dos AGVR em aumentar a atividade celulolítica (Bryant, 1973) sugere um aumento da taxa de extração de energia da dieta. Esta energia extra seria utilizada para a síntese de leite. Felix *et al.* (1980a) trabalharam com 98 vacas recebendo silagem de milho, milho em grão e uréia como suplemento protéico em quatro ensaios. No primeiro ensaio, a substituição de uréia por farelo de soja resultou num aumento de 21,2% na produção; a adição de AGVR à dieta com uréia aumentou a produção em 11,6%. Nos demais ensaios, a adição de AGVR às dietas com uréia resultou em aumentos de 4 a 8%.

Papas *et al.* (1984) publicaram resultados obtidos com 161 vacas em lactação, onde os autores indicaram um aumento de 13% na produção de leite com a presença de AGVR. Este estudo da lactação completa definiu a mistura ótima dos quatro AGVR numa dieta composta por silagem de milho, farelo de glúten de milho e uréia. Os animais aumentaram a produção de leite, o pico de lactação e a persistência, deixando claro que este incremento foi em função de um melhor aproveitamento dos alimentos ingeridos, levando a uma melhor eficiência alimentar.

Peirce-Sandner *et al.* (1985) trabalhando com 116 vacas em lactação reportaram um aumento de 1,7 kg/d (7,0%) na quantidade de leite produzida. Corroborando com Towns *et al.* (1987), os quais observaram que vacas após a sexta semana de lactação, suplementadas com 100 g de isoácidos/dia durante um mês, tiveram aumento na produção de leite em 6,9%, além de 13% de aumento na eficiência da utilização dos alimentos.

Resultados obtidos em sete universidades foram apresentados por Cook (1985), mostrando que a adição de AGVR nas dietas convencionalmente usadas promoveu 10% de aumento na produção de leite. Informações semelhantes foram obtidas em ensaios a campo com mais de 2.000 vacas.

Rogers *et al.* (1989) em um estudo que incluiu 43 fazendas comerciais de leite, totalizando 5.250 animais, entre vacas e novilhas, suplementadas com AGVR no início da lactação, resultaram em aumentos de até 3,0 kg/dia para fêmeas recém-paridas, e de 2,6 kg/dia em fêmeas com até 50 dias de lactação, confirmando os estudos anteriores.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a utilização de AGVR em ruminantes é eficaz em dietas compostas por volumosos, visando atender aos requerimentos dos microrganismos do rúmen e, portanto, melhorando sua eficiência de produção microbiana. A utilização de AGVR proporciona um incremento na produção animal através da maximização da proteína metabolizável, associando AGVR a fontes de proteína não degradáveis no rúmen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, M. J. Biosynthesis of aminoacids by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, v. 29, p. 797-807, 1969.

ALLISON, M. J.; BAETZ, A. L.; WIEGEL, J. Alternative pathways for biosynthesis of leucine and other acids in *Bacteroides ruminicola* and *Bacteroides fragilis*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 48, p. 1111-1117, 1984.

ALLISON, M. J.; BRYANT, M. P. Volatile fatty acids growth factor for cellulolytic cocci of bovine rumen. **Science**, v. 129, p. 474, 1958.

ALLISON, M. J.; BRYANT, M. P.; DOESTCH, R. N. Studies on the metabolic function of branched-chain volatile fatty acids, growth factors for ruminococci. I. Incorporation of isovalerate into leucine. **Journal of Bacteriology**, v. 83, p. 523, 1962a.

ALLISON, M. J.; BRYANT, M. P.; KATZ, I. *et al.* Metabolic function of branched-chain volatile fatty acids, growth factors for ruminococci. II. Biosynthesis of higher branched-chain fatty acids and aldehydes. **Journal of Bacteriology**, v. 83, p. 1084, 1962b.

ALLISON, M. J.; BRYANT, M. P. Biosynthesis of branched-chain fatty acids by rumen bacteria. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 101, p. 269, 1963.

ANNISON, E. F. Some observations on volatile fatty acids in the sheep's rumen. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 400-405, 1954.

BENTLEY, O. G.; JOHNSON, R. R.; HERSCHBERGER, T. V. *et al.* Cellulolytic-factor activity on certain short chain fatty acids for rumen microorganisms *in vitro*. **Journal of Nutrition**, v. 57, p. 389-400, 1955.

BRYANT, M. P. Nutritional requirements of the predominant rumen cellulolytic bacteria. **Federation Proceedings**, v. 32, p. 1809-1813, 1973.

BRYANT, M. P.; DOESTCH, R. N. Factors necessary for the growth of *Bacteroids succinogenes* in the volatile acid fraction of the rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, v. 38, n. 4, p. 340-350, 1955.

BRYANT, M. P.; DOESTCH, R. N. Factors necessary for the growth of *Bacteroids succinogenes* in the volatile acid fraction of the rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, v. 38, p. 340, 1955.

BRYANT, M. P.; ROBINSON, I. M. Some nutritional characteristics of predominant culturable ruminal bacteria. **Journal of Bacteriology**, v. 84, p. 605, 1962.

CABALLERO, R.; ALZUETA, C.; ORTIZ, L.T. *et al.* Carbohydrate and protein fractions of fresh and dried common vetch at three maturity stages. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1006-1013, 2001.

CLINE, T. R.; GARRIGUS, U. S.; HATFIELD, E. E. Addition of branched chain and straight chain volatile fatty acids to purified diets and effects on the utilization of certain dietary components. **Journal of Animal Science**, v.25, p.734, 1966.

COOK, R. M. Isoacids, a new feed additive for lactating dairy cows. In: PROCEEDINGS OF THE UNIVERSITY OF MARYLAND NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1985.

DEHORITY, B. A.; SCOTT, H. W.; KOWALUK, P. Volatile fatty acid requirements of cellulolytic rumen bacteria. **Journal of Bacteriology**, v. 94, p. 537, 1967.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VIEIRA, A. *et al.* Evaluation of *Panicum maximum* cultivars under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, p. 1999-2000, 1993a.

EUCLIDES, V. P. B.; ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M. *et al.* Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, p. 1997-1998, 1993b.

FELIX, A. **Effect of supplementation corn silage with isoacids with urea on performance of high producing cows.** Ph.D. Thesis, Michigan State University. East Lansing, MI, USA, 1976. 151 p.

FELIX, A.; COOK, R. M.; HUBER, J. T. Effect of feeding isoacids with urea on growth and nutrient utilization by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1943-1946, 1980a.

FELIX, A.; COOK, R. M.; HUBER, J. T. Isoacids and urea as a protein supplement for lactating cows fed corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1098-1103, 1980b.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P. *et al.* Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, p. 29-78, 2004.

GOROSITO, A. R.; RUSSELL, J. B.; VAN SOEST, P. J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on digestion of plant cell wall *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 840-847, 1985.

HEFNER, D. L.; BERGER, L. L.; FAHEY JR., G. C. Branched chain fatty acids supplementation of corn crop residue diets. **Journal of Animal Science**, v. 61, p. 1264-1276, 1985.

HEMSLEY, J. A.; MOIR, R. J. The influence of higher volatile fatty acids on the intake of urea-supplemented low quality cereal hay by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. 509, 1963.

HUME, I. D. Synthesis of microbial protein in the rumen. II. A response to higher volatile fatty acids. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 292, 1970.

HUNGATE, R. E.; DYER, I. A. Effects of valeric and isovaleric acids on straw utilization by steers. **Journal of Animal Science**, v. 15, p. 485, 1956.

KAY, R. N. B.; PHILLIPSON, A. T. The influence of urea and other dietary supplement on the nitrogen contents of the digesta passing to the duodenum of hay-fed sheep. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 23, XLVI, 1964.

KOMAREK, R. J.; HERTING, D. C.; PAPAS, A. M. Effect of ammonium salts of volatile fatty acids added to chopped whole corn plant on the passage on the nitrogen and amino acids to the small intestine of steers. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION, 79., Texas, USA, 1984.

LASSITER, C. A.; EMERY, R. S.; DUNCAN, C. W. Effect of alfalfa ash and valeric acids on growth of dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 41, p. 552, 1958a.

LASSITER, C. A.; EMERY, R. S.; DUNCAN, C. W. The effect of valeric acid and a combination of valeric and isovaleric acids on the performance of milking cows. **Journal of Animal Science**, v. 17, p. 358, 1958b.

LIMA, G. F. C.; SOLLENBERGER, L. E.; MOORE, J. E. *et al.* Concentração e fracionamento do nitrogênio em gramíneas forrageiras tropicais e subtropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [1999] 17 par. CD ROM. Forragicultura.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. *et al.* Determinação da cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1243-1251, 1997.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press, 1990. 483 p.

MIURA, H. M.; HORIGUCHI, M.; MATSUMOTO, T. Nutritional interdependence among rumen bacteria, *Bacteroides amylophilus*, *Megasphaera elsdenii*, and *Ruminococcus albus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 40, p. 294-300, 1980.

OLIVEIRA, A. S.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purina e de uréia em vacas lactantes alimentadas com rações isoprotéicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1621-1629, 2001.

OLTJEN, R. R.; SLYTER, L. L.; WILLIAMS JR., E. E. *et al.* Influence of branched chain volatile fatty acids and phenylacetate on ruminal microorganisms and nitrogen utilization by steers fed urea or isolated soy protein. **Journal of Nutrition**, v. 102, p. 479-488, 1971.

PAPAS, A. M.; AMES, S. R.; COOK, R. M. *et al.* Production response of dairy cows fed diets supplemented with ammonium salts of the Iso C4 and C5 acids. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 276-293, 1984.

PEIRCE-SANDNER, S. B.; PAPAS, A. M.; RODGERS, J. A. *et al.* Supplementation of dairy cow diets with ammonium salts of volatile fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 2895-2907, 1985.

PINA, D. S. **Fontes de proteína para vacas em lactação**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

QUISPE-SALAS, M. E. **A study of the effects of isoacids, urea, and sulfur on the rate of fermentation in the rumen**. M.S. Thesis, Michigan State University, East Lansing – MI, 1982. p. 81.

ROGERS, J. A.; CLARK, W. A.; FERRARO, D. N. *et al.* Milk production of dairy cows fed ammonium and calcium salts of volatile fatty acids on 43 commercial dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 270-283, 1989.

RUSSELL, J. B. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on growth of mixed rumen bacteria *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 66, p. 52, 1983 (Suppl. 1).

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, p. 3551-3561, 1992.

RUSSELL, J. B.; SNIFFEN, C. J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on growth of mixed rumen bacteria *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 987-994, 1984.

SANTOS, F. A. P. Conceitos atuais de nutrição protéica. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., 1997. Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba-SP: FEALQ, 1997. p. 50-67.

SANTOS, F. A. P. **Efeito de fontes protéicas e processamento de grãos no desempenho de vacas de leite e digestibilidade dos nutrientes.** 1998. 105 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 1998.

SANTOS, F. A. P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Edit.). **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal-SP: Funep, 2006. p. 255-284.

SLYTER, L. L.; WEAVER, J. M. Growth factor requirements of *Ruminococcus flavefaciens* isolated from the rumen of cattle fed purified diets. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 17, n. 5, p. 737-741, 1969.

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, p. 3562-3577, 1992.

SOOFI, G.; FAHEY JR., G. C.; BERGER, L. L. *et al.* Effects of branched chain volatile fatty acids, trypticase, urea and starch on *in vitro* dry matter disappearance of soybean stover. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 9, p. 1748-1753, 1982.

SWEENEY, T. F.; PIERCE-SANDNER, S. B.; PAPAS, A. M. *et al.* Ammonium salts of the volatile fatty on various diets for dairy cows. II. Milk production and milk composition. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN, 79., 1984. Texas, USA. **Proceedings...** Texas, USA, 1984.

TEDESCHI, L. O. **Development and evaluation of models for the Cornell Carbohydrate and Protein System: 1. Feed libraries, 2. Ruminal nitrogen and branched-chain volatile fatty acids deficiencies, 3. Diet optimization, 4. Energy requirement for maintenance and growth.** Ph.D. Dissertation, Cornell University, 2001. 438 p.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 1648-1658, 2000.

TOWNS, R.; KIK, N. A.; COOK, R. M. Dietary endocrine metabolic interactions in isoacids fed, lactating Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 70, p. 217, 1987.

UMUNNA, N. N.; KLOPFENSTEIN, T.; WOODS, W. Influence of branched chain volatile fatty acids on nitrogen utilization by lambs fed urea containing high roughage rations. **Journal of Animal Science**, v. 40, p. 523-529, 1975.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV/DZO, 2006. 329 p.

VAN GYLSWYK, N. O. The effect of supplementing a low-protein hay on the cellulolytic bacteria in the rumen of sheep and on the digestibility of cellulose and hemicellulose. **The Journal of Agricultural Science**, v. 74, p. 169-180, 1970.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; FRANCE, J.; SIDDONS, R. C. On the steady-state turnover of compartments in the ruminant gastrointestinal tract. **Journal of Theoretical Biology**, v. 159, p. 135-145, 1992.

VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, J. C.; MALAFAIA, P. A. M. Fracionamento dos carboidratos e cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 889-897, 2000.

WEIGAND, E.; YOUNG, J. W.; MCGILLIARD, A. D. Volatile fatty acid metabolism by rumen mucosa from cattle fed hay or grain. **Journal of Dairy Science**, v. 58, p. 1294-1300, 1975.