

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FISIOLÓGICAS DA FERMENTAÇÃO
RUMINAL DE BOVINOS EM PASTEJO – REVISÃO DE LITERATURA**

**CHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RUMEN
FERMENTATION IN GRAZING CATTLE - REVIEW**

OLIVEIRA, Vinicius da Silva

Aluno de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe (UFS),
49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil. Autor para correspondência. E-mail:
viny_oliveira@yahoo.com.br

SANTANA NETO, José Adelson

Aluno de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe (UFS),
49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil.

VALENÇA, Roberta de Lima

Aluno de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe (UFS),
49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil.



RESUMO

O objetivo da presente revisão é abordar os principais aspectos da fermentação ruminal de bovinos em pastejo. Os ruminantes possuem a capacidade de fermentar alimentos fibrosos sintetizando nutrientes como proteínas, AGVs e vitaminas, por conta do desenvolvimento dos pré-estômagos e da simbiose com microrganismos. Os microrganismos ruminais necessitam de condições ideais de temperatura, pH, anaerobiose e N-NH₃ para se desenvolverem e atuarem adequadamente. Bovinos em pastejo mantêm o pH ruminal próximo da neutralidade, permitindo o bom desenvolvimento das bactérias fibrolíticas. Animais em pastejo tem uma maior relação acetato:propionato:butirato. Animais em pastejo produzem maior quantidade de metano.

PALAVRAS CHAVE: AGVs, Ambiente ruminal, Metano, Nitrogênio amoniacal, pH

ABSTRACT

The aim of this review is to approach the major aspects of rumen fermentation in grazing cattle. Grazing cattle have the capacity of ferment fibrous feed synthesizing nutrients such as proteins, VGAs and vitamins by the development of the previous stomachs and symbiosis with microorganisms. The rumen microorganisms need specific conditions of temperature, pH, anaerobiosis, and N-NH₃ to develop and perform properly. Grazing cattle keep rumen pH close to neutrality permitting a good development of fibrolitics bacteria. Grazing ruminants produce high quantities of methane.

KEYWORD: VGA, Rumen environment, methane, ammonia nitrogen, pH.

INTRODUÇÃO

Durante o processo evolutivo os animais ruminantes desenvolveram a capacidade de aproveitar de forma eficiente carboidratos estruturais como fonte energética e compostos nitrogenados não-protéicos como fonte de proteína (VALADARES FILHO & PINA, 2006). Essa capacidade em aproveitar tais nutrientes, foi adquirida por conta



do desenvolvimento de estruturas anatômicas (pré-estômagos) e da simbiose com microrganismos que fermentam alimentos fibrosos, sintetizando nutrientes como proteínas, ácidos graxos voláteis (AGVs, principal fonte energética de ruminantes) e algumas vitaminas. As adaptações anatômicas do sistema digestivo dos ruminantes resultaram em uma melhor utilização da fibra dietética e trouxeram a eles uma relativa liberdade da necessidade de ingestão de fontes externas de vitaminas do complexo B e aminoácidos essenciais (VAN SOEST, 1994).

O estômago multicavitário dos ruminantes deriva embrionariamente do estômago simples, e é dividido em quatro partes: rúmen, retículo, omaso e abomaso. Os três primeiros compartimentos têm função fermentativa e são revestidos por um epitélio não glandular com mucosa absorviva (BERCHIELLI et al., 2006). De acordo com esses mesmos autores os pré-estômagos têm função de reter o alimento nestes segmentos para que ocorra fermentação através da ação dos microrganismos, digerindo as fibras por meio anaeróbico. O fato dos ruminantes possuírem câmeras fermentativas em seu trato digestivo lhes confere maior eficiência no aproveitamento de alimentos fibrosos (e dos produtos da fermentação), principalmente nos animais mantidos em pastejo. Segundo Van Soest (1994), os ruminantes em pastejo maximizam a utilização dos carboidratos celulósicos por causa do seu trato digestivo. A câmara de fermentação (retículo-rúmen) precede o principal sítio digestivo. Desta maneira, os produtos da fermentação são utilizados de forma mais eficiente.

Para que os microrganismos ruminantes desenvolvam adequadamente e possam degradar de forma eficiente os alimentos fibrosos, o hospedeiro deve oferecer condições fisiológicas adequadas como pH, temperatura, anaerobiose, substrato e taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo. De acordo com Ørskov & Tyle (1990), os substratos disponíveis para fermentação juntamente com o pH ruminal são os principais fatores determinantes da prevalência dos microrganismos no ecossistema ruminal. Outro fator importante para o desenvolvimento da flora microbiana no rúmen é a quantidade de amônia disponível no líquido ruminal, uma vez que a amônia é utilizada pelos microrganismos para a síntese de proteína microbiana. A amônia liberada no



líquido ruminal, oriunda da degradação dos compostos nitrogenados, juntamente como fornecimento de energia (proveniente de carboidratos de rápida fermentação) e carbono são utilizados na síntese protéica dos microrganismos ruminais (HUNGATE, 1966).

A população microbiana presente no rúmen sofre influência direta do tipo de alimento ingerido pelo animal, e do potencial fermentativo que a fibra presente nesse alimento possui. A taxa de fermentação da fibra é quem vai determinar a disponibilidade de energia a nível ruminal e conseqüentemente irá influenciar no desenvolvimento da flora microbiana do rúmen. Por tanto, se a fibra possuir um baixo potencial fermentativo, a vantagem de retenção no rúmen será perdida (VAN SOEST, 1994).

Com base no exposto acima o objetivo da presente revisão é abordar os principais aspectos da fermentação ruminal de bovinos em pastejo.

Desenvolvimento dos pré-estômagos

Para que bovinos jovens possam se tornar ruminantes adultos, e passem a aproveitar de forma eficiente os alimentos fibrosos é necessário que haja um adequado desenvolvimento dos pré-estômagos, tanto em tamanho quanto em estrutura. A transição da fase de não ruminante para fase de ruminante está associada à ingestão de alimentos sólidos por parte do animal jovem. A ingestão de alimentos sólidos promove mudanças anatômicas, fisiológicas e metabólicas no trato digestivo dos ruminantes jovens, transformando-os em ruminantes adultos (OLIVEIRA et al., 2007). Ainda de acordo com esses autores, a ingestão de alimentos sólidos propicia substrato e ambiente adequados, para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais.

A ingestão de dietas a base de forragem, de alta digestibilidade, auxilia no desenvolvimento do rúmen, tanto no tamanho quanto na estrutura (papilas ruminais). A ingestão de alimentos volumosos promove o aparecimento de microrganismos e os produtos da fermentação microbiana, os ácidos graxos voláteis (AGVs), aumentam a atividade metabólica ruminal (ANDERSON et al., 1987; COSTA et al., 2003). O consumo de forragem assegura que o pH do rúmen seja adequado para o



estabelecimento de bactérias celulolíticas e protozoários (OLIVEIRA et al., 2007). A fibra presente na dieta exerce influencia sobre a musculatura do retículo-rúmen, aumentando o volume desses compartimentos, já os AGVs resultantes da fermentação microbiana, vão estimular o desenvolvimento estrutural da mucosa ruminal (FEEL et al. 1968; WEIGAND et al., 1975). Segundo Oliveira et al. (2007) os AGVs são os principais responsáveis pelo início do desenvolvimento papilar do epitélio dos pré-estômagos, sendo o butirato o composto mais eficaz, seguido pelo propionato e acetato. Conforme relatador por Campos (1995), alimentos que não possuam algum material fibroso podem formar papilas ruminais anormais e queratinizar a mucosa ruminal, resultando em problemas na absorção de nutrientes.

Fatores que influenciam as características químico-fisiológicas do ambiente ruminal

O rúmen é considerado um ecossistema único e diverso, povoado por microrganismos. Existem três tipos de microrganismos ativos no interior do rúmen (bactérias, protozoários e fungos), sendo as bactérias constituintes de 60 a 90% da biomassa microbiana com cerca de 200 espécies (KOZLOSKI, 2002).

Os microrganismos ruminais fermentam os componentes dos alimentos (carboidratos e proteínas), transformando-os em subprodutos como AGVs, proteína microbiana e vitaminas do complexo B e K, que são utilizados pelo metabolismo do animal. De acordo com Lima et al. (2008), a proporção e a quantidade dos subprodutos da fermentação microbiana dependem tanto do tipo de alimento e forma como é fornecido, quanto de fatores fisiológicos relacionados ao ambiente ruminal como temperatura, anaerobiose e pH. Além desses fatores Valadares Filho & Pina (2006), ressaltam que a taxa de passagem também influencia nos padrões de fermentação ruminal. De acordo com esses autores, dietas que possuem altas taxas de passagem no líquido ruminal, estão associadas com altas concentrações de acetato.

A fermentação ruminal também gera substâncias que não são utilizadas pelo animal, e serão eliminadas significando perda energética. As principais substâncias não



aproveitadas pelo metabolismo do animal e que são perdidas via eructação são o metano (CH_4) e o gás carbônico (CO_2) (VAN SOEST, 1994). O principal fator que determina o tipo de produto gerado através da fermentação microbiana é a digestibilidade do alimento. Segundo Johnson & Johnson (1995) a intensidade da emissão do CH_4 oriundo da fermentação microbiana está relacionada a fatores como o tipo de animal, consumo de alimento e o grau de digestibilidade das dietas fornecidas. As forragens tropicais tendem a apresentar maior quantidade de material indigestível em sua estrutura celular, o que diminui o seu valor nutritivo, levando a maior liberação de CH_4 pelos animais alimentados com essas forragens (RIVERA, 2006).

Natureza da dieta e taxa de passagem

A natureza da dieta fornecida ao animal influencia diretamente nos parâmetros ruminais, bem como a taxa de passagem que a dieta possui, podendo modificar a atividade metabólica dos microrganismos ruminais, alterando os produtos gerados pela fermentação ruminal. De acordo com Manella et al. (2003), o tipo de alimento altera os produtos da fermentação ruminal, por conta da especificidade dos microrganismos em digerir determinados nutrientes da dieta. Esses autores afirmam que, dietas ricas em forragens resultam em maior atividade de bactérias celulolíticas e sacarolíticas, aumentando a produção de ácido acético. Já as dietas ricas em amido e/ou proteína, aumentam a ação das bactérias amilolíticas e/ou proteolíticas, que são produtoras de ácido propiônico (CHURCH, 1988).

A granulometria do alimento fornecido ao animal influencia na taxa de passagem da dieta e na fermentação ruminal. Segundo Valadares Filho & Pina (2006), dietas com moagem fina, aumentam a densidade e a ingestão, promovendo rápida passagem do material insolúvel. De acordo com esses autores, dietas totalmente moídas, leva ao desaparecimento da estratificação do conteúdo ruminal, que é encontrada normalmente em animais alimentados com forragem, permitindo dessa forma rápida passagem de partículas grosseiras, diminuindo sua degradação e aproveitamento por parte dos microrganismos ruminais.



Outro fator importante é que dietas com alto grau de fermentação (com pouca fibra ou partículas muito pequenas) elevam a produção de AGVs, levando ao abaixamento do pH ruminal, desfavorecendo o desenvolvimento de algumas espécies de microrganismos que não toleram essas condições. Microrganismos celulolíticos e metanogênicos possuem pouca tolerância ao abaixamento do pH ruminal (SLYTER, 1976).

Dietas com alto teor de fibra com granulometria adequada estimulam maior taxa de ruminação e maior produção de saliva, o que leva ao aumento da diluição do conteúdo ruminal e tamponamento do mesmo, mantendo condições adequadas para o desenvolvimento de bactérias celulolíticas e protozoários. Segundo Valadares Filho & Pina (2006), dietas a base de forragem diminuem a concentração de ácidos ruminais, em relação a dietas com concentrado (50 a 100 mmol/L de AGVs e 80 a 150 mml/L de AGVs, respectivamente).

Temperatura e anaerobiose (potencial redox)

A população microbiana ruminal necessita de condições adequadas para sua manutenção e desenvolvimento, essas condições favoráveis ao desenvolvimento da flora microbiana devem ser mantidas pelo animal.

A temperatura no interior do rúmen está em torno de 39 °C e é mantida relativamente constante pelos mecanismos de homeostase, no entanto a temperatura da água consumida pode afetar a temperatura do rúmen, influenciando a atividade de fermentação ruminal (BERCHIELLI et al., 2006).

A ausência de oxigênio no ambiente ruminal é a condição fundamental para que haja a ação dos microrganismos que fermentam o alimento em ambiente anaeróbico. As vias de entrada de oxigênio no rúmen são através da ingestão de alimento e água e por meio de difusão do sangue, no entanto esse oxigênio é rapidamente consumido pelas bactérias anaeróbicas facultativas, ou eliminado através da eructação (FURLAN et al., 2006).



O potencial redox do rúmen normalmente está entre -250 e -450 mV, demonstrando a ausência de oxigênio e elevado potencial redutor (VAN SOEST, 1994). Em decorrência do elevado potencial redutor e ausência de oxigênio no ambiente ruminal, os microrganismos reduzem suas opções metabólicas sendo obrigados a utilizar os equivalentes redutores (NADH) que se encontram em excesso no meio ruminal (VALADARES FILHO & PINA, 2006). De acordo com esses autores, para dispor dos equivalentes redutores e utilizá-los nas diversas reações, os microrganismos reduzem todos os compostos disponíveis (CO₂ a metano e sulfatos, os nitratos a sulfitos e amônia, e saturam os ácidos graxos insaturados).

O potencial redox é analisado com o auxílio de indicadores como, por exemplo, azul de metileno. Quando a atividade microbiana aumenta ocorre à descoloração muito rápida, quando a atividade é moderada a descoloração requer mais tempo, indicando que a atividade do fluido ruminal diminuiu (DIRKSEN, 1981).

pH

Para que os microrganismos se desenvolvam de forma adequada eles necessitam de uma faixa de pH ideal. A utilização de forragem pelos ruminantes depende da atividade dos microrganismos ruminais, os quais são afetados pelas características do ambiente ruminal, e sua atividade fermentativa é sensível às variações do pH do meio (MOULD & ORSKOV, 1983). Segundo Silveira et al. (2006), o pH ruminal varia de acordo com a dieta e com o tempo após a alimentação.

As bactérias fibrolíticas e protozoários necessitam de pH variando entre 6,2 e 6,8, para atuarem de forma adequada. Segundo Van Soest (1994), pH abaixo de 6,2 aumenta o tempo de colonização da fibra e inibe a sua degradação. No entanto as bactérias amilolíticas vão atuar em uma faixa de pH mais baixo (5,8), isso demonstra que o pH do líquido ruminal afeta a degradação dos alimentos de forma diferenciada, dando uma faixa de pH ideal entre 5,5 e 7,0 (FURLAN et al., 2006). A manutenção do pH em níveis adequados (6,0 e 7,0) depende da capacidade de produção de agentes tamponantes,



como sais à base de carbonatos, e da remoção dos AGVs por meio da absorção no rúmen (VAN SOEST, 1982).

Os ruminantes matam os níveis de pH do meio ruminal adequados, através da saliva, que é rica em bicarbonato de sódio e possui pH em torno de 8,1. A secreção de saliva depende do tipo de dieta que o animal é alimentado, dietas com alto teor de umidade diminuem a produção de saliva, no entanto alimentos ricos em fibra induzem maior secreção de saliva (BERCHIELLI et al., 2006). Segundo Valadares Filho & Pina (2006), dietas com menos de 40% de forragem, reduzem a produção salivar, diminuindo o crescimento da flora microbiana.

A fermentação de amido e açúcares diminui o pH ruminal, por produzir maior quantidade de AGVs, principalmente propionato pela via do ácido láctico, que pode se acumular no rúmen, reduzindo a digestão da fibra (VAN SOEST, 1994).

Hoover (1986) relatou que a diminuição de pH ruminal abaixo de 6,0 resulta em perda acentuada de atividade fibrolítica, com uma completa cessação de digestão de fibra com pH entre 4,5 e 5,0. Orskov (1988) afirma que valores acima de 6,2 de pH do líquido ruminal é considerado como limite mínimo para adequada fermentação da fibra. Manella et al. (2003), avaliaram as características de fermentação ruminal de bovinos Nelore em pastagem de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*, encontraram valor de pH ruminal de 7,1 na média dos tratamentos. Santos et al. (2004), avaliaram os parâmetros ruminais em tourinhos Limousin-Nelore, suplementados durante a seca em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens*, encontraram valores de pH entre 7,13 a 5,92 respectivamente para bovinos com suplementação mineral e suplementação rica em milho quebrado e farelo de soja. Silveira et al. (2006), avaliando a fermentação ruminal de novilhos mantidos em pastagem e recebendo diferentes suplementos a base de sorgo (silagem de planta inteira, silagem de grão moído e grão seco), encontraram valores de pH ruminal maior para os animais mantidos apenas em pastejo sem receber qualquer suplementação (pH= 7,04). Segundo esses autores o valor de pH médio encontrado nesse estudo está dentro do esperado para animais recebendo dietas com predominância de forragem.



Moreira et al. (2009), avaliando o pH no fluido ruminal de vacas leiteiras, concluíram que dietas ricas em concentrado apresentam menor valor de pH (5,6), devido a rápida fermentação ruminal, já dietas com maior quantidade de volumoso apresentam maior valor de pH (6,3), por induzir maior produção de saliva.

Amônia e nitrogênio amoniacal (N-NH₃)

A quantidade de N-NH₃ no rúmen é um fator importante, visto que os microrganismos ruminais o utilizam como fonte de N para a sua síntese protéica. As bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais utilizam a amônia presente no rúmen como a principal fonte de N para síntese de proteína (RIBEIRO et al., 2001). Para que a flora microbiana cresça adequadamente, a concentração N amoniacal no rúmen deve ser no mínimo de 5,0 mg/dL de fluido ruminal (SATTER & SLYTER, 1974). Para que a síntese de proteína microbiana alcance seu potencial máximo, Mehrez et al. (1977) preconizam a concentração de 23 mg de N-NH₃/100 mL.

A concentração de N-NH₃ no rúmen é dependente da taxa de degradação, da fonte protéica utilizada e do equilíbrio entre sua produção e utilização por parte dos microrganismos ruminais (MANELLA et al., 2006). Para que a produção de proteína microbiana no rúmen seja otimizada, é necessário que haja um equilíbrio entre a quantidade de N e de energia disponíveis no rúmen (FIRKINS, 1996). As bactérias ruminais tanto podem utilizar os aminoácidos para síntese de proteína microbiana, como pode fermentá-los para utilizá-los como fonte de energia (RIBEIRO et al., 2001). De acordo com esses autores a fermentação de aminoácidos também gera N-NH₃ no ambiente ruminal. No entanto, o crescimento microbiano depende do suprimento de carboidratos fermentáveis que influenciam no destino dado aos produtos finais gerados pelo metabolismo protéico.

O tipo de dieta influencia na concentração de amônia e aminoácidos no rúmen, alimentos contendo alto teor de N não-protéico ou proteínas solúveis aumentam o teor de amônia e aminoácidos no líquido ruminal (RUSSEL et al., 1992; SILVEIRA et al., 2006). Segundo Silveira et al. (2006), gramíneas anuais de inverno normalmente têm



alta digestibilidade e altos teores de N degradável, o que leva a aumentar a quantidade de N disponível no rúmen. Já animais alimentados com forragens tropicais, principalmente durante o período seco, têm diminuição na quantidade de amônia disponível no ambiente ruminal, por conta do baixo teor protéico que essas gramíneas apresentam (<7,0%) (MISSON, 1990; KABEYA et al., 2002).

Franco et al. (2002), avaliando os parâmetros ruminais e desaparecimento da FDN em bovinos suplementados em pastagem na estação das águas, concluíram que os níveis de N-NH₃ foram maiores nos tratamentos com maior quantidade de proteína degradável no rúmen. No entanto eles observaram que as diferentes concentrações de nitrogênio amoniacal não alteraram a degradação da fibra. Esses mesmos autores, avaliando parâmetros ruminais de bovinos suplementados em pastagem durante a época das águas, encontram maiores concentrações de N-NH₃ nos suplementos com maior percentual de proteína degradada no rúmen (351,2 mg/dl), do que nos suplementos com menor percentual de proteína degradada no rúmen (média de 153,5 mg/dl). Manella et al. (2006), estudando as características de fermentação ruminal, de bovinos na fase de recria mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*, encontraram maiores valores de N-NH₃ nos tratamentos em que os animais receberam suplementação protéica, em relação aos tratamentos em que o animal foi mantido somente a pasto ou com acesso ao banco de proteína, com valores médios de 7,4 mg/dl, 2,0 mg/dl e 1,3 mg/dl, respectivamente. Mota et al. (2010), avaliaram parâmetros ruminais de vacas leiteiras mantidas em pastagem tropical de Coast cross (*Cynodon dactylon L. Pers. cv. Coast cross*) e não se observou diferença entre os tratamentos para os valores de N-NH₃. Os valores médios observados foram de 7,95 e 8,22 mg/dl suplementos com baixo concentrado e alto concentrado respectivamente.

Principais produtos gerados pela fermentação ruminal (AGVs e metano)

AGVs

Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária é uma publicação semestral da Faculdade de Medicina veterinária e Zootecnia de Garça - FAMED/FAEF e Editora FAEF, mantidas pela Associação Cultural e Educacional de Garça - ACEG. CEP: 17400-000 - Garça/SP - Tel.: (0**14) 3407-8000



Os ácidos graxos voláteis (AGVs) são os principais subprodutos da fermentação dos carboidratos, e são utilizados como fontes de energia para o metabolismo dos ruminantes (BALDWIN, 1998; OLSON et al., 1999; BERCHIELLI et al., 2006). Segundo Van Soest (1994), os AGVs produzidos pelos microrganismos do rúmen através das suas vias metabólicas, suprem 85% das exigências de energia dos ruminantes.

Os AGVs predominantes no fluido ruminal são os ácidos acético, propiônico e butírico, sendo isobutírico, valérico, isovalérico, 2-metilbutírico e outros geralmente presentes em quantidades relativamente pequenas (DIJKSTRA, 1993). De acordo com esse autor os ácidos acético, propiônico e butírico podem ser usados para gerar ATP no metabolismo intermediário. O ácido propiônico é um precursor de glicose, entrando no ciclo da gliconeogênese hepática (HUNTINGTON, 1990).

A concentração e as proporções relativas de AGVs estão relacionadas com a natureza do alimento (BERGMAN, 1990). Esses autores relatam que a proporção molar de acetato, propionato e butirato podem variar de 75:15:10 para 40:40:20, quando se altera a relação volumoso:concentrado das dietas. Segundo Mota et al. (2010) a degradação da celulose e hemicelulose produz maior proporção de acetato, enquanto que com a degradação dos carboidratos solúveis (amido e açúcares), eleva a produção de propionato, diminuindo a proporção de acetato e butirato. A diminuição na proporção de acetato em dietas com alto teor de carboidratos de rápida fermentação ocorre por conta da morte das bactérias fibrolíticas e dos protozoários (principais produtores de acetato), ocasionada pela diminuição do pH ruminal.

Black (1990), estudando a nutrição de ruminantes em pastejo, relatou que a proporção dos AGVs produzidos quando o animal alimenta-se somente com forragens, é de 73:20:7 (acetato:propionato:butirato), comparado com 60:30:10 em animais alimentados com forragens e recebendo suplementação a base de concentrado, e 50:40:10 para animais recebendo alto teor de concentrado. Mota et al. (2010), analisando os parâmetros ruminais de vacas leiteiras mantidas em pastejo, recebendo suplementação com alto e baixo concentrados, não encontraram diferença na



concentração de AGVs totais (média de 49,7 mMol/ml), entre as dietas. Oliveira et al. (2009), avaliando os parâmetros ruminais e síntese de proteína metabolizável em bovinos de corte recebendo suplementação com proteinados com diferentes níveis de proteína bruta (30, 40 e 50%), encontraram que a concentração média de acetato:propionato não diferiu entre os tratamentos com diferentes níveis de proteína e o controle, apresentando valor de 3:1. No entanto eles encontraram concentração de acetato maior para os animais recebendo dietas com diferentes níveis de proteína em relação aos animais recebendo a dieta controle (com valores de 6,47 mMol% e 5,85mMol% de acetato, respectivamente).

Manella et al. (2003), avaliando os parâmetros ruminais de bovinos em pastejo com suplementação de proteína ou acesso a banco de proteína, encontraram que o fornecimento de proteína alterou a proporção de AGVs, diminuindo a relação acetato:propionato, decorrente do aumento da concentração do ácido propiônico, em associação com à diminuição de ácido acético. Segundo esses autores, a maior produção de propionato, em vez de acetato ou butirato ocasiona maior eficiência energética, tanto devido ao maior aporte de substâncias gliconeogênicas (ácido propiônico), como pela diminuição na perda de energia devido à menor produção de metano.

Metano (CH₄)

O metano é um gás composto de carbono e hidrogênio, que é produzido pela fermentação ruminal, na concentração de 30% a 40%, juntamente com CO₂ (60%), e quantidades variáveis de nitrogênio (N₂) e traços de H₂S, H₂ e O₂ (VALADARES FILHO & PINA, 2006). A proporção de cada produto da fermentação ruminal, depende da espécie bacteriana, que possui especificidade para cada tipo de produto, da dieta e principalmente da concentração de nicotinamida adenosina difosfato (NADH) e H₂ na célula (KOZLOSKI, 2002).

O formato é o principal precursor do CH₄, que é sintetizado através das quantidades de CO₂ e H₂ presentes no rúmen. Esta síntese requer a presença de ATP e coenzima-A, e é estimulada pela ferredoxina, na reação final ocorre a clivagem da



metil-cobalamina, formando CH_4 e cobalamina (BERCHIELLI et al., 2006). A concentração de H_2 no rúmen influencia diretamente na produção de metano (CHAUCHEYRAS et al., 1995; PEREIRA et al., 2006).

As dietas a base de forragem tendem a aumentar a síntese de metano no rúmen, uma vez que a fermentação da forragem leva a uma maior produção de H_2 , que é utilizado pelas bactérias metanogênicas para formar CH_4 . Isso se dá por conta da relação acetato:propionato, quanto maior esta relação maior a produção de metano, pois o acetato juntamente com o butirato levam a maior liberação de H_2 no rúmen (JOHNSON & JOHNSON, 1995; NUSSIO et al., 2006).

Os valores médios encontrados na América do Norte são estimados em 118 kg/animal/ano de CH_4 , para animais com 600 kg de PV, lactação de 6.700 kg/ano de leite e ingestão de matéria seca de 16,2 kg/dia ou 2,7% do PV, e no leste europeu estimados em 100 kg/animal/ano de CH_4 , para vacas de 550 kg de PV, lactação de 4.200 kg/ano de leite e ingestão de 13,8 kg/dia de matéria seca ou 2,5% do PV (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995; JOHNSON & WARD, 1996). Primavesi et al. (2004), com o objetivo de quantificar, a emissão de CH_4 ruminal por bovinos leiteiros mantidos em pastagens tropicais brasileiras, encontraram valores de emissão de CH_4 de 147 kg/animal/ano para vacas em lactação Holandesa Preto e Branco e uma estimativa de produção 121kg/animal/ano para vacas em lactação Mestiça Leiteira Brasileira. Esses resultados podem ser atribuídos à pior qualidade da forragem de clima tropical em relação à de clima temperado, como sugerido por Kurihara et al. (1999) há diferença na emissão de CH_4 entre raças, verificando-se maior emissão de CH_4 (g/kg de matéria seca digestiva ingerida e porcentagem de energia digestível ingerida) pelas vacas mestiças provavelmente por sua maior eficiência digestiva de celulose, fonte maior de CH_4 no processo metabólico fermentativo no rúmen (PRIMAVESI et al. 2004).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente ruminal tem que oferecer características adequadas, de temperatura, pH, anaerobiose e nitrogênio amoniacal para o bom desenvolvimento dos microrganismos que o povoam. O desequilíbrio do ambiente ruminal leva a morte dos microrganismos, diminuindo a eficiência da fermentação ruminal, levando a um menor aproveitamento dos alimentos fibrosos.

Para que o animal jovem possa se tornar ruminante adulto, é importante o fornecimento de alimentos sólidos. Alimentos volumosos auxiliam no bom desenvolvimento do rúmen, por proporcionar as condições adequadas para o estabelecimento da flora microbiana, e auxiliar no desenvolvimento estrutural da mucosa ruminal, por conta da produção de AGVs.

As condições do ambiente ruminal são influenciadas diretamente pelo tipo de alimento que o animal consome, bem como os produtos gerados pela fermentação microbiana. O tipo de microrganismo que irá se desenvolver no rúmen depende do tipo de dieta que é fornecida ao animal. Dietas a base de forragem mantêm as condições adequadas para o bom desenvolvimento da flora microbiana, e propiciam o desenvolvimento de bactérias celulolíticas e protozoários, por manter condições ideais de pH, aumentando assim o aproveitamento da fibra.

Animais mantidos em pastejo tem uma maior relação acetato:propionato, por conta da fermentação dos carboidratos estruturais, o que leva a uma maior liberação de H₂ no líquido ruminal, que é utilizado para síntese de metano, significando perda energética para o animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, K. L. et al. Ruminal metabolic development in calves weaned conventionally or early. **Journal of Dairy Science**, 70:1000, 1987.

BALDWIN, R.L. Use of isolated ruminal epithelial cells in the study of rumen metabolism. **Journal of Nutrition**, (suplement), v.128, p.293-296, 1998.



BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006.

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, 70:567, 1990.

BLACK, J.L. Nutrition of the grazing ruminant. **Proc. NewZel. Soc. Prod.**, 50: 07-27, 1990.

CAMPOS, O. F. **Alimentação de bovinos jovens**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), n. 14, p. 73- 100 (Cadernos técnicos da Escola de Veterinária).1995.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Waveland Press, 563p.1988.

CHAUCHEYRAS, F.; FONTY, G.; BERTIN, G.; GOUET, P. In vitro H₂ utilization by a ruminal acetogenic bacterium cultivated alone or in association with an Archaea Methanogen is stimulated by a probiotic strain of *Saccharomyces cerevisiae*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.61, n.9, p. 3466-3467, 1995.

COSTA, R. G.; RAMOS, J. L. F.; MEDEIROS, A. N.; BRITO, L. H. R. Características morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a diferentes períodos de alimento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 40 (suplemento 2), 2003.

DIJKSTRA, J. Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. **Livestock Production Science**, n. 39, p. 61-69, 1994.



DIRKSEN G. **Indigestiones en el bovino**, Schnetztor-Verlag, Konstanz.76 pp.1981.

FRANCO, G. L.; ANDRADE, P.; BRUNO FILHO, J. R.; DIOGO, J. M. S. Parâmetros ruminais e desaparecimento da FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2340-2349, 2002.

FEEL, B. F. et al. Observations on the development of ruminal lesions in calves fed on barley. **Research in Veterinary Science**, Oxford, v. 9, p. 458, 1968.

FIRKINS, J.L. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. **Journal of Nutrition**, v.126 (supplement), p.1347s-1354s, 1996.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. **Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal**. IN: Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 583p.2006.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 69, p. 2755-2766.1986.

HUNTINGTON, G. B. Energy metabolism in the digestive tract and liver of cattle: influence of physiological state and nutrition. **Reproduction and Nutrition**, v.30, p. 35-47, 1990.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Genebra, Suíça). **Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios**. Cambridge: University Press, 339p.1995.



JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Estimates of animal methane emissions. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.42, p.133-141, 1996.

JOHNSON K. A.; JOHNSON D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, n. 8, p. 2483-2492,1995.

KABEYA, K. S.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; GOMES JÚNIOR, P.; PEREIRA, O. G. Suplementação de Novilhos Mestiços em pastejo na época de transição água-seca: desempenho produtivo, características físicas de carcaça, consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 213-222, 2002.

KOZLOSKI, G. B. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 139p.2002.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; McCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.227-234, 1999.

LIMA, M. L. M. Padrão de Fermentação Ruminal de Bovinos Recebendo Produto Homeopático. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 969-975, 2008.

MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J.; LEME, P. R. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Característica de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p. 1002-1012, 2003.



MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal Nutrition**, v.38, n.3, p.437-443, 1977.

MOREIRA, P. C.; MENDONÇA, A. C.; MARTINS, A. F.; WASCHECK, R. C.; SOUZA, P. R.; DUTRA, A. R.; GRANDSIRE, C.; REZENDE, P. L. P.; CARDOSO, J. R.; BENETTI, E. J.; SILVA, M. S. B. Avaliação do pH do fluido ruminal de vacas leiteiras. **Estudos**, Goiânia, v.36, n. 11/12, p. 1201-1218, 2009.

MOTA, M. F.; VILELA, D.; Santos, G. T.; ELYAS, A. C. W.; LOPES, F. C. F.; VERNEQUE, R. S.; PAIVA, P. C. A.; PINTO NETO, A. P. Parâmetros ruminais de vacas leiteiras mantidas em pastagem tropical. **Archivos de Zootecnia**, 59 (226): 217-224, 2010.

MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R. Manipulation of the rumen fluid pH and its influence on cellulosis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. **Animal Feed Science Technology**, v.10, p.1-14, 1983.

NUSSIO, L. G; CAMPOS, F. P; LIMA, M. L. M. **Metabolismos de carboidratos estruturais**. IN: Nutrição de ruminantes. 2º Ed. Jaboticabal: SP, cap. 07, p.183- 223. 2006.

OLIVEIRA, J. S.; ZANINI, A. M.; SANTOS, E. M. Fisiologia, manejo e alimentação de bezerros de corte. **Arquivos de Ciências Veterinária e Zootecnia**. Unipar, Umuarama, v.10, n.1, p. 39-48, 2007.

OLIVEIRA, L. O. F.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; GONÇALVES, L. C.; FIALHO, M. P. F.; MIRANDA, P. A. B. Parâmetros ruminais e síntese de proteína metabolizável



em bovinos de corte sob suplementação com proteínados contendo diversos níveis de proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2506-2515, 2009.

OLSON, K.C.; COCHRAN, R.C.; JONES, T.J. et al. Effects of ruminal administration of degradable intake protein and starch on utilization of low quality warm season grass hay by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1016-1025, 1999.

ORSKOV, E.R. **Nutrición proteica de los rumiantes**. Zaragoza: Acribia, 178p.1988.

PEREIRA, E. M. O.; EZEQUIEL, J. M.; BIAGIOLI, B.; FEITOSA, J. Determinação *in vitro* do potencial de produção de metano e dióxido de carbono de líquido ruminal proveniente de bovinos de diferentes categorias. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 14 (4): 120-127, 2006.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.;LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; BARBOSA, P. F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.277-283, mar. 2004

RIBEIRO, K. G.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R. Eficiência microbiana, fluxo de compostos nitrogenados no abomaso, amônia e pH ruminais, em bovinos recebendo dietas contendo feno de Capim- Tifton 85 de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(2): 581-588, 2001.

RIVERA, A. R. **Estudo da fermentação ruminal por bovinos consumindo feno de Tifton 85 e concentrado com aditivos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias “Julio de Mesquita Filho”, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal,2006.



RUSSEL, J.B. 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.

SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S.; FONSECA, D.M. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em tourinhos limousin-nelore, suplementados durante a seca em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* stapf. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.704-713, 2004

SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.

SILVEIRA, M. F.; KOZLOSKI, G. V.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J.; LEITE, D. T.; METZ, P. A. M.; SILVEIRA, S. R. L. Ganho de peso vivo e fermentação ruminal em novilhos mantidos em pastagem cultivada de clima temperado e recebendo diferentes suplementos. **Ciência Rural**, v.36, n.3, 2006.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. **Fermentação Ruminar**. IN: Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 583p.2006.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Corvallis: O. & B. Books, 1982.

VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of ruminants**. Ithaca. Cornell University Press, 476 p.,1994.

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

