

**CARACTERÍSTICAS DA FERMENTAÇÃO RUMINAL DE OVINOS EM
PASTEJO – REVISÃO DE LITERATURA**
CHARACTERISTICS OF RUMINAL FERMENTATION IN SHEEP GRAZING –
REVIEW

SANTANA NETO, José Adelson

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe - UFS - Aracaju – Brasil. E-mail: adelson@zootecnista.com.br

OLIVEIRA, Vinícius da Silva

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe - UFS - Aracaju – Brasil

VALENÇA, Roberta de Lima

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Da Universidade Federal de Sergipe - UFS - Aracaju – Brasil

CAVALCANTE, Lucas Aroaldo Dantas

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe - UFS - Aracaju – Brasil

RESUMO

Esta revisão objetiva relatar aspectos da fermentação ruminal de ovinos mantidos em pastejo. Animais mantidos em pastejo produzem menos AGVs em ralação a animais com dietas a base de concentrado. A fermentação normal ocorre com uma osmolaridade entre 260 e 340 mOsm. Ovinos em pastejo apresentam níveis de osmolaridade baixos. O pH do rúmen pode oscilar de 5,5 a 7,2, os ovinos alimentados em pastagem podem apresentar pH ruminal próximo da neutralidade. O acetato é o principal AGV presente, geralmente em maior concentração. Propionato e butirato também estão presentes em



quantidade consideráveis, embora suas quantidades possam variar de acordo com o alimento.

Palavras Chaves: ambiente ruminal, pH, acetato, propionato.

ABSTRACT

This review aims to report aspects of rumen fermentation of sheep kept at pasture. Animals kept on pasture produce less VFA to in connection with the animals diets based on concentrate. A normal fermentation occurs with an osmolality between 260 and 340 mOsm. Sheep grazing have low levels of osmolarity. Ruminal pH can range from 5.5 to 7.2, sheep grazing fed can have pH values near neutrality. The acetate is the major VFA present, generally in a higher concentration. Propionate and butyrate are present in considerable amounts, though their number may vary according to the food.

keywords: Characteristics of rumen, pH, acetate, propionate.

INTRODUÇÃO

Durante a evolução, os animais ruminantes desenvolveram características anatômicas e simbióticas, que lhes permitiram utilizar eficientemente carboidratos estruturais como fonte de energia e compostos nitrogenados não-protéicos como fonte de proteína (Valadares Filho & Pina, 2006). Com isso os ruminantes passaram a aproveitar os produtos da fermentação pré-gástrica realizada pelos microrganismos ruminais, o que favoreceu sua sobrevivência nos diferentes ecossistemas.

A nutrição de ruminantes pode ser considerada mais complexa que a nutrição de monogástricos. Devido à anatomia do trato digestivo, os microrganismos presentes no rúmen fermentam alimentos fibrosos e sintetizam nutrientes, principalmente proteína e algumas vitaminas (Barcelos et al., 2001). A NRC (2007) cita a relação simbiótica entre o animal hospedeiro e a diversificada população microbiana residente, esta população realiza três funções de importância para o bem-estar nutricional de ruminantes: fermentação de carboidratos estruturais em fontes prontamente absorvível e utilizável para a conversão de energia, de nitrogênio não protéico em fontes de proteína utilizável e síntese de vitamina K e vitamina B. Desta forma o nutricionista de ruminantes deve



estar atento tanto para as exigências nutricionais do ruminante quanto a dos microrganismos ruminais.

A proporção de AGV varia de acordo com a fonte forrageira onde, em uma dieta baseada em volumoso tem 75% de acetato, 17% de propionato e 8% de butirato. Já para uma dieta a base de concentrado a proporção passa a ser de 57% de acetato, 32% de propionato e 11% de butirato (Carvalho et al. 2005)

O valor do pH estará diretamente relacionado com o tipo de alimentação e de suas respectivas produções de AGV's, que de acordo com Homem Junior et al. (2010), o pH ruminal está diretamente relacionado com os produtos finais da fermentação e também com a taxa de crescimento dos microrganismos ruminais.

O ambiente do rúmen favorece o desenvolvimento contínuo da população microbiana, atuando como câmara de fermentação, devido aos seguintes fatores: temperatura ideal média de 39°C; anaerobiose; pH tampão médio de 6,8; presença de bactérias, protozoários e fungos; suplemento de nutriente e contínua remoção de digesta e dos produtos de fermentação (Lana, 2005).

O presente trabalho tem como objetivo de relatar as principais características da fermentação ruminal de ovinos alimentados em pastejo.

CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE RUMINAL

Osmolaridade

Nos ruminantes, a degradação e fermentação dos constituintes da dieta pela ação de bactérias, protozoários e fungos, ocorrem no rúmen e retículo, mas para que isso ocorra de forma adequada, sem ocasionar nenhum distúrbio metabólico, é necessário que o rúmen mantenha um ambiente favorável para o crescimento microbiano e para fermentação. Segundo Owens & Goetsch (1993), as condições do rúmen variam intensamente devido às circunstâncias ambientais e dietéticas.

A fermentação normal ocorre com uma osmolaridade entre 260 e 340 mOsm. A osmolaridade normalmente é razoavelmente constante as proximidades de 280 mOsm embora pode aumentar até 350 ou 400 mOsm após uma alimentação de concentrados. Ovinos em pastejo apresentam níveis de osmolaridade baixos devido a sua alimentação a base de volumosos, ocasionando uma elevação do pH ruminal. Afonso & Mendonça



(2007) apud Silva et al. (2009), relacionam a diminuição do pH no rúmen à elevação na concentração de ácido láctico, que aumenta a osmolaridade do meio, tornando-o hipertônico em relação ao plasma e provocando maior fluxo de água dos compartimentos intra e extracelulares para o interior do trato digestivo. Ovinos mantidos em pastejo tendem a manter níveis normais ou baixos de osmolaridade ocasionando dois tipos de reações: com osmolaridade normal ocorre diminuição do fluxo líquido de água através da parede do rúmen e com osmolaridade baixa a saída de água rumo ao sangue também reduzirá.

pH

O pH do rúmen pode oscilar de 5,5 a 7,2, com valores inferiores de pH detectados em intervalos de tempo curtos, após os animais receberem um dieta rica em concentrado (Owens & Goetsch, 1993; Valadares Filho & Pina, 2006).

Os ovinos alimentados com pastagem, apresentam pH ruminal próximo da neutralidade, mas o fornecimento de rações com alta quantidade de grãos torna a dieta altamente fermentável, podendo diminuir o pH. O pH ruminal reduz, principalmente, após a ingestão de alimentos, devido à rápida taxa de fermentação e, para dietas constituídas exclusivamente por volumosos, pode variar de 6,2 a 7,0 (Ørskov, 1986).

A diminuição do pH para níveis abaixo de 6,2 ocasiona a morte de bactérias celulolíticas, dificultando a degradação da fibra no rúmen. Segundo Valadares Filho & Pina (2006), durante a adaptação a dietas com altos teores de concentrado, o pH exerce uma pressão seletiva sobre os microrganismos sensíveis a alterações no pH. Quando o pH cai, bactérias amilolíticas e resistentes a acidez aumentam, enquanto microrganismos celulolíticos, presentes em maior número em animais em pastejo, diminuem.

O pH e taxa de crescimento dos microrganismos ruminais dependem diretamente dos produtos finais da fermentação. Isto pode ser demonstrado pelo uso de dietas ricas em volumosos, quando, geralmente, o pH ruminal é mais elevado, o qual permite o crescimento de bactérias celulolíticas (Church, 1979, Van Soest, 1994). O pH ruminal influencia diretamente à taxa de crescimento dos microrganismos ruminais. Com redução moderada do pH ruminal, até aproximadamente 6, a digestão da fibra



decrece sem influenciar o número de organismos fibrolíticos. Porém, com redução para a faixa de 5,5 a 5,0, ocorre diminuição do número e da taxa de crescimento dos microorganismos fibrolíticos, podendo causar inibição na digestão da fibra (Hoover, 1986).

Van Niekerk et al. (2002), avaliaram o pH ruminal de ovinos em pasto de *Panicum maximum* cv. Gatton em diferentes estágios de maturidade, encontraram diferença estatística nos valores de pH ruminal. Onde os valores de pH ruminal foram maiores nos estágios de início de floração e final de floração em comparação como a forragem no estado vegetativo. As possíveis razões para o aumento do pH ruminal, com a forragem amadurecida pode ser devido a uma diminuição geral na produção de AGV's, juntamente com a alta capacidade de tamponamento da saliva, uma vez que forragens com maior grau de amadurecimento tendem a ter um maior teor de fibra, o que aumenta a taxa de ruminação e conseqüentemente a passagem de saliva para o rumén. As plantas perdem seu valor nutritivo com o avançar da idade pelo aumento da lignificação e pela diminuição na relação folha:haste. As Forragens de baixa qualidade tendem a resultar em baixas taxas fermentativas (Van Soest, 1994), devido a elevação no valor do pH.

Bhatta et al. (2005a), avaliaram o valor do pH de ovinos em pastejo no semi-árido, recebendo ou não suplementação a base de concentrado ou suplementação com três diferentes leguminosas. Os autores afirmaram que os estudos de fermentação ruminal após a suplementação não mostraram diferença no valor do pH ruminal. Bispo et al. (2007), como o objetivo de avaliar os efeitos da substituição parcial do feno de capim-elefante pela palma forrageira sobre os parâmetros ruminais em ovinos, onde os tratamentos experimentais consistiram de volumoso e concentrado com cinco níveis de inclusão da palma (*Opuntia fícus indica* Mill) em substituição ao feno de capim elefante, encontraram diminuição linear do pH. Dietas com maior teor de carboidratos não estruturais tendem a diminuir o pH e, de outra forma, maiores teores de nitrogênio (N) não protéico ou proteínas solúveis tendem a aumentar o teor de amônia e aminoácidos no fluido ruminal (Russel et al., 1992).

Batista et al. (2003), afirmam que 59,5% dos carboidratos da palma são de rápida e mediana degradabilidade e somente 4,4% estão indisponíveis. A palma



apresenta ainda 12,9% de amido, valor relativamente alto para as forragens em geral. Devido à composição bromatológica da palma a produção de AGV's é modificada, quando a alimentação era a base de feno a produção de acetato estava em maior quantidade, desta forma o pH ruminal se encontra próximo da neutralidade. Quando passa a adicionar a palma o pH diminui por conta de uma maior ação das bactérias amilolíticas que produzem mais propionato.

Carvalho et al. (2011), avaliaram os valores de pH em ovinos mantido em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu) recebendo quatro tipos de mistura mineral, onde não encontraram diferença significativa. Todos os valores de pH foram superiores ao de 6,20, valor este citado por Hoover (1986) como o limite para a atividade de microrganismos fibrolíticos.

Temperatura e Potencial Redox

Segundo Furlan et al. (2006), a temperatura do rúmen é mantida relativamente constante, ao redor de 39°C, pelos mecanismos homeostático que mantêm as condições fisiológicas dentro do hospedeiro. A temperatura da água consumida pode afetar a temperatura do rúmen e, conseqüentemente, a digestão e a fermentação ruminal.

O potencial redox no rúmen normalmente oscila entre -250 e -450 mV, refletindo a ausência de oxigênio e o excesso de poder redutor (Van Soest, 1994). Em consequência dessa característica do ambiente ruminal, as opções metabólicas dos microrganismos tornam-se limitadas, sendo obrigados a trabalhar com este excesso de equivalentes redutores (NADH), utilizando-os em uma variedade de reações. Para dispor desses compostos, eles reduzem todos os compostos disponíveis, sendo o CO₂ reduzido a metano, sulfatos e nitratos a sulfetos e amônia, e ácidos graxos insaturados a saturados (Valadares Filho & Pina, 2006).

O potencial redox serve para determinar as condições ambientais no rúmen e é analisado com o auxílio de indicadores como, por exemplo, azul de metileno. Quando a atividade microbiana esta muita ativa ocorre à descoloração muito rápida do azul de metileno em 3 minutos, quando a atividade é moderada em 6 minutos a descoloração requer mais tempo, indicando que a atividade do fluido ruminal diminuiu (Dirksen, 1981).



O tempo de redução do azul de metileno (TRAM) é uma prova para verificar a atividade da flora bacteriana do líquido ruminal, sendo seu tempo de duração de 2 a 5 min. À maior atividade bacteriana correspondem valores mais baixos de TRAM (Lavezzo et al., 1998).

Ovinos em pastejo apresentam um maior tempo de TRAM em relação a ovinos recebendo dieta a base de concentrado, onde animais em pastejo o tempo de redução pode ser de 3 a 6 minutos e dietas ricas em concentrado pode chegar a 1 minuto. O potencial de redução do fluido ruminal é relativamente constante suas variações estão na dependência da atividade microflora anaeróbica do rúmen.

Lavezzo et al. (1998), avaliando o tempo de redução do azul de metileno, sobre a fermentação de ovinos alimentados com diferentes tipos de silagem de milho, observaram uma redução média de 6,27; 3,24; 3,60 e 4,85 minutos respectivamente para 0; 1; 3 e 6 horas após a alimentação. Isto reflete uma estimulação na fermentação ruminal, denunciada por um TRAM mais baixo, o que indica maior atividade bacteriana em relação ao tempos 0 e 6 horas pós-alimentação. No tempo 0 (jejum), ocorreu o maior TRAM, indicando, praticamente, ausência de atividade bacteriana.

Vieira et al. (2007), com o objetivo de estudar as características do fluido ruminal, usando o tempo de redução do azul de metileno em ovinos da raça Santa Inês, criados sob regime extensivo de pastagem nas épocas de inverno e verão. Observou a atividade microbiana avaliada pela TRAM foi intensa no inverno quando comparada àquela do verão. No verão, a baixa qualidade do pasto, maturação excessiva e o alto teor de fibras comprometeram de forma clara a atividade da microbiota ruminal, que levou maior tempo para reduzir o azul de metileno.

FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO RUMINAL

Os produtos gerados pela degradação dos componentes da dieta pelos microrganismos ruminais variam de acordo com o tipo de alimento. Ovinos que são alimentados exclusivamente com volumoso no cocho ou em pastagem apresentam uma dinâmica fermentativa diferente quando comparada a animais que recebem concentrado como fonte de nutrientes. A suplementação com concentrado protéico altera alguns



parâmetros ruminais como a concentração de compostos nitrogenados amoniacais (N-NH₃) e os ácidos graxos voláteis (AGV's) (Manella et al., 2003).

Os microrganismos do rúmen degradam as fontes proteicas produzindo o N-NH₃. A amônia ruminal é proveniente do nitrogênio não-protéico da dieta, da degradação da proteína verdadeira dietética e da reciclagem via saliva ou difusão pela parede ruminal; enquanto sua remoção pode ser realizada via incorporação em proteína microbiana, pela passagem ao trato posterior ou absorção ruminal (Van Soest, 1994).

A determinação das concentrações de amônia permite o conhecimento do desbalanceamento na digestão de proteína, pois, quando ocorrem altas concentrações de amônia, pode estar havendo excesso de proteína dietética degradada no rúmen e/ou, baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen (Ribeiro et al., 2001).

Batista et al. (2003), avaliaram a concentração de amônia em horas diferentes após a alimentação e encontraram diminuição linear, sendo maior nos animais que receberam a dieta com maior porcentagem de feno. É provável que a alta digestibilidade e a elevada taxa de digestão da palma forrageira tenham propiciado melhor equilíbrio energia: proteína nos tratamentos que continham esse ingrediente, resultando em menor concentração ruminal de NH₃ nos animais que receberam dietas com maiores níveis de palma. Estes níveis de amônia reduzidos podem ser devido a uma forma mais eficiente de utilização de N pelos microrganismos ruminais, quando a fração energética mais fermentável estava disponível (Casper et al., 1999).

Toit et al. (2006), avaliaram concentração de amônia em ovinos sobre a influência da fonte de fermentação alta e média e nível de suplementação de carboidratos na fermentação ruminal de ovinos alimentados com *Antriplex numulária*. A concentração de NH₃-N no rúmen das ovelhas controle variou entre 7,23-7,28 mg/100 mL. O nível relativamente mais elevado para o tratamento sem suplementação foi provavelmente devido à alta proporção de nitrogênio não protéico (NNP) existente no Atriplex. O alto grau de concentração de NH₃-N no rúmen foi registrado no nível de suplementação de 15% e sugeriram que este nível não forneceu energia suficientemente fermentáveis para os microorganismos ruminais utilizarem de forma satisfatória o NH₃-N (McDonald et al., 2002).



Bispo et al. (2007), como o objetivo de avaliar os efeitos da substituição parcial do feno de capim-elefante pela palma forrageira sobre a concentração de amônia em ovinos, concluíram que a concentração média de amônia, após a alimentação diminuiu linearmente, sendo maior nos animais que receberam a dieta com maior porcentagem de feno. Considerando que as dietas foram isoprotéicas, é provável que a alta digestibilidade e a elevada taxa de digestão da palma forrageira tenham propiciado melhor equilíbrio energia:proteína nos tratamentos que continham esse ingrediente, resultando em menor concentração ruminal de NH_3 nos animais que receberam dietas com maiores níveis de palma.

O nível ótimo de $\text{NH}_3\text{-N}$ no líquido ruminal para crescimento microbiano segundo Van Soest (1994), é de 10mg/100 mL de líquido ruminal.

As dietas a base de forragem são ricas em celulose, com um conteúdo intermediário em açúcares solúveis e pobres em amido. Com dietas ricas em amido pelo contrário, a população bacteriana é principalmente amilolítica. Os germes amilolíticos competem pelos carboidratos solúveis e pelos produtos da hidrólise de amido da hemicelulose (Owens & Goetsch, 1993).

Há também um aumento no crescimento microbiano (proteína microbiana) dentro do rúmen por conta da maior quantidade de Fibra em Detergente Neutro (FDN) contida nos alimentos volumosos. Segundo Russel et al. (1992), a produção de proteína microbiana depende do conteúdo do FDN dietético, quando o conteúdo de FDN da dieta é menor ou igual a 20% da matéria seca, a produção de proteína microbiana decresce 2,5% para cada 15 de decréscimo do FDN.

A maior produção de saliva, característica comum para ovinos alimentados em pastagem, também colabora com um maior crescimento de microrganismo, já que a saliva atua como um tamponante e fonte de alimento para os microrganismos ruminais. Segundo Owens & Goetsch (1993), as bactéria celulolíticas necessitam de íon bicarbonato, presente na saliva, para se multiplicar. Outra função da saliva para o microrganismo e no auxílio a fixação destes nas partículas do alimento.



PARÂMETROS DA FERMENTAÇÃO RUMINAL

Os mamíferos não possuem capacidade de digerir carboidratos estruturais complexos (celulose, hemicelulose e lignina) por não possuir enzimas específicas para quebra destes compostos, com isso os ruminantes desenvolveram uma simbiose com microrganismos onde eles conseguem aproveitar a fibra dietética através de processos fermentativos, onde o principal produto de interesse dos ruminantes são os ácidos graxos voláteis (AGV's) e também produtos indesejáveis como a formação de metano.

Segundo Owens & Goetsch (1993), com dietas baseadas em forragem, ovinos em pastejo, os AGV's proporcionam de 50 a 85% de energia metabolizável utilizada pelos ruminantes. Em animais mantidos em pastejo com uma dieta a base de volumoso as concentrações dos AGV's ficam em torno de 50 a 100 mmol/litro, comparado com dietas a base de concentrado onde a concentração pode chegar a 80 a 150 mmol/litro de líquido ruminal. A concentração em porcentagem dos AGV's chega 0,5 a 1,5% no líquido ruminal em dietas baseadas em volumosos. O acetato é o principal AGV presente, geralmente em maior concentração do que os outros. Propionato e butirato também estão presentes em quantidade consideráveis, embora suas quantidades possam variar de acordo com o alimento (Valadares Filho & Pina, 2006). Após a quebra dos carboidratos pelas enzimas das bactérias o primeiro composto formado, antes da produção dos AGV's, é o piruvato. A proporção de cada produto final vai depender do tipo de alimento, como dito anteriormente, das espécies de microrganismos envolvidas e do ambiente ruminal durante a fermentação.

Segundo Oliveira et al. (2007), parte dos monossacarídeos que entram na célula microbiana são utilizados em reações de síntese, principalmente de polímeros associados à parede celular. Entretanto, a maior parte deles, é fermentada pelas bactérias ruminais pela rota glicolítica de Embden-Meyerhof- Parnas. Está rota é considerada a forma mais comum de conversão de hexose-fosfato em piruvato utilizada pelos organismos vivos. Após a glicose ser fosforilada para glicose-6- fosfato, ao longo desta rota, a glicose fosforilada é isomerizada e clivada formando duas trioses-fosfato. Cada gliceraldeído-3-fosfato é, então, desidrogenado e desfosforilado até formar piruvato a partir do fosfoenolpiruvato. Neste processo dois ATPs são consumidos e quatro são formados.



Acetato

Segundo a NRC (2007), o perfil de produção de AGV's, resultando de proporções molares encontrados no rúmen varia em resposta à dieta. Desta forma o tipo de dieta (forragem vs concentrado) é um dos principais determinantes da população microbiana que será residente e afetará o perfil de AGV's em conformidade. No caso de uma dieta rica em forragem, um pH ruminal relativamente alto favorecerá a digestão da fibra pelas bactérias e a produção de acetato irá predominar.

O acetato é o principal AGV produzido pelas bactérias ruminais, podendo chegar a 75% do total de AGV's produzido quando a alimentação é a base de volumoso. A inibição da produção de acetato se dá pela morte de bactérias celulolíticas e protozoários, ambos os principais produtores de acetato. A morte de microrganismos produtores de acetato se dá por conta da queda do pH, ocasionada pela rápida fermentação de carboidratos não estruturais.

Segundo Antunes & Rodriguez (2006), a principal via bioquímica de produção do acetato pelos microrganismos ruminais envolve a conversão do piruvato a formato e acetil-Coenzima A pelo sistema enzimático da piruvato liase. O formato é convertido, posteriormente, a CO₂ e H₂ por outros microrganismos. Entre os produtos da fermentação ruminal, o acetato é o mais oxidado e sua formação determina o máximo de rendimento em ATP para a bactéria (Kozloski, 2009).

Quase todo o acetato é removido do rúmen ou omaso e é transportado para o fígado, através da veia porta hepática. Uma pequena porção de acetato é oxidado a dióxido de carbono dentro do epitélio ruminal. Somente o acetato é encontrado no sangue periférico em uma grande extensão. Uma pequena produção é removida pelo sangue portal para o fígado. O acetato que é removido é primeiramente para síntese de ácidos graxos de cadeia longa. E primariamente usado pelo músculo e tecido adiposo, quando ele é oxidado ou usado para síntese de ácido graxos, a glândula mamária é uma importante via de uso do acetato para síntese de gordura do leite. (NRC, 2007).

O acetato é a fonte de energia mais importante para ruminantes, além de ser o principal AGV, é o principal substrato utilizado para a lipogênese, que ocorre no tecido adiposo, por este conter quantidades satisfatória de acetil-CoA sintetase, esta enzima é



amplamente distribuída nos tecidos dos ruminantes, principalmente no tecido adiposo e na glândula mamária. Com isso a acetato é metabolizado, e posteriormente é convertido em acetil-coA.

Propionato

O propionato pode ser formado por duas rotas diferentes: a do succinato ou do acrilato. Muitas espécies bacterianas ruminais são hábeis em produzir succinato, mas somente algumas poucas descarboxilam succinato via succinil-Scoa. A formação de propionato pela rota do acrilato não envolve síntese de ATP (Kozloski, 2009). A primeira via envolve a formação do oxaloacetato e succinato (Figura 3), a segunda envolve a conversão do piruvato a lactato e esse última a acrilato.

O processo de absorção do propionato do rúmen é similar ao do acetato como descrito anteriormente. Porém o processo metabólico é diferente, é extensivamente metabolizado no fígado, onde é o principal substrato gliconeogênico dos ruminantes (Bergman, 1990; NRC, 2007).

Butirato

Muitas espécies bacterianas produzem butirato, mas existem algumas bactérias ruminais que são especialmente produtoras deste AGV, nestas a síntese não é influenciada pela pressão de H₂ (Kozloski, 2009).

Leng, (1970) apud Antunes & Rodriguez (2006), cita que a síntese do butirato pode ocorrer no rúmen a partir do acetato ou de outros compostos que resultam em acetil-CoA, como o piruvato ou glutamato. Tem sido descritas duas vias de síntese de butirato no rúmen. A via mais importante é o inverso da β - oxidação em que são utilizadas duas moléculas de acetato. A outra via, o malonil-CoA, combina-se com o acetil-CoA que, posteriormente, é reduzido ate butirato pela via do crotonil-CoA.

Semelhante ao acetato, embora presentes em quantidades muito menores, qualquer quantidade de butirato na circulação periférica é, ou oxidado ou contribui para a síntese de ácidos graxos.

Relling et al. (2001), avaliaram o valor nutritivo de *Panicum maximum* cv. Gatton para os parâmetros fermentativos na produção de ovinos em três diferentes



épocas e em três diferentes estágios de maturidade da gramínea. O Pastoreio em pastagens mais madura resultou em níveis mais elevados na relação acetato: propionato, indicando que um pasto mais maduro está associado com material de qualidade inferior. Esta tendência foi observada em todas as estações. A produção de ácidos graxos voláteis totais diminui com o avanço da idade da planta, resultando em menor energia para o hospedeiro. As Proporções de propionato também diminuíram quando a gramínea amadureceu durante o verão e outono. A alta proporção de propionato está associada com alta qualidade de material vegetal. Com base nos parâmetros fermentativos pode-se afirmar que a maior maturidade da pastagem teve um efeito negativo sobre o valor nutricional do *P. maximum* cv. Gatton, indicando que essa forrageira seria mais bem utilizada em estágios mais jovens de desenvolvimento.

Van Niekerk et al. (2002), avaliaram os efeitos do estágio de maturação e o nível de fertilização do nitrogênio (N) em pastos de *Panicum maximum* cv. Gatton na fermentação ruminal em ovelhas a pasto. O pastoreio em pastagens mais madura resultou em um menor conteúdo no rúmen de ácidos graxos voláteis, 16,7 e 12,3 mmol/100ml de líquido ruminal, respectivamente para pastagem em estado vegetativo e final da floração, adubadas com 150 kgN/ha, concentrações mais elevadas da relação acetato:propionato. A fertilização de N aumentou os níveis de NH₃-N no rúmen, com tendência para aumentar a concentração de AGV's e diminuir a relação acetato:propionato. A qualidade da forragem está correlacionada com uma menor proporção de acetato em relação à de propionato. De acordo com Van Soest (1994), altos níveis de propionato, que será utilizado na gliconeogênese, resultam em um efeito poupador de aminoácidos glicogênicos. A diminuição significativa na proporção de acetato para propionato com o *P. maximum* cv. Gatton no final da floração para a 75 kg N/ha, neste experimento, indicou ser um pasto de qualidade inferior, onde a concentração de AGV's foi de 12,5mmol/100ml e a relação acetato:propionato foi de 4,7, sendo estes resultados os mais inferiores. Os autores concluíram que, as concentrações ruminal de AGV's diminuíram à medida que o pasto amadurecia. A proporção entre o propionato e acetato foi melhor nas plantas mais jovens e com maior nível de adubação.



Bhatta et al. (2005b), avaliaram os efeitos da suplementação com folhas de diferentes árvores (*Ailanthes excelsa*, *Azardirachta indica* e *Bauhinia racemosa*) na fermentação ruminal, onde a *Azardirachta indica* e *Bauhinia racemosa* apresentava teores consideráveis de taninos. Os menores valores de AGVs totais encontrados para *Azardirachta indicam* e *Bauhinia racemosa* pode ser atribuído aos maiores valores de tanino presente na planta. Os taninos, assim com a cutina e lignina são compostos fenólicos que atuam na proteção da parede celular, conferindo menor digestibilidade.

Os compostos fenólicos podem atuar negativamente na digestão da parede celular pelos microrganismos (Nussio *et al.*, 2006). Desta forma ocorre uma menor ação dos microrganismos as partículas do alimento, resultando em uma menor produção de ácidos graxos voláteis. Os taninos inibem principalmente as bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais (Kamra, 2005).

Metano

A implementação de práticas de manejo em pastos visando melhorar a produtividade animal, como a redução da emissão de metano, é de grande relevância para os sistemas de produção animal e preservação do meio ambiente (Possenti *et al.*, 2008). Além do metano contribuir para o aquecimento global pelo efeito estufa, também é um desperdício de energia para o ruminante, onde pode chegar de 6 a 17% da perda da energia digestível (10 a 20% energia bruta).

A produção de metano no rúmen tem grande efeito sobre os produtos finais da fermentação, no desvio de energia do ruminante par produção de metano, como também sobre a produção de ATP. As bactérias metanogênicas estão envolvidas na produção de hidrogênio e na redução de dióxido de carbono. O formato, produto do piruvato, também serve como substratos das metanogênicas ruminais, mas, grande parte do formato é transformado em hidrogênio e dióxido de carbono. Outros substratos utilizados em pequenas quantidades são: o acetato, pequenos alcoóis e pectina (Kozloski, 2009).

Nenhuma das bactérias e protozoários que fermentam carboidratos produzem metano, mas muitos deles produzem formato, H₂ e CO₂ como produtos finais. Espécies de bactérias metanogênicas podem transformar H₂ e CO₂ em metano. O formato é



convertido em H₂ e CO₂ pelas bactérias metanogênicas, sendo essa síntese um mecanismo gerador de energia para as bactérias (Valadares Filho & Pina, 2006).

Para reduzir as perdas pode-se fazer uso dos ionóforos, que são um tipo de antibiótico que, seletivamente, deprime ou inibe o crescimento de microrganismos do rúmen, principalmente as celulolíticas e metanogênicas. A manipulação da fermentação ruminal tem como principais objetivos aumentar a formação de ácido propiônico e diminuir a formação de metano.

Com a destruição ou inativação das bactérias fibrolíticas, pelo uso de ionóforos, há uma redução na degradação da fibra reduzindo a produção de CO₂ e H₂.

Li et al. (2010), avaliaram a produção de metano em animais que consumiram uma mistura de forragem e concentrado 50:50, e um suplemento do 2% do peso corporal. A digestibilidade da matéria seca foi de 70,9%, e a média da produção de gás CH₄ foi de 11,6 g/dia a qual foi calculada por 24,7 g/kg do consumo de matéria seca. A produção de metano pode chegar a níveis maiores em dietas onde os animais consomem 100% de volumoso.

Ovinos mantidos em sistema de pastejo apresentam uma maior produção de metano por conta de uma maior atividade das bactérias fibrolíticas, que produzem H₂ e CO₂. Aumentando-se a quantidade de carboidratos solúveis na dieta, altera-se a proporção acetato/propionato e portando diminui a produção de H₂, devido a baixa produção destes pelas bactérias amilolíticas e também devido a baixa tolerância as bactérias metanogênicas ao pH baixo, ocasionado pela mudança da dieta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características do ambiente ruminal como osmolaridade, pH, temperatura e potencial redox, são de extrema importância para a manutenção da flora microbiana, já que este é o principal agente fermentador do rúmen. Quando o ambiente ruminal encontra-se em desequilíbrio ocorre morte destes microrganismos havendo deficiência na fermentação e perda de energia para o ruminante.

Para ovinos em pastejo o pH e a osmolaridade são as características mais importantes do ambiente ruminal. Onde valores fora do ótimo causam redução na fermentação de um determinado substrato.



A dieta é o principal fator que determina o tipo de fermentação predominante. A dieta seleciona indiretamente os microrganismos ruminais por meio de fatores com redução ou elevação de pH, concentração de compostos nitrogenados amoniacais (N-NH₃) e os ácidos graxos voláteis (AGV's). Ovinos em pastejo têm uma dieta rica em celulose, com um conteúdo intermediário em açúcares solúveis e pobre em amido. A dieta também atua no crescimento microbiano (proteína microbiana) dentro do rúmen por conta da maior quantidade de Fibra em Detergente Neutro (FDN) contida nos alimentos volumosos.

Ovinos mantidos em pastejo apresentam de modo geral uma produção menor de AGV's e uma maior relação entre acetato/propionato, por conta do menor teor de carboidratos não estruturais. Alimento a base de volumoso aumenta a produção de metano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N, M. Metabolismos dos carboidratos não estruturais. IN: Berchielle, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p

BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; OLALQUIAGA PEREZ, J.R. Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 4, 1316-1324, 2001.

BATISTA, A.M.; MUSTAFA, A.F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, p.440-445, 2003.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. DE A.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, Â. M. V.; 3,4, PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-



elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.6, p.1902-1909. 2007.

BHATTA, R.; VAITHIYANATHAN, S.; SINGH, N.P.; SHINDE, A.K.; VERMA, D.L. Effect of feeding tree leaves as supplements on the nutrient digestion and rumen fermentation pattern in sheep grazing on semi-arid range of India – I. **Small Ruminant Research** 60, 273–280. 2005a.

BHATTA, R.; VAITHIYANATHAN, S.; SINGH, N.P.; SHINDE, A.K.; VERMA, D.L. Effect of tree leaf as supplementation on nutrient digestion and rumen fermentation pattern in sheep grazing semi-arid range of India – II. **Small Ruminant Research** 60, 281–288. 2005b.

CARVALHO, D. M. G. DE; CABRAL, L. DA S.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ARNOLDO, T. L. Q.; BENATTI, J. M. B.; KOSCHECK, J. F. W.; PIONA, M. N. M.; OLIVEIRA, A. A. DE. Suplementos para ovinos mantidos em pastos de capim-marandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.2, p.196-204. 2011.

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; MCDOWELL, L. R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte – MG: 2º ed, 2005. 427p.

CASPER, D.P.; MAIGA, H.A.; BROUK, M.J.; SCHINGOETHE, D.J. Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rates in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 82, 1779-1790. 1999.

CHURCH, D.C. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**. Vol. 1 - Digestive Physiology. 3. ed. Oxford Press Inc. 1979. 350p.

DIRKSEN G. **Indigestiones en el bovino**, Schnetztor-Verlag, Konstanz. 1981.76 pp.



FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. DE. Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal. IN: BERCHIELLE, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

HOMEM JÚNIOR, A. C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R.; OLIVEIRA, P.S.N.; D'AUREA, A.P.; SANTOS, V.C.; GONÇALVES, J.S. Fermentação ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura protegida. **Arquivos Brasileiro Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.62, n.1, p.144-153. 2010.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2755-2766. 1986.

KAMRA, D.N. Rumen Microbial Ecosystem. **Current Science**, v.89, n.1, p. 124-134, 2005.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2 ed. Santa Maria: UFSM. 2009. 214p.

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal**. 1 ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 2005. 343p.

LAVEZZO, O. E. N. M.; LAVEZZO, W.; WECHSLER, F. S. Estádio de Desenvolvimento do Milho. 3. Avaliação de Silagens por Intermédio de Parâmetros de Fermentação Ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.171-178. 1998.

LI, D. H.; KIM, B. G.; LEE, S. R. A respiration-metabolism chamber system for measuring gas emission and nutrient digestibility in small ruminant animals. **Revista Colombiana Ciencia e Pecuaria**, vol.23 no.4 Medellín Oct./Dec. 2010.

MANELLA, M. DE 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*. Características de Fermentação Ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1002-1012. 2003.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A. **Animal Nutrition**. (6th ed.) Adison Wesley. Publ. Longman, Singapore Ltd. 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 362p.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. IN: BERCHIELLE, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

OLIVEIRA, J. S. DE.; ZANINE, A. DE M.; SANTOS, E. M. Processo fermentativo, digestivo e fatores antinutricionais de nutrientes para ruminantes. REDVET. **Revista eletrônica de Veterinária**. 1695-7504, Volumen VIII Número 2. 2007.

ØRSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Dairy Science**, 63(5):1624-1633. 1986.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. FERMENTACIÓN RUMINAL. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **El rumiante fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1993. p.159-190.

RELLING, E. A.; VAN NIEKERK, W. A.; COERTZE, R. J.; RETHMAN, N. F.G. An evaluation of *Panicum maximum* cv. Gatton: 2. The influence of stage of maturity on diet selection, intake and rumen fermentation in sheep. **South African Journal of Animal Science**, 31(2). 2001.

RIBEIRO, K.G.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. DE C.; CECON, P. R. Consumo e digestibilidades aparentes total e parcial, de nutrientes, em



bovinos recebendo rações contendo feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.533-540. 2001.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561. 1992.

SILVA, N. S.; SILVEIRA, J. A. S.; CAMPOS, K. F.; SOUSA, M. G. S.; LOPES, C. T. A.; OLIVEIRA, C. M. C.; DUARTE, M. D. BARBOSA, J. D. Acidose ruminal em ovinos, diagnosticada pela central de diagnóstico veterinário (CEDIVET) da Universidade federal do Pará, no período de 2000 a 2008. *Ciência Animal Brasileira – Suplemento 1*, – **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Buiatria**. 2009.

TOIT, C.J.L. DU; VAN NIEKERK, W.A.; HASSEN, A.; RETHMAN, N.F.G.; COERTZE, R.J. Fermentation in the rumen of sheep fed Atriplex nummularia cv. De Kock supplemented with incremental levels of barley and maize grain. **South African Journal of Animal Science**, 36 (Issue 5, Supplement 1). 2006.

VAN NIEKERK, W.A.; TAUTE, A.; COERTZE, R.J. An evaluation of nitrogen fertilised Panicum maximum cv. Gatton at different stages of maturity during autumn: 2. Diet selection, intake, rumen fermentation and partial digestion by sheep. **South African Journal of Animal Science**, 32 (3). 2002.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant** (2nd ed.). Cornell University Press, Ithaca, New York. 1994. p 476.

VALADARES FILHO, S. DE C.; PINA, D. DOS S. Fermentação Ruminal. IN: BERCHIELLE, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.



VIEIRA, A. C. S.; AFONSO, J. A. B.; MENDONÇA, C. L. Características do fluído ruminal de ovinos Santa Inês criados extensivamente em Pernambuco. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 27(3):110-114, 2007.

