LIMA, R.N. et al. Utilização de aditivos na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 24, Ed. 247, Art. 1633, Dezembro, 2013.



# PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

# Utilização de aditivos na alimentação de ruminantes

Renata Nayhara de Lima<sup>1</sup>, Kátia Tatiana de Lima Lopes<sup>2</sup>, Andrezza Kyarelle Bezerra de Moura<sup>2</sup>, Jacinara Hody Gurgel Morais<sup>1</sup>, Maria Vivianne Freitas Gomes de Miranda<sup>2</sup>, Patrícia de Oliveira Lima<sup>3</sup>

#### Resumo

Os aditivos têm por função preservar as características nutricionais das rações, aumentar a ingestão de alimento e facilitar o crescimento dos animais. No entanto o uso de aditivos alimentares ainda é muito rodeado de preconceitos, por obter substâncias pouco comuns. Contudo, com o aumento na produção de produtos de origem animal tem aumentado também, a busca por incrementos produtivos, melhores eficiências alimentares e redução de custos com alimentação, esses são os grandes objetivos para a pecuária brasileira. O uso de aditivos em rações concentradas e suplementos protéicos/energéticos constituí um fator de grande importância na nutrição dos animais, pois este tipo de tecnologia proporciona melhora na qualidade destes alimentos além de incrementar a conversão alimentar e, conseqüentemente, aumento nas taxas

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – UFERSA

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – UFERSA

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Professora Adjunta – Departamento de Ciências Animais – UFERSA

produtivas, seja na pecuária de corte ou leite. O beneficio do uso de muitos aditivos são comprovados e reputáveis, mas ainda existe uma gama de aditivos a serem testados e descobertos.

#### Use of additives in ruminants feed

#### **Abstract**

The additives have the function to preserve the nutritional characteristics of the feed, increase food intake and facilitate the growth of the animals. However the use of food additives is still much surrounded with prejudices, by getting unusual substances. However, with the increase in the production of animal products has also increased, the search for productive increments, improved efficiencies food and reduced food for costs, these are the major goals for Brazilian cattle. The use of additives in concentrated feed and protein supplements / energy constitutes a factor of great importance in the nutrition of animals, as this type of technology provides improved quality of these foods besides increasing feed conversion and, consequently, an increase in production rates, is in beef or milk. The benefits of using many additives are proven and reputable, but there is still a range of additives to be tested and discovered.

# INTRODUÇÃO

Um dos métodos para reduzir o custo com alimentação na produção animal, é através do uso de aditivos alimentares. Aditivo pelo "Decreto 76.986 de 06 de janeiro de 1976" é: "Substância intencionalmente adicionada ao alimento, com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo, como os antibióticos, corantes, conservantes, antioxidantes entre outros" (OLIVEIRA et al., 2005). No ecossistema anaeróbio do

rúmen os microrganismos fermentam carboidratos e proteína para obterem nutrientes necessários para seu crescimento. Muitos dos produtos finais dessa fermentação, como os ácidos graxos voláteis e a proteína microbiana, são as principais fontes de nutrientes (energia e nitrogênio) para o ruminante. Em contrapartida, outros produtos da fermentação, como calor, metano e amônia, representam perdas de energia e proteína do alimento para o ambiente (RIBEIRO JUNIOR et al., 2011).

Alterações da dieta ou dos níveis de ingestão de alimentos afetam a quantidade de metano produzido no rúmen e os fatores envolvidos incluem ingestão de alimento, tipo e quantidade de carboidrato na dieta, processamento da forragem, adição de lipídios e manipulação da microflora ruminal (JOHNSON & JOHNSON, 1995). O metano além de ser diretamente relacionado com eficiência da fermentação ruminal e, conseqüente perda de energia nos sistemas de produção, se caracteriza como um importante gás de efeito estufa, contribuindo com cerca de 15% do aquecimento global (COTTON & PIELKE, 1995). Deve-se considerar que os ruminantes respondem pela produção de 22% desse gás (USEPA, 2000), conseqüentemente 3,3% do aquecimento global é devido à produção de metano pelos ruminantes.

Em relação aos compostos nitrogenados, pesquisas consideram que em rebanhos leiteiros de 20 a 30% do nitrogênio consumido diariamente se encontra na proteína do leite e na carne produzida, sendo o restante excretado nas fezes e urina (OENEMA et al., 2001). A máxima eficiência possível varia com a espécie animal, idade, estágio de lactação, etc, sendo o limite teórico aproximadamente 50% (ROTZ, 2004).

A redução na eliminação desses produtos tem concentrado os esforços dos pesquisadores mundiais, propiciando além do aumento na eficiência de conversão dos nutrientes consumidos em produtos consumíveis (carne e leite), redução no impacto dos sistemas de produção no ambiente. A manipulação ruminal através

de substâncias introduzidas na ração, ou naturalmente presentes nos alimentos tem oferecido alternativas para aumentar a eficiência de utilização das dietas consumidas pelos ruminantes (RIBEIRO JUNIOR et al., 2011).

Em termos simplificados, os principais objetivos da manipulação ruminal seriam: (1) melhorar os processos benéficos, (2) minimizar, eliminar ou alterar os processos prejudiciais ao animal hospedeiro. Exemplos de processos cuja maximização seria válida em todas as circunstâncias são: a degradação da fibra, fermentação do lactato e conversão de compostos nitrogenados não protéicos em proteína microbiana, enquanto os processos que deveriam ser minimizados incluem a produção de metano, degradação da proteína e absorção de amônia (NAGARAJA et al., 1997).

Os resultados dessas pesquisas evidenciam que há uma grande variedade de aditivos alimentares com potencial para influenciar alguns componentes do metabolismo do rúmen, incluindo inibidores da produção de metano, da deaminação, antibióticos, agentes defaunantes, proteólise, enzimas microbianas, alimentação com ácidos graxos e lipídios, agentes tamponantes e saliva artificial, aumento na produção de propionato pela ação de ionóforos, probióticos, aditivos microbianos e surfactantes não-iônicos. Além dos aditivos utilizados diretamente na alimentação, têm-se aqueles empregados na produção de alimentos conservados, como na ensilagem e fenação, os quais promovem melhoria na qualidade da forragem conservada, afetando assim os processos de ingestão, digestão e absorção de nutrientes (REIS et al., 2006). Os principais aditivos, com efeito, no metabolismo do N, da energia e da fermentação ruminal serão discutidos nessa revisão.

## 1. Ionóforos

Os ionóforos, principalmente a monensina são provavelmente os aditivos mais pesquisados em dietas de ruminantes, nos Estados Unidos o uso deste composto em dietas para gado de corte confinado ocorre desde 1976 e em animais em pastejo desde 1978. Atualmente, são conhecidos mais de 120 tipos de ionóforos resultantes da fermentação de vários tipos de actinomicetos, produzidos principalmente por bactérias do gênero *Streptomyces*, mas somente a monensina, lasalocida, salinomicina e laidlomicina propionato são aprovados para uso em dietas de ruminantes (NAGARAJA et al., 1997).

A ação dos ionóforos no rúmen ocorre pelas mudanças na população microbiana, selecionando as bactérias gram-negativas produtoras de ácido succínico e propiônico ou que fermentam ácido láctico e inibindo as gram-positivas produtoras de ácidos: acético, butírico, láctico e H<sub>2</sub>. Em função da característica de ação dos ionóforos sobre a população microbiana, os benefícios de sua ação biológica podem ser classificados em 3 áreas: 1) aumento da eficiência do metabolismo da energia das bactérias ruminais e/ou do animal, alterando a proporção dos ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen e diminuindo a produção de metano; 2) melhoria do metabolismo do N pelas bactérias ruminais e/ou do animal, diminuindo a absorção de amônia e aumentando a quantidade de proteína de origem alimentar que chega ao intestino delgado; 3) diminuição das desordens resultantes da fermentação anormal no rúmen, como acidose, timpanismo e coccidiose H<sub>2</sub> (MORAIS et al., 2006).

# 1.1 Mecanismo de ação dos ionóforos

A utilização de aditivos dietéticos para ruminantes objetiva a manipulação da fermentação ruminal para aumentar a formação de ácido propiônico, diminuir a formação de metano (responsável pela perda de 2% a 12% da energia do alimento) e reduzir a proteólise e desaminação da proteína dietética no rúmen. Os ionóforos são antibióticos que deprimem ou inibem seletivamente o crescimento de microrganismos do rúmen. Eles são produzidos por diversas linhagens de *Streptomyces* e foram inicialmente utilizados como coccidiostáticos para aves, mas a partir da década de 1970 começaram a ser utilizados na dieta de ruminantes (NICODEMO, 2002).

Os ionóforos mais utilizados são monensina, lasalocida, salinomicina e lisocelin. A monensina sódica é o aditivo mais usado na pecuária brasileira. A molécula de monensina é um poliéter carboxílico produzido por uma cepa de bactéria *Streptomyces cinnamonensis*. Já lasalocida sódica é produzida pelo *Streptomyces lasaliensis*. A lasolacida e a monensina têm sido utilizadas no Brasil como promotor de crescimento em confinamento porque aumentam a eficiência e/ou a taxa de ganho de peso vivo. Na Tabela 1 são apresentados alguns exemplos de ionóforos mais utilizados como aditivos na alimentação de ruminantes (SALMAN et al., 2006).

Tabela 1 - Principais ionóforos utilizados na alimentação de ruminantes

Drogas	Sintetizado por:
Monensina	S. cinnamonenesis
Lasalocida	S. lasaliensis
Salinomicina	S. albus
Narasina	S.aureofaciens

Fonte: SALMAN, 2006.

As bactérias ruminais gram-negativas são mais resistentes aos ionóforos que as gram-positivas, uma vez que a maioria dos ionóforos não passam através da membrana celular, tornando as células da bactérias gram-negativas impermeáveis a esses compostos. Por outro lado, as bactérias gram-positivas possuem apenas uma membrana porosa que não impede a ação da monensina (REIS et al., 2006).

O mecanismo de ação dos ionóforos sobre as bactérias ruminais está relacionado com fatores de resistência presentes na estrutura da parede celular, e esta é responsável por regular o balanço químico entre o meio interno e externo da célula, sendo este equilíbrio mantido por um mecanismo chamado de bomba iônica. O ionóforo, ao se ligar ao cátion de maior afinidade, transporta-o através da membrana celular para dentro da bactéria. E esta, por meio do mecanismo da bomba iônica, na tentativa de manter sua osmolalidade, utiliza sua energia, de forma excessiva, até deprimir as suas reservas, o que afeta o crescimento das bactérias gram-positivas e favorece o das bactérias gram-negativas (RANGEL et al., 2008).

Como consequência, a bomba iônica não opera eficientemente, provocando um desequilíbrio e devido a uma maior concentração de cátions dentro da célula, ocorre aumento da pressão osmótica, a água penetra em excesso e com isso a célula "incha" tendendo a romper-se (BARRAGRY, 1994). Desse modo, as bactérias acabam morrendo ou assumem um nicho microbiano sem expressão ruminal.

Como dito anteriormente, a resistência das bactérias gram-negativas aos ionóforos parece estar relacionada à presença de uma segunda membrana que é impermeável a grandes partículas. No entanto, os ionóforos podem aumentar o fluxo de íons em algumas bactérias gram-negativas que se comportam como gram-positivas, principalmente em altas concentrações de ionóforos. Além disso, com o passar do tempo, bactérias originalmente resistentes aos ionóforos podem

tornar-se sensíveis e certas bactérias sensíveis podem desenvolver resistência aos ionóforos. Em culturas puras os fungos ruminais parecem ser sensíveis aos ionóforos, com o grau de sensibilidade dependente da espécie do organismo testado. Resultados de estudo in vivo, evidenciam que espécies e cepas também diferem em sensibilidade aos ionóforos. Tem sido observado in vivo que protozoários do rúmen são sensíveis a monensina, mas o grau de sensibilidade pode variar com a espécie de protozoário (REIS et al., 2006).

# 1.2 Efeito dos ionóforos na fermentação ruminal

Bactérias que produzem ácido lático, acético, butírico, fórmico e hidrogênio como principal produto final são suscetíveis aos ionóforos, enquanto que as produtoras de ácido succínico e propiônico e aquelas que fermentam lactato são resistentes (REIS et al.,2006). Segundo Dawson & Boling (1983) determinaram o número de bactérias totais e resistentes a monensina no rúmen de bezerros alimentados com dietas com e sem monensina. O número total de bactérias não diferiu quando a monensina foi adicionada a dieta. No entanto, 63,6% da população nos animais suplementados com monensina foram resistentes a esse composto, comparado com 32,8% nos animais não-suplementados.

Como resultado dessa alteração na população microbiana há uma mudança também nos produtos finais da fermentação, em geral com uma menor relação acetato:propionato. Rogers et al. (1997) observaram que a relação acetato:propionato diminuiu em média 65 a 72% quando monensina foi adicionada a dieta. Após a retirada da monensina, a relação retornou aos valores pré-adição. Em geral, a produção total de ácidos graxos voláteis é pouco afetada, mas se observa significativa alteração nas proporções relativas dos ácidos graxos voláteis.

Enquanto as concentrações de ácido acético e butírico diminuem ou se mantém, a de ácido propiônico aumenta significativamente em resposta ao aditivo. A intensidade desses efeitos é dependente do tipo de dieta e do nível de suplementação com monensina (REIS et al., 2006). Apesar de Nagaraja et al. (1997) sugerirem que a magnitude de aumento na proporção de ácido propiônico é inversamente relacionada à densidade energética da dieta, vários estudos têm demonstrado que a suplementação com monensina provoca maior mudança na proporção de ácidos graxos voláteis, principalmente do ácido propiônico, no rúmen de animais alimentados com dietas concentradas do que volumosas. Isso pode ser explicado pela diferença na população microbiana predominante no rúmen.

Hungate (1966) constatou que o rúmen de animais alimentados com feno ou rações à base de volumoso são compostas principalmente de organismos gramnegativos, enquanto que em animais alimentados com dietas a base de grãos há maior número de organismos gram-positivos. Dessa forma, espera-se maior efeito dos ionóforos em dietas com maior participação de concentrado do que em dietas com mais volumoso, uma vez que os ionóforos atuam principalmente sobre os microrganismos gram-positivos.

Rodrigues (1996), utilizando lasalocida em dietas com proporções volumoso/concentrado diferentes (70:30 e 40:60) relatou que os maiores efeitos do ionóforo sobre o aumento da proporção molar de propionato, ocorreram quando os animais receberam maiores quantidades de concentrado.

Experimentos in vitro e in vivo indicam que a monensina diminui a produção de metano. Média de seis estudos indicou que a monensina pode diminuir a emissão de metano em 25% (VAN NEVEL & DEMEYER, 1995a), e segundo Rumpler et al.(1986) pode variar de 4 a 31%.

Em adição, 55% da redução na emissão de metano com a suplementação de monensina é atribuída à redução no consumo de alimento e os 45% restante, é

devido a efeitos específicos na fermentação ruminal (O'KELLY & SPIERS, 1992). A diminuição na produção de metano observada na presença de ionóforo também pode estar associada à inibição no crescimento de protozoários, que conhecidamente produzem H<sub>2</sub> e são colonizados por bactérias que produzem metano (McALLISTER et al., 1996). No entanto, a diminuição na população de protozoários tem sido apenas temporária. Com a suplementação contínua de ionóforos a população de protozoários retornou aos níveis pré-suplementação (DENNIS et al., 1986), sugerindo seleção da população no rúmen resistente aos ionóforos.

Outros estudos sugerem que a redução na produção de metano se manteve por períodos maiores (40-240 dias) de suplementação com ionóforos (ROGERS et al., 1997). De acordo com Sauer et al. (1998), vacas em lactação que nunca haviam sido suplementadas com monensina, tiveram redução na produção de metano de 10% a 21% ao longo de 65 dias de suplementação com monensina. Após 161 dias sem suplementação, os mesmos animais receberam novamente monensina e observou-se pequenos efeitos na produção de metano, de +1% a -11%. Esse mesmo comportamento foi observado na produção de leite, consumo de alimento, gordura do leite, relação dos ácidos graxos voláteis e composição dos ácidos graxos do leite. Os autores relacionam esses resultados a possíveis mudanças adaptativas da microflora ruminal a monensina ao longo do tempo.

A adaptação dos microrganismos ruminais pode depender do tipo de dieta (O'KELLY & SPIERS, 1992). Quando os animais foram alimentados com dietas à base de concentrado, a produção de metano retornou ao nível inicial, 16 dias após o início da suplementação com monensina (RUMPLER et al, 1986). Em comparação, após 54 dias de suplementação com monensina para bezerros alimentados com feno de alfafa "ad libitum", a produção de metano foi 25,6% menor do que nos bezerros não suplementados, sugerindo menor adaptação dos

microrganismos quando monensina foi fornecida em dietas a base de forragem (O'KELLY & SPIERS, 1992).

Alguns estudos Galyean & Hubbert (1989), sugerem que a suplementação alternada, diariamente ou semanalmente, de ionóforos (monensina e lasalocida ou monensina e salinomicina) pode aumentar o desempenho de bovinos confinados mais do que a suplementação contínua com um único ionóforo. Mecanismos como não adaptação microbiana e efeitos diretos dos ionóforos no metabolismo tecidual estariam envolvidos nessa resposta. No entanto, outros estudos não demonstraram benefício da rotação de ionóforos sobre o uso ininterrupto de um único ionóforo (PORDOMINGO et al., 1999a, b).

Nesses estudos constatou-se também que uma maior proporção da proteína verdadeira da dieta pode escapar do rúmen quando monensina é adicionada à dieta, com um aumento na digestibilidade total do N e na proporção do N consumido que foi retido. Como mencionado anteriormente, a monensina parece ter efeito negativo sobre a população de protozoários do rúmen. Esse fato tem implicação direta sobre a população de bactérias, uma vez que os protozoários são importantes organismos predadores de bactéria. Contudo, diminuindo a atividade protozoária, possivelmente ocorrerá aumento na população de bactérias, aumento na atividade fermentativa e aumento no fluxo de proteína bacteriana para o duodeno. No entanto, deve-se considerar que os protozoários também demonstraram resistência a monensina após longo período de suplementação (REIS et al., 2006).

## 1.3 Efeito dos ionóforos no consumo de alimento e desempenho animal

A inclusão de ionóforos na dieta tem aumentado a eficiência alimentar, enquanto os efeitos no ganho de peso e no consumo de alimento tem sido variáveis. Em animais alimentados com dietas com maior proporção de

concentrado, geralmente observa-se redução no consumo de alimento, aumento ou não no ganho de peso e aumento na eficiência alimentar (consumo/ganho). Todavia, em animais a pasto, a monensina não reduz o consumo de alimento e o ganho de peso é aumentado, também como consequência de um aumento na eficiência alimentar (FERREIRA, 2011).

A redução ou modulação do consumo de alimento tem sido observada, principalmente com monensina, enquanto outros ionóforos como lasalocida, salinomicina, laidlomicina propionato, geralmente não afetam ou podem aumentar o consumo de alimento (OLIVEIRA et al., 2005).

O efeito negativo da monensina no consumo de alimento levou o NRC (1996) a recomendar que o consumo de matéria seca estimado seja diminuído em 4% quando se procede a suplementação com 27,5 a 33 ppm de monensina. Os mecanismos de redução do consumo de alimento quando se utiliza monensina não são bem entendidos.

Em média, recomenda-se para bovinos, 33 ppm ou 200 mg/dia de monensina como dose ótima para a obtenção da melhor resposta no desempenho de acordo com Goodrich et al (1984), na eficiência alimentar segundo Potter et al. (1976), no padrão de fermentação ruminal segundo Raun et al.(1976), menor produção de metano O'Kelly & Spiers (1992) e menor incidência de timpanismo (MAY, 1990).

A melhora na eficiência alimentar ocorre devido ao aumento na proporção de propionato em relação ao acetato, depressão na produção de metano e na degradação da proteína da dieta (REIS et al., 2006). De acordo com Nagaraja et al. (1997), a monensina aumenta a eficiência energética animal em torno de 5%, em virtude da maior produção de propionato, menor formação de metano e aumento na energia retida.

No Brasil, Salles & Lucci (2000a, b) relataram que a adição de monensina melhorou as condições ruminais de bezerros da raça Holandesa alimentados com

dietas com maior proporção de concentrado, em termos de pH, amônia e ácidos graxos voláteis, proporcionando aumento na digestibilidade do alimento e maior quantidade de nutrientes a ser disponibilizado para o animal. Isso refletiu positivamente no ganho de peso dos animais, com melhores resultados nos parâmetros de carcaça e maior benefício econômico.

Frizzo et al. (2000) avaliaram o efeito da adição de monensina (150mg/animal/dia) em dois níveis de suplementação energética (0,75 e 1,4% do peso vivo) na recria de bezerras mantidas em pastagem de aveia mais azevém e obtiveram resultados expressivos apenas com o nível de suplementação de 1,4%, onde a inclusão de monensina aumentou o ganho de peso em 9,59%, a carga animal em 19,21% e o ganho de peso por hectare em 11,31%.

## 1.4 Controle de distúrbios nutricionais

Certas doenças como acidose, cetose e timpanismo são causadas por distúrbios na fermentação ruminal. No entanto, esses sintomas são atenuados quando ionóforos são fornecidos aos animais, uma vez que eles influenciam no consumo de alimentos, na flora microbiana ruminal e conseqüentemente, nos produtos finais da fermentação (McGUFFEY et al., 2001).

A acidose ruminal, normalmente é associada com aumento de lactato, ácido dez vezes mais forte que outros ácidos graxos voláteis. Devido à ação sobre as bactérias produtoras de lactato os ionóforos têm sido utilizados para reduzir problemas de acidose. A acidose clínica causa severa indigestão, ulceração do rúmen, abscesso no fígado e ainda pode levar o animal à morte. No entanto, os maiores problemas estão relacionados com a acidose subclínica, uma vez que os sintomas são mais difíceis de serem percebidos, havendo redução do consumo e indiretamente diminuição no ganho de peso diário e eficiência alimentar (REIS et al., 2006).

Durante o período em que os ruminantes encontram-se em balanço energético negativo, tentam suprir seus requerimentos de energia através da mobilização de gordura. Os tecidos adiposos liberam ácidos graxos não-esterificados no sangue, podendo ser oxidados, metabolizados até a formação de corpos cetônicos. Esses processos são característicos de acetonemia. O aumento na produção de ácido propiônico, principal precursor da gliconeogênese, pela adição dos ionóforos na dieta alimentar tem demonstrado uma diminuição na concentração de corpos cetônicos em vacas recém paridas, prevenindo a cetose (McGUFFEY et al., 2001).

O timpanismo é uma enfermidade não infecciosa, caracterizada pela excessiva produção de gás, principalmente CO2, devido à intensa fermentação ruminal. Alguns autores sugerem que a ocorrência do timpanismo espumoso em bovinos com suplementação de monensina e lasalocida pode ser diminuída (NAGARAJA et al., 1997).

### 1.5 Toxidez e resistência

É importante mencionar que os ionóforos também são tóxicos a algumas espécies, especialmente a equina, que são extremamente sensíveis à droga (HANSON et al., 1981). Esses produtos também podem acarretar riscos de intoxicação aos bovinos, sendo necessários cuidados para evitar erros nas formulações e mistura dos componentes da dieta alimentar. A monensina é rapidamente excretada após sua ingestão, com mínimo acúmulo nos tecidos animais. Mas existe possibilidade de que a taxa de excreção metabólica seja excedida, e efeitos tóxicos da monensina surjam em animais recebendo dieta com monensina ou em seres humanos consumindo tecidos desses animais (REIS et al., 2006)

Não existem trabalhos na literatura que comprovem resistência de bactérias ao uso de ionóforos. A idéia de que a resistência aos ionóforos é uma seleção fenotípica, sustentada por medições do fluxo de potássio monensina-dependente, é mais aceita do que a mutação ou aquisição de genes externos (RUSSEL & HOULIHAN, 2003). Além disso, genes responsáveis pela resistência das bactérias ruminais aos ionóforos não tem sido identificados e há uma pequena evidência de que a resistência aos ionóforos possa ser transferida de uma bactéria para outra. Devido a isso, o uso de ionóforos na alimentação animal, provavelmente não tem um significativo impacto na transferência de resistência a antibióticos dos animais para os humanos (RUSSEL & HOULIHAN, 2003). Mesmo assim, o uso de antibióticos na produção animal é considerado pela Organização Mundial de Saúde um risco crescente para a saúde humana (REIS et al., 2006).

A proibição do uso de antibióticos na alimentação animal tem sido recomendado por uma questão de precaução. Essa nova legislação inclui também barreiras à importação de produtos de origem animal provenientes de países que utilizam essas substâncias. Desta forma, principalmente na Europa, a eliminação do uso dos promotores de crescimento antibióticos como a monensina terá importantes implicações econômicas, esperando-se aumentos de 3 a 5% nos custos de produção. Em vista disso, os pesquisadores têm concentrado esforços na busca de estratégias para evitar o uso de aditivos antibióticos na produção animal. Produtos naturais têm sido estudados para manipular a fermentação ruminal e aumentar a eficiência de produção. Dentre esses, ácidos orgânicos, ácidos graxos, leveduras, saponinas e taninos (FERREIRA, 2011).

## 2. Aditivos microbianos

O uso de aditivos contendo células vivas de microrganismos e/ou seus metabólitos tem aumentado em resposta a demanda para o uso de substâncias

"naturais" promotoras do crescimento que melhorarem a eficiência da produção em ruminantes. Em teoria, a suplementação com microrganismos benéficos espera prevenir o estabelecimento de microrganismos indesejáveis ou reestabelecer a microflora normal do trato digestivo, procedimento denominado de "probiose" (REIS et al., 2006)

Vários casos de aumento no desempenho animal são documentados na literatura quando os ruminantes foram suplementados com aditivos microbianos. Os mecanismos propostos para o aumento no desempenho animal estão relacionados com a produção de compostos antimicrobianos (ácidos, bacteriocinas, antibióticos). Além disto, tem-se a competição com organismos indesejáveis pela colonização do substrato, produção de nutrientes (aminoácidos, vitaminas) ou outros fatores de crescimento estimuladores de microrganismos desejáveis no trato digestivo, produção ou estímulo de enzimas, metabolismo ou detoxificação de compostos indesejáveis, estímulo de resposta imune no animal hospedeiro, produção de nutrientes ou outros fatores estimuladores do crescimento do animal hospedeiro (FULLER, 1989).

O efeito de fungos do gênero *Aspergillus* deve-se, em parte, à presença de enzimas polissacaridases (celulase e xilanase) nos extratos, as quais podem afetar a degradação da parede celular (NEWBOLD et al., 1992). Recentes estudos indicaram que a administração de culturas de fungos anaeróbios no rúmen de ovinos aumentou a digestibilidade dos nutrientes e retenção do nitrogênio através do aumento no número de bactérias e fungos no rúmen e por alteração no perfil dos ácidos graxos voláteis produzidos (LEE et al., 2000).

As enzimas atuam dentro de poucas horas após sua introdução no rúmen e em alguns casos observou-se inativação destas por outros microrganismos ruminais. Há indicações de que o *Aspergillus* pode facilitar a aderência de bactérias celulolíticas à fibra, por meio da atração quimiostática provocada pela liberação de açúcares solúveis ou por alteração da superfície da fibra,

favorecendo a degradação da fibra (NEWBOLD, 1997). É possível que o extrato de *A. orizae* aumente a taxa de degradação da fibra por meio do estímulo aos fungos ruminais, contribuindo para a melhoria do desempenho animal (CHANG et al., 1999).

A inclusão de *A. orizae* no ambiente ruminal parece estabilizar o pH, o que pode ser especialmente benéfico em dietas ricas em grãos, nas quais o baixo pH pode levar à redução na ingestão de alimento e de ganho de peso (BEHARKA & NAGARAJA, 1998). Vários estudos indicam aumento no consumo de alimento em animais suplementados com *A. orizae* (CATON et al., 1993).

## 2.1 Levedura (*Saccharomyce cerevisiae*)

unicelulares, especialmente do gênero Saccharomyces, tradicionalmente utilizados na fermentação do açúcar de alimentos para consumo humano. O uso em alimentação de bovinos de corte foi ligado ao aumento na digestibilidade da matéria seca, especialmente da fibra, melhorando a eficiência alimentar e ganho de peso. É muito palatável. Existe variação na eficiência das diferentes cepas de Saccharomyces cerevisae em promover melhoria no desempenho dos bovinos (NEWBOLD et al., 1996). O pH para crescimento ótimo de Saccharomyces é cerca de 4,5. No rúmen, em pH próximo de 6,5, a taxa de crescimento do fungo é menor, e ele secreta compostos químicos como nucleotídeos, aminoácidos e enzimas, assim como enzimas hidrolíticas. Tais compostos vão servir de fatores de crescimento para as bactérias do rúmen, além de contribuírem para a nutrição do bovino. Se por um lado há disponibilização dos nutrientes armazenados nos fungos para os microorganismos do rúmen e para o bovino, há também redução na taxa de crescimento de fungos. Assim, as leveduras devem ser suplementadas continuamente (ROSE, 1997).

O aumento no número de bactérias do rúmen (bactérias celulolíticas) é o efeito mais comum da suplementação de levedura (NEWBOLD et al., 1995). Alguns tipos de bactérias apresentam melhor desempenho na presença de leveduras, e alguns dos fatores relacionados com essa resposta são: fornecimento de fatores de crescimento - vitaminas, ácidos dicarboxílicos; remoção de O<sub>2</sub> por *Saccharomyces*; efeito tampão (bactérias celulolíticas preferem pH>6); e redução no número de protozoários (CALLAWAY & MARTIN, 1997).

As leveduras apresentam grande capacidade de armazenamento e podem auxiliar a manutenção do pH no rúmen (a estabilização do pH ruminal foi relacionada com o aumento do consumo de sólidos em dietas para bezerros). Além disso, parecem contribuir para o suprimento de nutrientes para a população bacteriana do intestino (ROSE, 1997).

### 2.1.1 Efeito em relação ao controle sem levedura

O aumento na concentração de ácidos graxos voláteis e a proporção molar de propionato, decréscimo na concentração de ácido lático no líquido ruminal e menor variação pós-refeições no pH e amônia ruminal estão associados à suplementação com levedura (MATHIEU et al., 1996).

Harrison et al. (1988) concluíram que as leveduras estabilizaram a fermentação ruminal com menores variações na amônia ruminal, número de bactérias e produção de ácidos graxos voláteis. Willians et al. (1991) também observaram uma tendência de estabilização ruminais em termos de pH ruminal, concentração de lactato e relação acetato:propionato. Esse maior equilíbrio na fermentação ruminal poderá contribuir para o aumento na população de bactérias, inclusive as celulolíticas, quando levedura é adicionada à dieta de ruminantes.

O aumento no número de bactérias viáveis e de bactérias celulolíticas (de 100% em média) parece ser o efeito mais consistente em resposta ao uso de leveduras (WALLACE & NEWBOLD, 1993).

Os mecanismos pelos quais a levedura favorece o aumento da população de bactérias ainda não estão bem estabelecidos, podendo ser consequência de um aumento na remoção de  $O_2$  do ambiente ruminal, pois se sabe que as bactérias celulolíticas são extremamente sensíveis ao oxigênio (NEWBOLD et al., 1996). Dessa forma, o pH mais elevado, ou mais estável pode colaborar para o maior número de bactérias celulolíticas e aumento na digestão da fibra com a suplementação com culturas de fungos (MATHIEU et al., 1996).

As leveduras fornecem vitaminas que favorecem o crescimento de *Neocallimastix frontalis* e de protozoários no rúmen de novilhos alimentados com palha, os quais contribuem para o aumento na digestão da fibra (CHAUCHEYRAS et al., 1995b).

Em adição, a suplementação com levedura pode estimular uma espécie de bactéria acetogênica "hidrogeniotrópica" hábil em usar o  $H_2$  para produção de acetato, em condições in vitro (CHAUCHEYRAS et al., 1995a). Essas bactérias estão presentes em grande número no rúmen de bezerros recém-nascidos, antes do estabelecimento da metanogênese de acordo com Morvan et al.(1994) e em bovinos alimentados com dietas com baixa proporção de volumoso (LEEDLE & GREENING, 1988).

Erasmus et al. (2005), apesar de observarem que o impacto do uso de levedura ou monensina na produtividade e nos parâmetros de fermentação ruminal de vacas leiterias foi pequeno, sugeriram que as leveduras podem ser uma melhor opção quando usadas em vacas com maior potencial de consumo de matéria seca e/ou inerente capacidade para produção de proteína do leite. Enquanto a monensina pode ser mais apropriadamente usada em vacas com

menor potencial de consumo e/ou inerente capacidade para produzir proteína do leite.

#### 3. Enzimas fibrolíticas

O papel elementar dos volumosos é fornecer fibra, que é fonte de carboidratos usados como energia pelos microrganismos ruminais. Os ácidos graxos voláteis produzidos durante o processo de fermentação ruminal são a principal fonte de energia para o animal. A fibra também é essencial para estimular a mastigação, a produção de saliva e a ruminação, além de ser fonte de nutrientes como proteínas e minerais. Visando potencializar a utilização dos alimentos fibrosos pelos ruminantes pesquisas têm sido realizadas com o intuito de aumentar a digestibilidade da MS. Uma das formas encontradas para esse fim é aumentar a quantidade de enzimas fibrolíticas presentes no rúmen e no intestino, o que pode ser conseguido através da suplementação com enzimas fibrolíticas exógenas. A maioria das preparações comerciais enzimáticas é um produto da fermentação fúngica, predominantemente das espécies *Trichoderma* e *Aspergillus*, e bacteriana, principalmente *Bacillus*. A celulose e hemicelulose são os principais alvos das enzimas fibrolíticas celulases e hemicelulases, respectivamente (REIS, 2006).

Segundo Krause et al.(1998) a aplicação de enzimas exógenas a rações concentradas para vacas leiteiras aumentou a eficiência alimentar em 6 a 12%, dependendo do nível de adição. Em vacas leiteiras, observou-se aumento médio no consumo de matéria seca de 1,0 a 1,3 kg/dia, e na produção de leite de 1,1 a 1,5 kg/dia (3,4 a 4,7%).

Segundo Loures (2004), a aplicação de enzimas fibrolíticas durante a ensilagem do capim Tanzânia emurchecido ou não, apesar de ter reduzido o conteúdo de FDN e FDA da silagem, não provocou alterações significativas nos

parâmetros ruminais (pH, amônia e ácidos graxos voláteis), nem aumentou o potencial de utilização da silagem pelos animais, através das variáveis; consumo de MS e degradabilidade da MS e da fibra. Não se observou efeito do préemurchecimento do capim Tanzânia na ação das enzimas exógenas. Contudo, Feng et al. (1996), relata que as enzimas podem ser mais efetivas quando adicionadas em forragens secas do que úmidas. Conclui-se ainda, que a aplicação da preparação enzimática minutos antes do fornecimento da dieta constituída de silagem de capim não tratado, proporcionou os melhores resultados sobre a digestibilidade da fração fibrosa, indicando que talvez essa forma de aplicação seja o método mais viável para garantir maior efetividade das enzimas fibrolíticas.

Martin (2003) observou que a resposta a suplementação da dieta de bovinos de corte a enzimas fibrolíticas foi dependente da fonte de volumoso, sendo que quando o volumoso foi composto por feno de Tifton 85 a ação das enzimas foi mais eficiente do que na silagem de milho. Apesar do consumo de MS e de FDN não ter aumentado, a digestibilidade da MS, MO, EB, FDN e celulose aumentou em 6,1; 6,8; 6,7; 24,5; 16%, respectivamente, quando as enzimas foram adicionadas ao feno, enquanto a adição na silagem de milho não alterou os respectivos parâmetros.

# 4. Suplementação com ácidos graxos

A suplementação da dieta de ruminantes com lipídios é realizada para aumentar a densidade energética da dieta, geralmente com baixo custo, e para manipular a fermentação ruminal através da alteração na digestão e absorção dos nutrientes. O fornecimento de lipídios para os ruminantes, geralmente provoca redução na digestibilidade da fibra (REIS et al., 2006). De acordo com Jenkins (1993), a digestão dos carboidratos fibrosos pode ser reduzida em até 50% com

a adição de menos de 10% de lipídios na dieta. Além disso, ocorre decréscimo na concentração de protozoários, aumento no conteúdo de ácidos graxos voláteis e redução na produção de metano no rúmen, sendo esse comportamento dependente da quantidade e da fonte de lipídio. Assim, tem-se a recomendação do NRC (2001), que a gordura não exceda 6 a 7% da MS da dieta. Em geral, os ácidos graxos insaturados e os de cadeia curta a média apresentam maiores efeitos na fermentação ruminal do que os saturados e os ácidos graxos de cadeia longa, respectivamente, enquanto os sabões de cálcio apresentam mínimos efeitos sobre a fermentação ruminal (NAGARAJA et al., 1997).

Como fonte de ácidos graxos insaturados tem se explorado a utilização da canola com 60% de ácido oléico, da soja com 50% de linoléico e da linhaça com 47% de linolênico. Apesar de serem fontes de origem vegetal, o óleo de coco e o óleo de palma possuem ácidos graxos saturados com 45% de ácido láurico e 40% de palmítico, respectivamente, podendo também serem usados para manipular a fermentação ruminal (HRISTOV et al., 2003).

De acordo com Nagaraja et al. (1997), o efeito mais consistente na população microbiana ocorrida com a suplementação de lipídios é o considerável decréscimo na população de protozoários ciliados no rúmen. Segundo Machmüller et al.(2000), a substancial redução na contagem de protozoários no rúmen tem sido obtida com óleos de linhaça, coco e canola, assim como ácido láurico, linoléico, linolênico e oléico de acordo com Matsumoto et al. (1991). Bovinos consumindo dietas a base de grãos e suplementados com 200g/animal/dia de óleo de girassol rico em ácido linoléico reduziu a população de protozoários em 42% (BAAH et al., 2002).

O decréscimo no número de protozoários, geralmente está associado a um aumento no número de bactérias ruminais e diminuição na concentração de amônia (JOUANY, 1996). Aliado ao aumento na taxa de passagem dos sólidos ruminais, tem contribuído para o aumento na eficiência de síntese de proteína

microbiana quando lipídios são suplementados aos ruminantes (Doreau & Ferlay, 1995).

A suplementação com lipídios tem sido explorada também como uma estratégia promissora para a redução na produção de metano. Tal fato se deve ao efeito tóxico dos ácidos graxos livres, principalmente os poliinsaturados, nas bactérias metanogênicas e protozoários (MACHMÜLLER et al., 2000). Em uma compilação de dados da literatura, Van Nevel & Demeyer (1996) concluíram que o uso do ácido graxo linoléico pode inibir a produção do metano em mais de 50%. McGinn et al. (2004) observaram que o uso de óleo de girassol (fonte de ácido oléico e linoléico) na quantidade 5% da dieta de novilhos alimentados com dieta volumosa provocou decréscimo na produção de metano de 22% e 19%, quando comparada a uma dieta controle ou com monensina.

A suplementação com óleo de peixe (fonte de ácidos graxos poliinsaturados) aumentou a concentração de propionato e reduziu à produção de metano ruminal sem afetar a digestibilidade da fibra no rúmen ou no trato digestivo total (DOREAU & CHILLIARD, 1997). Conforme Fievez et al. (2003), a suplementação diária de aproximadamente 4,2% de óleo de peixe na dieta provocou mínimo efeito na degradação da matéria orgânica e da FDN, mas alterou a concentração de propionato e acetato em +24% e -6%, respectivamente. Tais efeitos foram acompanhados por um decréscimo de 11% na produção de metano.

O fornecimento de óleo de coco, rico em ácidos graxos de cadeia curta, também demonstra efeitos similares. Nessas fontes de ácidos graxos de cadeia curta em média (C10- C21), a redução na produção de metano parece estar associada a um efeito direto na população de bactérias metanogênicas e não na fermentação ruminal (MACHMÜLLER, 2005).

Machmüller et al. (1998) observaram que, em condições in vitro, a produção de metano foi diminuída em 43% e 57% em dietas com 3% e 6% de óleo de coco, respectivamente, enquanto a máxima redução na produção de metano

conseguida com semente de girassol e linhaça foi de 40%, registrando-se que esses dados foram confirmados in vivo.

A inclusão de 3% de óleo de coco ou 6% de semente de girassol diminuiu a população de protozoários no rúmen e a perda de energia via metano 27% em média (MACHMÜLLER et al., 2000).

Em outro estudo, LOVETT et al. (2003) constataram que a suplementação com óleo de coco reduziu a produção de metano, a população de protozoários e o consumo de matéria seca sem afetar o desempenho animal, indicando aumento na eficiência alimentar dos animais ao longo de todo o período experimental.

Os mecanismos que possibilitem uma maior deposição de ácidos graxos insaturados poderão contribuir para aumento na qualidade dos produtos, uma vez que o consumo de gorduras saturadas é responsável por grande parte das doenças coronárias, aumento da pressão arterial, câncer e diabetes em humanos. No entanto, uma substância presente na gordura de origem animal, principalmente na ovina e bovina, denominado ácido linoléico conjugado (CLA) tem sido estudada devido aos seus efeitos na prevenção das doenças citadas acima (CHOUINARD et al., 1999).

A concentração de CLA na carne bovina pode ser modificada, podendo ser aumentada ou diminuída conforme a alimentação do animal, sistema de produção e genética animal (ARRIGONI et al., 2005). Em ruminantes, a formação dos isômeros do CLA e outros ácidos graxos monoinsaturados ocorrem no rúmen, através da biohidrogenação incompleta de ácidos graxos poliinsaturados (REIS et al., 2006).

Conforme Santos et al. (2001), ração com 7% de gordura suplementada com óleo de soja aumentou o percentual de CLA na gordura do leite de vacas leiteiras em 139%, quando comparada à ração com grão de soja, que foi numericamente inferior à ração controle. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao fato de os ácidos

LIMA, R.N. et al. Utilização de aditivos na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 24, Ed. 247, Art. 1633, Dezembro, 2013.

linoléico e linolênico estarem mais disponíveis para ser biohidrogenados e, assim, formarem o CLA durante a fase de isomerização.

Enquanto, a adição do óleo presente no grão das sementes oleaginosas, mesmo estando na forma de grão moído e não tostado, não aumentou o teor de CLA, uma vez que possuem os lipídios presos na matriz protéica da semente, conforme observado (STANTON et al., 1997)

#### 5. Outros aditivos

#### 5.1 Lecitina

Durante o processamento de oleaginosas são obtidos subprodutos dos resíduos dos lipídios. Esses resíduos, comumente chamados de lecitinas, são misturas complexas de diferentes fosfolipídios, de resíduos dos triglicerídios e de outras substâncias polares (SILVA et al., 2010).

Diferentes dos óleos, a lecitina pode dispersar em água, e por isso, quando a lecitina é usada, sua adsorção as partículas de alimento ou aos microrganismos do rúmen é menos pronunciada e a liberação de ácidos graxos pode ser retardada resultando em menores efeitos adversos destes na fermentação ruminal (NAGARAJA et al., 1997). Devido a sua afinidade e sua habilidade de formar aglomerações com as proteínas, efeitos na degradabilidade da proteína e na produção de amônia podem ser observados (JENKINS & FOTOUHI, 1990).

Westteiten et al. (2000) observaram in vitro que a suplementação com lipídios na forma de óleo ou de lecitina provocou redução na produção de amônia (-20%), em decorrência da menor taxa de desaparecimento da proteína bruta (-14% com a lecitina de canola), maior proporção de propionato (+16%) e menor produção de metano (-19%) em relação à dieta controle.

# 5.2 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos podem fornecer uma alternativa aos antibióticos e podem ser usados como aditivos para ruminantes. Alguns estudos em ruminantes têm sido conduzidos com os ácidos málico ou fumárico, embora outros ácidos orgânicos como aspartato, cítrico, succínico ou pirúvico possuem potencial. Essas substâncias são consideradas seguras para serem usadas como aditivos, uma vez que não produzem resíduos detectáveis na carne. O principal problema referente à sua utilização é o elevado custo, especialmente o malato (MARTIN, 1998).

Segundo Martin & Park (1996) essas substâncias no rúmen podem evitar a queda acentuada do pH, prevenindo a acidose ruminal, e reduzir a produção de metano. O malato (80g/dia) foi eficiente em evitar queda brusca no pH ruminal em 1 a 2 horas após a alimentação de dietas com alta proporção de concentrado fornecido a novilhos de corte (MARTIN et al., 1999). O fumarato atua também como um dreno ativo de hidrogênio no rúmen, podendo competir com a formação de metano. Em estudos in vitro, a adição de fumarato diminuiu a produção de metano em 17% (LÓPEZ et al., 1999).

Estudos mostram que a utilização dos ácidos orgânicos para favorecer a utilização do lactato e elevação do pH ruminal pode ser mais indicada em dieta ricas em grão, uma vez que em dietas ricas em volumosos, a produção de lactato no rúmen é mínima, por isso não se espera que os ácidos orgânicos afetem o pH ruminal nessas condições (MARTIN et al., 1999). De acordo com Kung Junior et al. (1982), a suplementação com 140 g/dia de malato aumentou a persistência da produção de leite e a produção total de ácidos graxos voláteis no início da lactação.

## 5.3 Extratos naturais de plantas

Os compostos secundários de plantas constituem-se em possibilidades naturais para modificar a fermentação ruminal. Várias plantas contêm compostos secundários que as protegem do ataque dos fungos, bactérias, herbívoros e insetos. Saponinas e taninos presentes em algumas plantas tropicais podem atuar nesse processo. Quando fornecidos em altos níveis, esses compostos podem ter efeitos adversos na população microbiana ruminal e na saúde animal, enquanto em baixos níveis apresentam potencial para melhorar a fermentação ruminal. Esses compostos podem ser fornecidos aos animais diretamente pelo alimento ou por extratos retirados industrialmente desses alimentos e adicionados a dieta dos animais (REIS et al., 2006).

#### 5.3.1 Taninos

Taninos são substâncias polifenólicas com variados pesos moleculares e complexidade. São classificados em taninos hidrolizáveis e condensados, dependendo de seu arranjo estrutural. Seu múltiplo grupo fenólico-hidroxil leva a formação de complexos, principalmente com proteína e em menor grau com íons metálicos, aminoácidos e polissacarídeos. Considera-se que essas substâncias apresentam efeitos adversos e benéficos dependendo de sua concentração e natureza, assim como da espécie, estado fisiológico do animal e composição da dieta (KUMAR & SINGH, 1984).

A presença de baixos níveis de taninos na dieta pode ser usado como potencial modulador da fermentação ruminal. A síntese de proteína microbiana, geralmente é aumentada na presença de taninos (MAKKAR, 2003). Um decréscimo na taxa de digestão ruminal acarretada pelos taninos, pode contribuir para uma melhor sincronização da liberação dos nutrientes e, conseqüente

aumento na eficiência da síntese de proteína microbiana (GETACHEW et al., 2000).

Apesar dos taninos diminuírem a disponibilidade de nutrientes, eles causam uma mudança na partição desses, carreando a maior proporção dos nutrientes disponíveis para a síntese de massa microbiana e menos para a produção de ácidos graxos de cadeia curta (MAKKAR, 2003).

A diminuição da solubilidade da proteína e da produção de gás no rúmen com o uso de taninos pode ser uma ferramenta para diminuir a ocorrência de timpanismo em animais consumindo alfafa ou gramíneas de clima temperado no início do crescimento, além de possuírem efeito anti-helmíntico (KAHN & DÍAZ-HERNANDEZ, 2000). Forrageiras de clima tropical e temperado contendo taninos condensados têm sido pesquisadas por sua provável capacidade de diminuir a produção de metano. A ação dos taninos condensados na metanogênese pode ser atribuída a um efeito indireto, pela redução na produção de H<sub>2</sub> como conseqüência da redução na digestibilidade da fibra, e por um efeito inibitório direto na população de bactérias metanogênicas (WOODWARD et al., 2001).

Recentes trabalhos têm evidenciado que os taninos condensados podem exercer um efeito anti-helmíntico no trato gastrointestinal de ovinos contaminados com nematóides (ATHANASIADOU et al., 2000). No entanto, mais pesquisas são necessárias para determinar o meio mais apropriado de incorporação de forrageiras taniníferas nos sistemas de pastejo (COOP & SYKES, 2002).

## 5.3.2 Saponinas

Saponinas são glicosídios presentes naturalmente em plantas de *Yucca schidigera, Quillaja saponaria, Medicago sativa* (alfafa), *Brachiaria decumbens*, entre outras. Essas substâncias têm sido pesquisadas como inibidores do

crescimento de protozoários ruminais, bem como moduladores da fermentação ruminal em bovinos (Silva et al., 2010). Em uma revisão realizada por Wina et al. (2005), os autores citam 28 trabalhos em que as saponinas provocaram redução no número de protozoários, 8 trabalhos mostrando um decréscimo somente na atividade dos protozoários, 7 trabalhos não indicando efeito e 3 trabalhos onde se observaram efeito positivo das saponinas nos protozoários ruminais. Os autores chamam atenção para o fato que a maioria dos trabalhos que demonstraram efeito anti-protozoário das saponinas foram realizados in vitro, devendo-se esses resultados serem avaliados com cuidado por nem sempre serem condizentes com os resultados in vivo.

Os protozoários no rúmen são responsáveis pela considerável ciclagem de N, pois grande parte do seu suprimento protéico advém da lise de células bacterianas, aumentando a amônia ruminal e diminuindo o fluxo de N microbiano para o duodeno. Além disso, os protozoários contribuem para a formação de metano através do fornecimento de H<sub>2</sub>, produzido durante a fermentação dos carboidratos, e servindo de hospedeiro para cerca de 30% das bactérias metanogênicas (JOUANY, 1996).

Usando altas doses de saponinas (12 mg/g de matéria seca), Hess et al. (2003) observaram decréscimo de 54% na contagem de protozoários e redução de 20% na produção in vitro de metano. Wang et al. (1998), também in vitro, observaram que a produção de metano foi 15% menor no grupo suplementado com saponina em relação ao grupo controle.

No entanto, os resultados da utilização de saponinas na fermentação ruminal têm se mostrado contraditórios. As principais razões podem ser: 1) desativação bacteriana das saponinas em substâncias não tóxicas; 2) efeitos fisiológicos, como alteração na taxa de consumo do alimento, taxa de turnover ruminal ou aumento na produção de saliva; 3) diferentes efeitos biológicos das saponinas de diferentes fontes, com diferentes concentrações ou a presença de outros

metabólitos secundários nas mesmas; 4) diferentes dietas ou níveis de alimentação (ERYAVUZ & DEHORITY, 2004).

A dificuldade de se obter resultados consistentes com o uso de saponinas para manipular fermentação ruminal se dá, principalmente pela grande variedade estrutural desses compostos dependentes da espécie vegetal e a possível adaptação da população microbiana do rúmen. Deve-se salientar que somente na alfafa foram identificados mais de 29 tipos de saponinas. Assim, tem-se obtido melhores resultados com os extratos retirados da Yucca e da Quillaja, as quais têm sido exploradas como aditivos. Mais estudos para identificar quais os tipos de saponinas geram resultados mais persistentes que contribuirão para melhorar a eficiência da fermentação ruminal (REIS et al., 2006).

## 5.3.3 Óleos essenciais

Óleos essenciais são metabólitos secundários de algumas plantas, responsáveis pelo odor e pela cor das mesmas, sendo obtidos por vaporização ou destilação em água. Dos principais óleos essenciais se destacam o timol presente no tomilho (*Thymus vulgaris*) e no orégano (*Origanum vulgaris*), o limoneno extraído da polpa cítrica e o guaiacol extraído da resina do guáiaco ou do óleo do cravo-da-índia (CASTILLEJOS et al., 2005).

Estudos indicaram que o timol, um componente de muitos óleos essenciais, modificou a concentração de ácidos graxos voláteis ruminais quando incubado in vitro (EVANS & MARTIN, 2000). Existem evidências também que muitos óleos essenciais reduzem a taxa de deaminação de aminoácidos, a taxa de produção de amônia e o número de bactérias hiperprodutoras de amônia, com aumento no escape ruminal de N para o intestino (McINTOSH et al., 2003). A suplementação com uma mistura de óleos essenciais aumentou a concentração de ácidos graxos

voláteis totais sem afetar outros parâmetros fermentativos, sugerindo que a fermentabilidade da dieta foi aumentada (CASTILLEJOS et al., 2005).

São escassos os trabalhos desenvolvidos com óleos essenciais, por isso os mecanismos de ação sobre a fermentação ruminal e as consequências no metabolismo animal não estão definidos. No entanto, os trabalhos desenvolvidos até o momento, indicam o potencial dos óleos essenciais para manipular os produtos da fermentação ruminal (SILVA et al., 2010).

## 5.4 Tamponantes

Grandes quantidades de ácidos orgânicos são produzidas no rúmen durante a fermentação microbiana. Tampões são utilizados para reduzir a incidência de acidose em dietas com alto teor de grãos ou para melhorar a digestibilidade da fibra em dietas à base de silagem de milho. A saliva é o principal agente tampão (NICODEMO, 2005).

Quando o pH ruminal se eleva ou cai abaixo do intervalo ideal, que é de 6,2 a 6,8, os microrganismos ruminais tornam-se ineficientes. Valores de pH inferiores a 6,2 inibem a taxa de digestão e aumentam o tempo de colonização para a degradação da parede celular (VAN SOEST, 1994). Além disso, com a diminuição do pH ruminal há uma redução do apetite, da motilidade ruminal, produção microbiana e digestão da fibra.

Vários produtos são disponíveis incluindo bicarbonato de sódio, carbonato de cálcio, bentonita, e óxido de magnésio (STOCK & MADER, 1998). O uso de tampões pode ser benéfico em rações contendo alto teor de grãos, na adaptação de bovinos a novas dietas, no uso de silagem de milho, de grãos com alta umidade ou dietas à base de trigo (SEWELL, 1998). O nível recomendado de bicarbonato de sódio é de 0,75-1,5% na matéria seca da ração, cerca de 1% de

LIMA, R.N. et al. Utilização de aditivos na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 24, Ed. 247, Art. 1633, Dezembro, 2013.

carbonato de cálcio na matéria seca da ração, e 0,5-0,75% óxido de magnésio na matéria seca da ração do (STOCK & MADER, 1998).

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Vários aditivos apresentam potencial para manipular o ambiente ruminal, diminuindo a excreção de compostos nitrogenados e a emissão de metano, que além de representarem ineficiência do processo fermentativo do rúmen, se constituem em importantes fontes de poluição ambiental. Com exceção dos ionóforos que já tem seu mecanismo de ação bem definido, existe a necessidade de mais estudos para estabelecer níveis adequados para a suplementação com aditivos e suas interações com microbiologia e com os demais componentes da dieta, tipo de dieta, tipo de animal e, principalmente ação em longo prazo.

O uso de aditivos tem se mostrado bastante promissor na produção animal, visando estabelecer uma relação custo:beneficio viável, além da necessidade de determinar seus efeitos na saúde humana.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIGONI, M. D. B.; SOUZA, A.A.; MARTINS, C.L.; SILVEIRA, A.C.; CHARDULO, L.A.L.; CERVIERI, R.C.. Estratégias nutricionais para melhoria da qualidade da carne. In: 42° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiânia – GO. **Anais...** p. 337-347, 2005.

ATHANASIADOU, S.; KYRIAZAKIS, I.; JACKSON, F.; COOP, R.L. Consequences of long-term feeding with condensed tannins on sheep parasited with *Trichostrongylus colubriformis*. **International Journal Parasitology**, v.30, p.1025-1033, 2000.

BAAH, J.; HRISTOV, A.N.; McALLISTER, T.A.; IVAN, M.; KOE-NIG,K.M.; RODE, L.M. Evaluation of quillaja extract. **Journal of Dairy Science**, v.85 (Suppl. 1), p.404, 2002.

BARRAGRY, T. B. Growth promoting agents. In: **Veterinary Drug Therapy**. Philadelphia: Lea e Febiger, 1994.

BEHARKA, A.A. & NAGARAJA, T.G. Effect of Aspergillus oryzae extract alone or in combination with antimicrobial compounds on ruminal bacteria. **Journal Dairy Science**, 1998 Jun; 81(6):1591-8. PubMed PMID: 9684165.

CALLAWAY, E. S. & MARTIN, S. A. Effects of Saccharomyces cerevisiae culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. **Journal Dairy Science**, 1997, 80:2035–2044.

CASTILLEJOS, L.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; LOSA, R. Effects of a specific blend of essential oil compounds and the type of diet on rumen microbial fermentation and nutrient flow from a continuous culture system. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.29-41, 2005.

CATON, J.S.; ERICKSON, D.O.; CAREY, D. A.; ULMER, D.L. Influence of *Arpegillus oryzae* fermentation extract on forage intake, site digestion, in situ degradability, and duodenal amino acid flow in steers grazing cool-season pasture. **Journal of Animal Science**, 71, p. 779-87, 1993.

GHANG, J.S.; HARPER, E.M.; CALZAR, R.E. Fermantation extract effects on the moephology and metabolism of the rumen fungus *Neocallimastix frontalis EB 188*. **Journal Applied Microbiology.**, v.86, n.3, p.389-98, 1999.

CHAUCHEYRAS, F.; FONTY, G.; BERTIN, G.; GOUET, P. Effects of live Saccharomyces cerevisiae cells on zoospore germination, growth, and cellulolytic activity of the rumen anaerobic fungus, *Neocallimastix frontalis MCH3*. **Current Microbiology**, v.31, p.201-205, 1995a.

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, p.3466-3467, 1995b.

CHOUINARD, Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D.; METZGER, L.E.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.129, p.1579-1584, 1999.

COOP, R.L. & SYKES, A.R. Interactions between gastrointestinal parasites and nutrition. In: FREER, M.; DOVE, H. (Eds.) **Sheep nutrition**. Wallingford: CABI International, 2002.

COTTON, W.R. & PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288p.

DAWSON, K.A. & BOLING, J. Monensin-resistent bacteria in the rumens of calves on monensina-containing and unmedicated diets. **Applied and Environmental Microbiology**, v.46, p.160-164, 1983.

DENNIS, S.M., NAGARAJA, T.G., DAYTON, A.D. Effect of lasalocid, monensin and thiopeptin on rumen protozoa. **Res. Vet. Science**, v.41, p.251–256, 1986.

DOREAU, M. & CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **British Journal of Nutrition**, v.78 (Suppl.1), p.S15–S35, 1997.

DOREAU, M. & FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. **Livestock Production Science**, v.43, p.97-110, 1995.

- ERASMUS, L.J.; ROBINSON, P.H.; AHMADI, A.; HINDERS, R.; GARRET,J.E. Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.122, p.219-239, 2005.
- ERYAVUZ, A. & DEHORITY, B.A. Effect of Yucca schidigera extract on the concentration of rumen microorganisms in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.117, p.215–222, 2004.
- EVANS, J.D. & MARTIN, S.A. Effects of thymol on ruminal microorganisms. **Current Microbiology**, v.41, p.336–340, 2000.
- FENG, P.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T.; JULIEN, W.E. Effect of enzyme preparations on in situ and in vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1349-1357, 1996.
- FERREIRA, A.F.A. Utilização de monensina sódica para bovinos de corte em pastagem. **Cadernos da pós-graduação da fazu**, v.2, 2011.
- FIEVEZ, V., F. DOHME, M. DANNEELS, K. RAES, AND D. DEMEYER. Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation in vitro and in vivo. **Anim. Feed Science Technology**. 2003, 104: 41-58.
- FRIZZO, A.; ROCHA, M.G.; RESTLE, J.; BISCAÍNO, G.; SANTOS, D.T. Monensina sódica suplementada via sal para terneiras em pastagem cultivada com diferentes níveis de suplementação energética. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 37, 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, p.459, 2000.
- FULLER, R. Probiotics in man and animals. **Journal of Applied Microbiology**, v.66, p.365-378, 1989.
- GALYEAN, M.L. & HUBBERT, M.E. Rationale for use and selection of ionophores in ruminant nutrition. In: **Proceeding of the Southwest Nutrition and Management Conference**. University of Arizona, p. 64–81, 1989.
- GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.; BECKER, K. Tannins in tropical browses: effects on in vitro microbial fermentation and microbial protein synthesis in media containing different amounts of nitrogen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.3581–3588, 2000.
- GOODRICH, R.D.; GARRET, J.E.; GAST, D.R.; KIRICK, M.A.; LARSON, D.A.; MEISKE, J.C. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, p.1484–1498, 1984.
- HANSON, L.J.; EISENBEIS, H.G.; GIVENS, S. V. Toxic effects of lasalocid in horses. **Am. J. Vet. Res.**, v.42, p.456-461, 1981.
- HARRISON, G.A.; HEMKEN, R.W.; DAWSON, K. A.; HARMON, R.J.; BARKER, K.B. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating dairy cows on ruminal fermentation and microbial populations. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2967-2975, 1988.
- HESS, H.D.; KREUZER, M.; DÍAZ, T.E.; LASCANO, C.E.; CARULLA, J.E.; SOLIVA, C.A.; MACHMULLER, A. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.79–94, 2003.

- HRISTOV, A.N.; IVAN M.; NEILL L.; MCALLISTER T.A. A survey of potential bioactive agents for reducing protozoal activity in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v.105, p.163–184, 2003.
- HUNGATE, R. E. The Rumen and Its Microbes. Academic Press, New York, 1966.
- JENKINS, T. C. Lipid Metabolism in the Rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.
- JENKINS, T.C. & FOTOUHI, N. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. **Journal of Animal Science**, v.68, p.460-466, 1990.
- JOHNSON K.A. & JOHNSON D.E. Methane emissions from Cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492, 1995.
- JOUANY, J.P. Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants. **Journal of Nutrition**, v.126, p.1335S–1346S, 1996.
- KAHN L P. & DIAZ-HERNANDEZ, A. Tannins with anthelmintic properties. In: **Proc. International Workshop on Tannins in Livestock and Human Nutrition** (Ed.J D Brooker), ACIAR Proceedings n. 92, 171p., 2000.
- KRAUSE, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M.; FARR, B.I.; NORGAARD, P. Fibrolytic enzyme treatment of barley grain and source of forage in highgrain diets fed to growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2912-2920, 1998.
- KUMAR, R. & SINGH, M. Tannins, their adverse role in ruminant nutrition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.32, p.447–453, 1984.
- KUNG JUNIOR., L.; HUBER, J.T.; KRUMMREY, J.D.; ALLISON, L.; COOK, R.M. Influence of adding malic acid to dairy cattle rations on milk production, rumen volatile acids, digestibility, and nitrogen utilization. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.1170–1174, 1982.
- LEE, S.S.; HA, J.K.; CHENG, K.J. Influence of an anaerobic fungal culture administration on in vivo ruminal fermentation and nutrient digestion. **Animal Feed Science and Technology**, v.88, p.201–217, 2000.
- LEEDLE, J.A.Z. & GREENING, R.C. Posprandial changes in methanogenic and acidogenic bacteria in the rumens of steers fed high- or low-forage diets once daily. **Applied and Environmental Microbiology**, v.54, p.502-506, 1988.
- LÓPEZ, S.; VALDÉS, C.; NEWBOLD, C.J.; WALLACE, R.J. Influence of sodium fumarate addition on rumen fermentation in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.59–64, 1999.
- LOURES, D. R. S. Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia. 2004. 132 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

LOVETT, D.; LOVELL, S.; STACK, L.; CALLAN, J.; FINLAY, M.; CONOLLY, J.; O'MARA, F.R. Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers. **Livestock Production Science**, v.84, p.135-146, 2003.

MACHMÜLLER, A.; OSSOWSKI, D.A.; WANNER, M.; KREUZER, M. Potential of various fatty feeds to reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, v. 71, p.117–130, 1998.

MACHMÜLLER, A.; OSSOWSKI, D.A.; KREUZER, M. Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.41–60, 2000.

MACHMÜLLER, A. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.112, p.107-114, 2005.

MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, n. 49, p. 241–256, 2003.

MARTIN, S.A. Enzimas fibrolíticas exógenas na alimentação de bovinos. Jaboticabal, SP, 138p. **Tese (doutorado).** UNESP, 2003.

MARTIN, S.A. & PARK, C.M. Effect of extracellular hydrogen on organic acid utilization by the ruminal bacterium Selenomonas ruminantium. **Current Microbiology**, v.32, p.327–331, 1996.

MARTIN, S.A. Manipulation of ruminal fermentation with organic acids: a review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 3123-3132, 1998.

MARTIN, S.A.; STREETER, M.N.; NISBET, D.J.; HILL, G.M.; WILLAMS, S.E. Effects of dl-malate on ruminal metabolism and performance of cattle fed a high-concentrate diet. **Journal of Animal Science**, v.77, 1008–1015, 1999.

MATHIEU, F.; JOUANY, J.P.; SÉNAUD, J.; BOHATIER, J.; BERTIN, G.; MRCIER, M. The effect of Saccharomyces cerevisiae and Aspergillus oryzae on fermentations in the rumen of faunated and defaunated sheep: Protozoal and probiotic interactions. **Reprod. Nutr. Dev.** 36, 271-287, 1996.

MATSUMOTO, M.; Kobayashi, T.; Takenaka, A.; Itabashi, H. Defaunation effects of medium-chain fatty acids and their derivatives on goat rumen protozoa. **Journal of Genetic Applied and Microbiology**, v.37, p.439-445, 1991.

MAY, P.J. Controlling bloat with monensin in cattle fed diets containing lupin seed. **Proceedings** of the Australian Society of Animal Production, v.18, p.517, 1990.

McALLISTER, E.K.; OKINE, E.K.; MATHISON,G.W.; CHENGL, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, p.231-243, 1996.

McGINN, S. M.; BEAUCHEMIN, K.A.; COATES, T.; COLOMBATTO, D. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. **Journal of Animal Science**, v. 82, p.3346-3356, 2004.

- McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON, J.I.D. Ionophores for dairy cattle: Current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v.84 (E. Suppl.), p.E194-E203, 2001.
- McINTOSH, F.M.; WILLIAMS, P.; NEWBOLD, C.J. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, p. 5011–5014, 2003.
- MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (ED). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. P. 539-570.
- MORVAN, B.; DORE, J.; RIEU,L.F.; FOUCAT, L.; GOUET, P. Establishment of hydrogen-utilizing bacteria in the rumen of the newborn lamb. **FEMS Microbioliology Letters**, v. 117, p.249-256, 1994.
- NAGARAJA, T.G.; NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J. AND DEMEYER, D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N. STEWART, C.S. (Eds). **The Rumen Microbial Ecosystem**. Blackie Academic & professional, p. 523-632, 1997.
- NEWBOLD, C.J.; FRUMHOLTZ, P.P.; WALLACE, R.J. Influence of Aspergillus oryzae fermentation extract on rumen fermentation and blood constituents in sheep given diets of grass hay and barley. **Journal of Agricultural Science**, v.119, p.423–427, 1992.
- NEWBOLD, C.J.; WALLACE, R. J.; McINTOSH, F. M. Mode of action of the yeast Saccharomyces cerevisiae as a feed additive for ruminants. **British Journal of Nutrition**, v.76, p.249-261, 1996.
- NEWBOLD, J. Proposed mechanisms for enzymes as modifiers of ruminal fermentation. In: **Florida Ruminant Nutrition Symposium**, 1997, Gainesville. Proceedings... University of Florida, Gainesville, January, 16-17, 1997.
- NICODEMO, M. L. F. **Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002 (CNPGC. Documentos, 106) Disponível em: <www.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc106/> Acesso em: 10 mar. 2013
- NRC NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** Washington, D.C.: National Academy Press, 7th ed., 1996. 241p.
- NRC NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle.** 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.
- O'KELLY, J. C. & SPIERS, W. G. Effect of monensin on methane and heat productions of steers fed lucerne hay either ad libitum or at the rate of 250 g/h. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.43, p. 1789, 1992.
- OENEMA, J.; KOSKAMP, G. J.; GALAMA, P. J. Guiding commercial pilot farms to bridge the gap between experimental and commercial dairy farms; the project 'Cows & Opportunities'. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.49, p.277–296, 2001.
- OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes. **Revista eletrônica da veterinária**, v. 6, n. 9, 2005.

PORDOMINGO, A.J.; GALYEAN, M. E.; BRANINE, M. E.; FREEMAN, A. S. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of ionophores on ruminal fermentation. **Revista Argentina de Produccion Animal**, v. 19, p.367–381, 1999a.

PORDOMINGO, A.J.; GALYEAN, M.E.; BRANINE, M.E.; FREEMAN, A.S. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of each ionophore on daily dry matter intake and digesta kinetics. **Revista Argentina de Produccion Animal**, v.19, p.383–389, 1999b.

POTTER, E.L., RAUN, A.P., COOLEY, C.O., RATHMACHER, R.P., RICHARDSON, L.F. Effect of monensin on carcass characteristics, carcass composition and efficiency of converting feed to carcass. **Journal of Animal Science**, v.43, p.678–683, 1976.

RANGEL, A.H.N; LEONEL, F.P.; SIMPLÍCIO, A.A.; MENDONÇA JÚNIOR, A.F. Utilização de ionóforos na produção de ruminantes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.8. n. 2, 2008.

RAUN, A.P.; COOLEY, C.O.; POTTER, E.L.; RATHMACHER, R.P.; RICHARDSON, L.F. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.43, p.670–677, 1976.

REIS, R.A., MORAIS, J.A.S., SIQUEIRA, G.R. 2006. Aditivos alternativos para a alimentação de ruminantes. in: II CLANA, São Paulo. **Anais...** São Paulo-SP.

RIBEIRO JUNIOR, C. S.; SALCEDO, Y.T.G.; RAFAEL, R.A.A.; DELEVATTI, L.M.; Machado, M. Uso de aditivos naturais e fitocompostos na manipulação do ambiente ruminal. Goiânia: **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, 2011. 977 p.

RODRIGUES, P.H.M. Efeito da lasalocida sódica e proporção de volumoso/concentrados sobre a fermentação ruminal e degradabilidade in situ do farelo de soja e do feno de coastcross (Cynodon dactylon). São Paulo, 1996. 135p **Dissertação (Mestrado)** - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 1996.

ROGERS, M.; JOUANY, J.P.; P. THIVEND, P.; FONTENOT, J.P. The effect of short term and long term monensin supplementation and its subsequent withdrawal on digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, 65, p.113–127, 1997.

ROSE, A. H. Yeast, a microorganism for all species: a theoretical look at its mode of action. In: LYONS, T. P., ed. Biotechnology in the feed industry. Nicholasville: **Alltech Technical Publications**, 1997. p. 113-118.

ROTZ, C. A. Management to reduce nitrogen losses in animal production. **Journal of Animal Science**, v. 82(E. Suppl.), p.E119–E137, 2004.

RUMPLER W. V.; JOHNSON, D.E.; BATES, D.B. The effect of high dietary cation concentration on methanogenesis by steers fed diets with and without ionophores. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1737, 1986.

RUSSELL, J.B. & HOULIHAN, A.J. The ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **FEMS Microbioliology Review**, v.27, p.65–74, 2003.

- SALLES, M.S.V. & LUCCI, C.S. Monensina para Bezerros Ruminantes em Crescimento Acelerado. 2. Consumo e Parâmetros Ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.582-588, 2000a.
- SALLES, M.S.V. & LUCCI, C.S. Monensina para bezerros ruminantes em crescimento acelerado. 1. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.573-581, 2000b.
- SALMAN, A.K.D; PAZIANI, S.F.; SOARES, J.P.G. **Utilização de ionóforos para bovinos de corte**. Porto Velho, (Documento 101), RO: Embrapa Rondônia, 2006.
- SANTOS, F.L.; LANA, R.P.; SILVA, M.T.C.; BRANDÃO, S.C.C.; VARGAS, L.H. Produção e composição do leite de vacas submetidas a dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1376-1380, 2001.
- SAUER, F.D.; FELLNER, V.; KINSMAN, R.; KRAMER, J.K.G.; JACKSON, H.A.; LEE, A.J.; CHEN, S. Methane output and lactation response in holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 906–914, 1998.
- SEWELL, H. B. **Feed additives for beef cattle**. Agricultural publication G02075, 1998. Disponível em: <a href="http://muextension.missouri.edu">http://muextension.missouri.edu</a>. Acessado em: 30 abril 2013b.
- SILVA, N.V.; COSTA, R.G.; FREITAS, C.R.G.; GALINDO, M.C.T.; SILVA, R.S. alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.4, n.4, p.233-241, 2010.
- STANTON, C., LAWLESS, F., KJELLMER, G. et al. Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. **J. Food Science**, 1997, 62:1083-1086.
- STOCK, R. & MADER, T. **Feed additives for beef cattle**. Nebguide G85-761-A. 1998. Disponível em: <a href="http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g761.htm">http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g761.htm</a>. Acessado em: 16 abril 2013.
- UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA. 2004. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs In: **Peer Review Draf. Washington**, D.C., 2000, 48p.
- VAN NEVEL, C. J. & DEMEYER, D. I. Control of rumen methane. **Environ. Monit. Assess.**, v. 42, p. 73–97, 1996.
- VAN NEVEL, C.J. & DEMEYER, D.I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen in vitro: inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.2797–2806, 1995.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2.Ed. London. **Constock Publishing Associates**, USA, 1994. 476p.
- WALLACE, R. J. & NEWBOLD, C. J. Rumen fermentation and its manipulation: the development of yeast cultures as feed additives. In: T. P. Lyons (Ed.) Biotechnology in the Feed Industry. p. 173. **Alltech Technical Publications**, Nicholasville, 1993.
- WANG, Y.; McALLISTER T.A.; NEWBOLD C.J.; RODE L.M.; CHEEKE P.R.; CHENG K.-J. Effects of Yucca schidigera extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen simulation technique (RUSITEC). **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.143–153, 1998.

WESTTTEIN, H.R.; MACHMÜLLER, A.; KREUZER, M. Effects of raw and modified canola lecithin's compared to canola oil, canola seed and soy lecithin on ruminal fermentation measured with rumen simulation technique. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.153-169, 2000.

WILLIAMS, P.E.V.; TAIT, C.A.; INNES, G.M.; NEWBOLD, C.J. Effects of the inclusion of yeast culture (Saccharomyces cerevisiae plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3016-3026, 1991.

WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The impact of saponins or saponin containing plant material on ruminant production – A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53:8093, 2005.

WOODWARD, S.L.; WAGHORN, G.C.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. In **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v.61, p.23-26, 2001.