

Equações de predição de metano e efeito na produção de animais ruminantes

Bovinos, equações, metano, produtividade, ruminantes.

Izabelle Crystine Almeida Costa^{1*}

José Nery Rocha Junior²

Felipe do Nascimento Silva³

Jucelane Salvino de Lima⁴

Kedes Paulo Pereira⁵

¹Mestranda em Zootecnia, UFS. São Cristóvão, SE. *Email: izabelle.almeida@hotmail.com

²Mestre em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, UFC, Fortaleza, CE.

³Graduando em Zootecnia, UFAL. Maceió, AL.

⁴Doutora em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, UFRPE, Recife, PE

⁵Profº Adjunto, UFAL. Maceió, AL.

RESUMO

Vários estudos têm sido realizados acerca da produção de metano, principalmente, visando mitigar sua emissão. Pesquisas acerca das equações de predição da emissão são importantes, devido os métodos diretos serem onerosos, o que os torna pouco acessíveis. Os animais ruminantes produzem quantidades significativas de metano, cerca de 16% do total produzido pela humanidade, o que contribui para aumentar os efeitos drásticos da emissão de gases poluentes. No entanto, o manejo alimentar dos animais é uma estratégia de efeito em curto prazo para diminuição da emissão de metano pela pecuária, pois a produção de metano responde linearmente a aumentos no consumo de matéria seca (MS), sendo que para dietas com alta concentrado de grãos e a base de forragens tropicais tem-se observado taxas de incremento de 27 e 34 g de metano/kg de MS consumida, respectivamente. Ao contrário do que se acreditava até recentemente, a intensificação do uso das pastagens pode contribuir para a remoção do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, e mitigar o efeito estufa devido seu efeito na fermentação entérica, reduzindo emissão de metano e suas consequências ao meio ambiente em razão do aquecimento global, promovendo uma pecuária sustentável e eficiente.

Palavras-chave: bovinos, equações, metano, produtividade, ruminantes.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 17, Nº 02, mar/abr de 2020

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

METHANE PREDICTION EQUATIONS AND THEIR EFFECT ON RUMINANT ANIMAL PRODUCTION

ABSTRACT

Methane production responds linearly to increases in DM intake, and for rates with high concentrate grains or tropical fodder base, rates of increase of 27 and 34 g of methane /kg of DM consumed, respectively, has been observed. One of the alternatives to select efficient animals in the use of foods without changing the weight gain is the residual food consumption (RFC), proposed by Koch et al. (1963), which is the difference between the observed and the estimated consumption, taking into account the metabolic weight and weight gain. Nkrumah et al. (2006) and Hegarty et al. (2007) suggested that with the selection of low RFC animals it would be possible to reduce the daily emission of methane per animal due to lower consumption, without any losses to production. From the knowledge of the net requirements and taking into consideration the efficiency factors of the energy use of the food for maintenance and gain, the dietary requirements are obtained. In contrast to what has been thought to recently, intensification of pasture use to contribute to the removal of carbon dioxide atmospheric (CO₂) and mitigate the greenhouse effect and its consequences for the environment due to global warming, promoting sustainable and efficient livestock farming.

Keyword: bovines, equations, methane, productivity, ruminants.

INTRODUÇÃO

A potencialidade da pecuária para desenvolvimento do agronegócio é inquestionável; porém, atinente à sustentabilidade ambiental é notório a preocupação mundial acerca dos seus efeitos na emissão de gases de efeito estufa (GGE). Estima-se que o setor pecuário é responsável por 29% das concentrações de metano (CH₄) por fermentação entérica que têm contribuído nas alterações climáticas em nível global (USEPA, 2010).

A produção pecuária deve buscar alternativas para mitigação da emissão de metano pelos animais ruminantes que devem atenuar os efeitos ambientais, buscando como escopo sustentabilidade ambiental e produtiva, devido relevância para crescimento socioeconômico. A precípua alternativa para redução da emissão de CH₄ é através de estudos acerca da produção de animais ruminantes (MACHMÜLLER, 2006). Nesse sentido, o manejo nutricional torna-se relevante, por alterar a fermentação ruminal a partir da inibição de bactérias metanogênicas, minimizando a eructação e liberação de gases CH₄ no ambiente.

Além disso, o conhecimento acerca das causas e quantidades significativas de gases CH₄ produzidos é injunção por parte dos pesquisadores, a fim de inovar com tecnologias para mitigar seus efeitos diretos.

Desta forma, estudo das equações de predição de metano torna-se necessário, pois métodos diretos são mais onerosos e trabalhosos e não tão acessíveis, principalmente devido à continentalidade de extensão territorial e diferentes sistemas produtivos para serem avaliados; em que a equações validadas forneceram informações rápidas e precisas e ajustadas para cada realidade do sistema produtivo.

Emissões de gases de efeito estufa pelo setor agropecuário

O Brasil é conspícuo produtor de bovinos para corte e isto está relacionado ao elevado potencial do país para produção desses animais em sistema extensivo de produção e pelas características das forrageiras tropicais utilizadas como base da alimentação destes animais, o que apresenta em geral menor valor nutricional do que as da pecuária leiteira.

Nesse cenário o Brasil tem uma importante responsabilidade ambiental, uma vez que o ecossistema das pastagens, se bem manejados, passam a apresentar grande potencial de sequestrar carbono. Por outro lado, a pastagem degradada ou de baixa produtividade favorece o baixo desempenho dos animais, e a maior produção de gases poluentes por produto. Assim, há a necessidade de se estudar com maior ênfase as relações da produção de metano e de outros gases do efeito estufa com as fases e categorias animal de acordo com o manejo alimentar e sistema de produção adotado.

Os estudos realizados por Miller (1995), Johnson e Johnson (1995) e Mcallister et al. (1996) revelaram que a emissão de CH₄ proveniente da fermentação ruminal depende principalmente do tipo de animal, nível de consumo de alimentos, quantidade de grãos na dieta, tipo de carboidratos presentes na dieta, estágio de crescimento da planta forrageira, processamento da forragem, tamanho de partícula, suprimento de minerais, manipulação da microflora ruminal, da digestibilidade dos alimentos e da adição de lipídeos e ionóforos. Estes são importantes componentes que afetam e estão envolvidos na produção de CH₄ ruminal. Por essas razões, as indicações para a redução das emissões de CH₄ pela pecuária estão ligadas a medidas que refletem na melhor eficiência produtiva.

Trabalhos com o uso de forragens temperadas e bovinos do gênero *Bos Taurus*, de corte e leite, alimentados com forragem e concentrados de alta ou baixa inclusão na dieta, apresentam uma perda de 3,0 a 6,5% da energia bruta (EB) na forma de CH₄, quando alimentados com dietas contendo 85% e 65% de energia digestível (ED) respectivamente (EPA, 2005).

Apesar da melhora do valor alimentício da dieta ser considerado, uma das principais indicações para a redução do CH₄ de bovinos, esse fato deve ser analisado considerando todos os aspectos que envolvem a atividade e não de forma isolada, principalmente quando se incluem alimentos concentrados à dieta dos animais (PEDREIRA, 2005).

Nesta situação, os gastos energéticos envolvidos na

produção de grãos devem ser considerados, pois, muitas vezes, a redução da emissão de CH₄ de origem ruminal, causada pela inclusão desses alimentos à dieta, é compensada por um incremento muito maior da emissão de CO₂ proveniente da queima de energia fóssil pelas máquinas envolvidas nos processos de produção e transporte de grãos. Por conseguinte, pode haver grande geração de óxido nitroso (gás de efeito estufa 296 vezes mais potente em reter calor que o CO₂ e 13 vezes mais potente que o CH₄, pelos fertilizantes nitrogenados aplicados nas lavouras de grãos e nas pastagens.

Dessa forma, o desafio brasileiro passa a se aperfeiçoar sua imagem perante o mercado externo frente à situação ambiental a fim de manter sua produção de carne maximizada e dentro de padrões requeridos pelas pressões ambientais.

As estimativas apontam uma redução de 38,7% nas emissões de gases de efeito estufa o que está diretamente relacionado às inovações tecnológicas no campo. Porém, para que isso seja possível devem ser adotadas as técnicas adequadas de manejo das pastagens e a suplementação alimentar dos animais as quais têm sido identificados como os melhores meios de aumentar a eficiência de produção dos sistemas de gado de corte e de reduzir as emissões de gases do efeito estufa no setor, haja vista a melhoria na nutrição animal e os ganhos na eficiência reprodutiva (EPA, 2005).

A Metanogênese

A fermentação, que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes, é um processo anaeróbio, efetuado pela população microbiana ruminal, que converte os carboidratos em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente ácido acético (C₂), propiônico (C₃) e butírico (C₄). O rúmen é responsável por 90 a 100% da digestão dos carboidratos solúveis e ácidos orgânicos e entre 60 e 90% da digestão da celulose e hemicelulose, dependendo do grau de lignificação da forragem.

Em ruminantes consumindo apenas volumosos, a fermentação ruminal origina misturas de AGCC que molarmente apresentam as seguintes proporções: 60 a 72% de ácido acético, 15 a 23% de ácido propiônico e 12 a 18% de ácido butírico e, sendo que as variações

observadas nestas proporções são decorrentes do tipo e qualidade de dieta. Nesse processo fermentativo é produzido CO₂ que juntamente com a grande quantidade de hidrogênio (H₂) provindo da produção de ácido acético e butírico, são captados pelas bactérias metanogênicas favorecendo a metanogênese, em quantidades variáveis, dependendo da concentração e das proporções relativas dos ácidos produzidos (EUN et al., 2004).

A reação de formação de metano é considerada consumidora de energia, drenando o hidrogênio procedente de todas as reações químicas que ocorrem no rúmen, permitindo um melhor rendimento total de adenosina trifosfato (ATP). Esse maior rendimento proporciona a formação de mais células microbianas, aumentando, desta forma, a proteína disponível para o ruminante. Isso indica que a produção de metano traz benefício a estes animais, já que promove uma fermentação mais eficaz e mantém baixa a concentração de hidrogênio no rúmen (CHURCH, 1977).

Emissão de metano via fermentação entérica

O metano é o principal gás do efeito estufa emitido pelo setor da pecuária como resultado da fermentação entérica de animais domésticos e do manejo de seus dejetos. A fermentação ruminal, decorrente do metabolismo dos carboidratos vegetais, é um processo anaeróbio efetuado pela população microbiana ruminal. Nesse processo fermentativo é dissipado calor pela superfície corporal e são produzidos CH₄ e CO₂.

As emissões globais de metano, a partir do processo entérico dos ruminantes, representam 22% das emissões globais de metano (EPA, 2005a) e constitui a terceira maior fonte em escala global (USEPA, 2000). No Brasil, a pecuária tem sido responsabilizada pela emissão de 96% de metano proveniente de todas as atividades agrícolas, sendo a maior parte dela originária de áreas de pastagens extensivas (LIMA, 2002). Como a maioria destas pastagens está em processo de degradação, o aumento da produtividade é uma das opções para tornar a pecuária mais rentável (BERNARDI et al., 2009), o que poderia também mitigar as emissões de metano (VILELA et al., 2005).

Devido aos grandes investimentos necessários para a formação e para a reforma de pastagens, tem-se

buscado diversas técnicas para reduzi-los. No sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) a utilização do consórcio de culturas anuais com forrageiras pode ser preconizada na formação e na reforma de pastagens, na produção de forragem para alimentação animal na entressafra (KLUTHCOUSKI & AIDAR, 2003).

Variação da produção de metano por ruminantes

A produção de metano nos bovinos criados em ambiente tropical, quando mantidos em sistemas de pastejo, é afetada pela constituição morfológica e composição química das plantas forrageiras deste ambiente. Além disso, a temperatura ambiental também pode afetar a produção de gás, tanto indiretamente, pela interferência na composição química das plantas, como de forma direta, alterando o comportamento ingestivo do animal e as características da digestão (AAFC, 2003; MOSS, 2002).

A produção e emissão de gás metano em ruminantes acarretam significativas perdas. Esses valores podem variar entre 4 e 12% do total de energia bruta ingerida. No caso de bovinos de leite, os valores médios de fatores de emissão de metano podem variar de 81 a 118 kg de metano/animal/ano, respectivamente, para a América do Norte e países do leste europeu, enquanto, estima-se que em países africanos e asiáticos, as emissões variem de 36 a 56 kg de metano/animal/ano. Existem diferenças notáveis entre as emissões de metano nos diferentes sistemas de produção. Em experimentos em que bovinos de corte foram mantidos em pastejo houve a emissão de 0,23kg de CH₄/animal/dia e conversão de 7,7 a 8,4% da energia bruta em CH₄. Porém, quando o mesmo gado foi alimentado com rações de alta digestibilidade e dietas com alta participação de grãos, eles produziram 0,07 kg de CH₄/animal/dia correspondendo a 1,9 a 2,2% da energia bruta do alimento em CH₄ (HARPER et al., 1999).

Os animais jovens ingerem mais matéria seca em porcentagem do peso vivo do que animais adultos, podendo resultar em maior emissão de metano por peso vivo. Uma vez que a produção de gases varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento

ingerido, as várias modalidades e condições de sistemas de criação dos ruminantes implicam em fatores diferentes de emissão de gases poluentes. O incremento na utilização de energia é citado na literatura como estratégia mais eficaz na redução na emissão de CH₄ por unidade de produto (carne ou leite) pelos ruminantes (LOVETT et al., 2005; O'HARA et al., 2003).

O desempenho mais elevado dos animais pode reduzir a emissão de CH₄ em função da redução no número de animais no sistema de produção, considerando ainda que, em criações que visam produção de carne, o acréscimo no desempenho dos animais resulta em menor permanência do animal no sistema, reduzindo a produção do gás durante o ciclo de vida (MOSS & GIVENS, 2002).

Principais métodos e equações para estimativas de Metano

Métodos para a medição de CH₄ em animais, usando câmaras fechadas confeccionadas com tubos de PVC, foram descritos em Lockyer (1997) e em Estados Unidos (1990). Em animais criados em regime de pastagem, Johnson e Johnson (1995) desenvolveram a técnica empregando o hexafluoreto de enxofre (SF₆) como gás traçador interno. Essa técnica consiste na colocação de um tubo de permeação, que libera o SF₆ a uma taxa previamente conhecida, no rúmen do animal e as amostras de CH₄ e SF₆ são coletadas nas proximidades da boca e narina do animal. Assume-se nesse método que o padrão de emissão de SF₆ simula o padrão de emissão de CH₄. O fluxo de CH₄ liberado pelo animal é calculado em relação ao fluxo de SF₆ (WESTBERG et al., 1998).

Além desta técnica citada, estudos para mensurar as perdas de energia pela produção de metano através das câmaras respirométricas também podem ser desenvolvidos. As Câmaras respirométricas são instrumentos para o estudo da nutrição e permitem avaliar tanto o alimento quanto o animal. Trata-se de um compartimento fechado, onde os animais se alimentam dotado de equipamentos sofisticados de aferição. Quando um animal ruminante consome um determinado alimento, ocorre um processo de fermentação e o resultado é a produção de gases e

a perda de calor.

Nas câmaras respirométricas é possível mensurar este fenômeno, calculando o quanto está sendo consumido de oxigênio e a quantidade de gases emitidos no processo. São medidas também as perdas na forma de incremento calórico, urina e fezes. Em suma, o uso de câmara respirométrica em estudos de bioenergética, permite o estudo detalhado do processo digestivo e metabólico, de como o alimento é aproveitado pelo animal. Porém, apesar de precisa, a técnica apresenta como principal desvantagem o uso de animais treinados e alto custo de aparelhagem.

Desta forma, outra técnica, o uso de equações para estimar a produção de metano parece ser mais utilizado para estimar as perdas energéticas desses animais. Assim, nos cálculos de exigências dos ruminantes várias equações são propostas para mensurar estas perdas, inclusive a produção de metano partindo da Energia Bruta dos alimentos.

A diferença entre energia bruta dos alimentos e a energia perdida nas fezes é denominada energia digestível (ED). Um termo utilizado é nutrientes digestíveis totais (NDT), o qual mensura a energia digestível em unidade de peso. Portanto, da relação entre os dois tem-se que 1 kg de NDT corresponde a 4,4 Mcal de ED (SCHNEIDER & FLATT, 1975).

A energia metabolizável (EM) é a medida da energia da dieta que é disponível para o metabolismo, sendo descontadas as perdas de energia pela urina e gases (principalmente metano) as quais são subtraídas da ED. A unidade utilizada para expressar o valor energético dos alimentos foi Mcal/kg de MS. A conversão do valor de ED dos alimentos em EM foi realizada por meio da equação (1), (unidades em Mcal/kg de MS):

$$EM = 0,82 * ED \text{ (ARC, 1965) (eq.1).}$$

A energia líquida (EL) representa a energia recuperada na forma de produto animal. Esta pode ter valor negativo para animais que estão sendo alimentados abaixo da sua exigência de manutenção. A utilização da EL como parâmetro de energia é de difícil adoção já que a eficiência de utilização da EM

da dieta para EL (produto animal) varia com o estado fisiológico do animal (manutenção, crescimento, lactação e gestação) e com a composição da dieta (NRC, 1984). Essas complicações foram contabilizadas no sistema de energia líquida para gado de corte onde são atribuídos dois valores de energia líquida para cada alimento. Da mesma forma, as exigências dos animais foram similarmente (e arbitrariamente) subdivididas. A energia líquida disponível para manutenção é determinada ELM, e a energia líquida disponível para o crescimento é determinada ELG.

estadofisiológico do animal (manutenção, crescimento, lactação e gestação) e com a composição da dieta (NRC, 1984). Essas complicações foram contabilizadas no sistema de energia líquida para gado de corte onde são atribuídos dois valores de energia líquida para cada alimento. Da mesma forma, as exigências dos animais foram similarmente (e arbitrariamente) subdivididas. A energia líquida disponível para manutenção é determinada ELM, e a energia líquida disponível para o crescimento é determinada ELG.

A conversão do valor de EM dos alimentos para EL é possível através das seguintes equações cúbicas (eq. (02) e (03), unidades em Mcal/kg de MS):

$$ELM = 1,37EM - 0,138EM^2 + 0,0105EM^3 - 1,12 \text{ (GARRET, 1980a) (02);}$$

$$ELG = 1,42EM - 0,174EM^2 + 0,0122EM^3 - 1,65 \text{ (GARRET, 1980b) (03).}$$

Hoffmann (2007) descreveu os procedimentos e equações que objetivam estabelecer relações confiáveis entre desempenho e exigências nutricionais. De acordo com o autor, tais equações são adotadas internacionalmente e ajustadas para diferentes condições, graças a resultados de pesquisas nacionais. Este autor propôs uma adaptação da equação de Garret (1980a) ao incluir um ajuste (eq. (04)) quanto ao uso ou não de ionóforos, e, quando utilizado, deve-se identificar o tipo do mesmo. O fator de ajuste considera as modificações no padrão da fermentação microbiana, através do aumento da produção de propionato e menor atividade via de produção de metano. Isso altera a quantidade de energia líquida disponível para

o animal, já que aumenta a retenção de energia nos produtos da fermentação (MULLER, 1995).

Uma das vantagens do uso de ionóforos para bovinos pode ser atribuída à sua ação inibitória seletiva sobre as bactérias Gram-positivas do rúmen, resultando em uma microbiota predominantemente de bactérias Gram-negativas produtoras de succinato e propionato. A maior produção de propionato está associada à menor formação de metano e gás carbônico, resultando em maior eficiência na conversão de energia. Conseqüentemente, os valores de energia líquida dos alimentos (ELm) são aumentados quando fornecidos ionóforos da seguinte forma 04 (HOFFMANN, 2007):

$$ELm = (1,37EM - 0,138EM^2 + 0,0105EM^3 - 1,12) * \text{fator ionóforo (04)}.$$

Alguns modelos de equações para estimativa da produção de metano são encontrados na literatura científica. Na Tabela 1 estão representadas algumas dessas equações.

Tabela 1. Lista de modelos publicados para predição da produção de metano por gado de leite.

Fonte	Equações para predição da produção de metano (MJ/d)
Kriss (1930)	$75,42 + 94,28 \times CMS \text{ (kg/d)} \times 0,05524 \text{ (MJ/g de metano)}$
Axelsson (1949)	$-2,07 + 2,636 \times CMS \text{ (kg/d)} - 0,105 \times CMS^2 \text{ (kg/d)}$
Blaxter e Clapperton (1965)	$5,447 + 0,469 \times (\text{Consumo de ED em nível de manutenção, em \% de EB}) + \text{múltiplo de manutenção} \times [9,930 - 0,21 \times (\text{Consumo de ED em nível de manutenção, em \% de EB}) / 100 \times CEB \text{ (MJ/d)}]$
Moe e Tyrell (1979)	$0,341 + 0,511 \times CNE \text{ (kg/d)} + 1,74 \times HC \text{ (kg/d)} + 2,652 \times C \text{ (kg/d)}$
Mills et al. (2003)	(1) $5,93 + 0,92 \times CMS \text{ (kg/d)}$ (2) $8,25 + 0,97 \times CEM \text{ (MJ/d)}$
Eq. Lineares	(3) $1,06 + 10,27 \times \text{proporção de}$

forragem $+0,87 \times CMS \text{ (kg/d)}$

Mills et al. (2003)
Eq. não lineares

(1) $56,27 \times (1 - e^{-[-0,028 \times CMS \text{ (kg/d)]})}$
(2) $45,89 \times (1 - e^{-[-0,003 \times CEM \text{ (MJ/d)]})}$

Ellis et al. (2007)

$8,56 + 0,14 \times (\% \text{ forragem})$
 $3,23 + 0,81 \times CMS \text{ (kg/d)}$

*CMS= Consumo de Matéria Seca, ED =Energia Digestível, CEB =Consumo de Energia Bruta, CEM =Consumo de Energia Metabolizável.

Fonte: Seongwon Seo (2012).

Inibidores da Produção de Metano

Para reduzir as perdas por metanos 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. 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. A manipulação da fermentação ruminal tem como principais objetivos aumentar a formação de ácido propiônico e diminuir a formação de metano (SANTANA NETO et al., 2012).

Alguns ionóforos como a monensina, lasolacida e salinomocina, proporcionam um aumento na produção de propionato e principalmente a monensina, tem sido empregada na alimentação de ruminantes.

Trabalhos têm mostrado os efeitos inibitórios da Monensina na produção de CH₄ de origem ruminal. Domescik & Martin (1999), ao estudarem os efeitos da monensina na fermentação in vitro por microrganismos ruminais, utilizando novilhas alimentadas com milho moído e feno de alfafa, observaram que a monensina diminuiu a concentração de CH₄ e a razão acetato: propionato.

Ao verificar a influência da monensina sódica sobre o consumo e a fermentação ruminal em bovinos alimentados com dietas contendo dois teores de proteína, Oliveira et al. (2005), observaram que o fornecimento de monensina sódica a novilhas holan-

deses diminuiu o consumo de matéria seca e promoveu mudança nos produtos da fermentação ruminal, o que possivelmente está relacionado à alteração na população microbiana.

Zinn & Borques (1993), ao fornecerem monensina, cerca de 33 mg/kg, a novilhos holandeses, alimentados com dietas à base de milho floculado e forragem, verificaram diminuições na concentração ruminal dos ácidos acético (5,3%) e butírico (29,4%) e aumento do ácido propiônico (16,3%).

Os ionóforos podem reduzir a produção de CH₄ em 25% e a ingestão de alimentos em 4%, sem afetar o desempenho animal (TEDESCHI et al. 2003). Portanto a utilização de ionóforos é capaz de reduzir a produção de gás metano, propiciando ao animal uma maior eficiência na conversão de energia.

Contudo, apesar da utilização de ionóforos diminuir a produção de metano, essas substâncias apresentam certas inconveniências. Principalmente pelo fato da utilização de ionóforos diminuir a atividade dos microrganismos celulolíticos e, conseqüentemente, ocorre uma diminuição da digestibilidade da fibra, sendo assim de pouca utilidade o uso de ionóforos para diminuir a produção de metano em animais em pastejo, os quais são os principais responsáveis pela produção de metano. De forma geral, os ionóforos são utilizados em dietas contendo um teor elevado de carboidratos não estruturais, que naturalmente já acarretam uma diminuição na metanogênese (BELEZE, 2005).

No entanto, de acordo com o regulamento 1831/2003, os países membros da União Europeia, devido ao aumento da preocupação dos consumidores em relação à qualidade e segurança dos alimentos, tomando como estratégia o combate às ameaças à saúde de humanos, animais e plantas causadas pela resistência microbiana aos antibióticos, proibiram o uso de todos os aditivos promotores de crescimento em animais (EC, 2003). Mediante as restrições do uso de antibióticos, a manipulação ruminal, por meio de substâncias naturais introduzidas na ração ou naturalmente presentes nos alimentos, tem oferecido alternativas para aumentar a eficiência de utilização das dietas consumidas pelos ruminantes, como é o caso da própolis, substância resinosa produzida por abelhas

através da coleta de extratos vegetais misturados à cera, pólen e enzimas secretadas pelos próprios insetos, e dos óleos funcionais, componentes secundários dos vegetais, extraídos mediante destilação a vapor ou extração com solventes, com função antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiana.

Estudos apresentam resultados diversos, mas promissores, sobre a utilização de própolis como aditivo alimentar para ruminantes, em substituição a Monensina. Segundo Mirzoeva et al. (1997), a própolis e alguns de seus componentes se caracterizam como ionóforos, atuando sobre a permeabilidade da membrana citoplasmática bacteriana aos íons, causando a dissipação do potencial de membrana. Ao estudar a ação antibacteriana da própolis utilizando bactérias Gram-positivos (*Bacillus subtilis*) e bactérias Gram-negativos (*Escherichia coli* e *Rhodobacter sphaeroides*) como modelos em diferentes concentrações, Mirzoeva et al. (1997), observaram que a concentração de própolis que inibiu o crescimento da bactéria *B. subtilis* em 50% foi de 200 µg/ml e o que inibiu o crescimento de *E. coli* em 50% foi de 450 µg/ml, mostrando que a bactéria Gram-positiva (*B. subtilis*) foi relativamente mais sensível aos efeitos bactericidas da própolis do que a bactéria Gram-negativa (*E. coli*).

A redução de CH₄ utilizando própolis como um ionóforo natural é baseada na ideia de inibição da motilidade bacteriana, principalmente as bactérias Gram-positivas presentes no rúmen, onde são as maiores produtoras de H₂ na fermentação ruminal, molécula percussora do gás metano.

Stradiotti Jr. et al. (2004), avaliando a ação da própolis marrom sobre a fermentação ruminal, observaram que o extrato de própolis não afetou as concentrações de amônia e proteína microbiana, o pH ruminal e as proporções molares de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), no entanto aumentou a concentração total de AGCC e diminuiu a atividade de produção de amônia pelos microrganismos ruminais.

Em busca de novas alternativas que visam modificar a microbiota ruminal para melhorar a

a eficiência de digestão e produção de gás metano, há a tentativa no uso de óleos funcionais como aditivos a serem incluídos na dieta de ruminantes.

Óleos extraídos de determinadas plantas podem interagir com a membrana celular microbiana e inibir o desenvolvimento de algumas bactérias ruminais Gram-positivas e Gram-negativas. A adição de alguns destes extratos de plantas no rúmen tem provocado uma diminuição da relação acetato:propionato, com a conseguinte redução da produção de metano no rúmen.

Martinele et al. (2008), ao estudar os efeitos da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos, utilizando vacas lactantes, com 155 dias em lactação, observaram que o óleo de soja, alimento de alta fonte de lipídios insaturados, aumentou as proporções de propionato nos ácidos graxos voláteis com redução no número total de protozoários, e consequentemente, indicando uma redução na emissão de metano por ruminantes, com redução no número de protozoários que interferem na atividade das bactérias Gram-positivas, de maneira similar aos ionóforos.

CONCLUSÃO

A crescente demanda por carne no Brasil repercute em maior produção e pesquisas que visem à obtenção de informações e técnicas menos onerosas sobre o potencial de produção e emissão de metano pela pecuária de corte brasileira, conforme principais sistemas de produção animal com potencial de adoção, para que seja possível manter e melhorar os índices de produtividade, a eficiência de produção e a geração de créditos de carbono e mitigação da emissão de metano entérico por animais ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND AGRI-FOOD CANADA - AAFC. **Estimates of emissions methane.** Disponível em: <http://www.agr.car/research/Healthy_Air>Online. Acesso em: 20 jun.2013

BELEZE, J.R.F. Digestibilidade e parâmetros ruminais de rações com teores de concentrado e adição de ionóforo ou probiótico para bovinos e bubalinos. 2005. 179p. **Dissertação** (mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, PR, 2005.

BERNARDI, A. C. de C.; VINHOLIS, M. de M. B.; BARBOSA, P. F.; ESTEVES, S. N. **Renovação de pastagem e terminação de bovinos jovens em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP: resultados de três anos de avaliações.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. (Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento / Embrapa Pecuária Sudeste; 24). 23p.

CHURCH, D.R.; POND, W.G. **Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos.** Zaragoza: Editorial Acribia, 1977. 462 p.

DOMESCIK, E.J.; MARTIN, S.A. Effects of laidlomycin propionate and monensin on the in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, p.2305-2312, 1999.

EC - European Union. REGULAMENTO (CE) N.º 1831/2003 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 22 de Setembro de 2003 relativo aos aditivos destinados à alimentação animal. **Official Journal of the European Union.** 2003. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32003R1831>> Acesso em: 3 set. 2019.

ELLIS, J. L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N. E.; MCBRIDE, B. W. ; OKINE, E. K. and FRANCE, J. Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. **Journal Dairy Science**, v.90, p.3456-3467, 2007.

EPA. **Detecting and Mitigating the Environmental Impact of Fecal Pathogens Originating from Confined Animal Feeding Operations: Review.** U.S. Environmental Protection Agency. September 2005.

EUN, J.S.; FELLNER, V.; GUMPERTZ, M.L. Methane production by mixed ruminal cultures incubated in dual flow fermentors. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.87, p.112-121, 2004.

- GARRETT, W.N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. 1980. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 8, Cambridge, 1980. *Proceedings...* Butterworths, London: EAAP Publ. n.28. 1980a.p.3-7.
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal Animal Science**, 51(6):1434-1440. 1980b.
- HARPER, L.A.; DENMEAD, O.T.; FRENEY, J.R.; BYERS, F. M. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, p.1392-1401, 1999.
- HEGARTY, R.S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduce daily methane production. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.1479-1486, 2007.
- HOFFMAN, A. J. The coming market shift: Climate change and business strategy. In: TANG, K.; YOEH, R. (eds.) *Cut Carbon, Grow Profits: business strategies for managing climate change and sustainability*. Middlesex University Press, Londres, p. 101-118, 2007.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492, 1995.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 183-225.
- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.
- LIMA, M.A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.19, p. 451-472, 2002.
- LOCKYER, D.R. Methane emissions from grazing sheep and calves. *Agricultural Ecology & Environment*, v.66, p.11-18, 1997.
- USEPA. **Evaluation ruminant livestock efficiency projects and programs: peer review draft**. Washington: United States Environmental Protection Agency, 2000. 48p.
- LOVETT, D.K.; STACK, L. J. ; LOVELL, S.; CALLAN, J.; FLYNN, B; HAWKINS, M.; O'MARA, F.P. Manipulation genetic methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.88, p.2836-2842, 2005.
- MACHMÜLLER, A.; OSSOWSKI, D. A; WANNER, M.; KREUZER, M. Potential of various fatty feed store reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.71, p-117-130, 1998.
- McALLISTER, A.T., OKINE, E.K., MATHISON, G.W.; CHENG, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.76, p. 231-243,1996.
- MARTINELE, I. EIFERTI, E. C. LANAI, R. P. ARCURI, P. B. D'AGOSTO, M. Efeito da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1129-1136, 2008.
- MILLER, T.L. Ecology of methane production and hydrogen sink in the rumen. In: ENGELHARDT, W. V., LEONHARD-MAREK, S., BREVES, G., GIESSECKE, D. (Ed). *Ruminant Physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction*. Stuttgart: Ferdinand EnkeVerlag. 1995. p. 317-332.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Tecnologia faz agropecuária desacelerar ritmo de emissões de gases de efeito estufa, revela relatório do MCTI. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/tecnologia-faz-agropecuaria-desacelerar-ritmo-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-revela-relatorio-do-mcti>>. Acesso em: 12 ago. 2019.
- MIRZOEVA, O.K.; GRISHANIN, R.N.; CALDER, P.C. Antimicrobial action of propolis and some of its components: the effects on growth, membrane potential and motility of bacteria. **Microbiology Research**, v.152, n.3, p.239-246, 1997.
- MOSS, A.R. Environmental control of methane production by ruminants. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE – GGAA, v.1, 2001,

- Hokkaido. Proceedings... Hokkaido: Greenhouse Gases and Animal Agriculture. 2001. p.35-43.
- MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The effect of supplement in grass silage with soyabe an meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation an methane production in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.97, p.127-143, 2002.
- MULLER, R.D. **Rumen sin and tyl an feed lot technical manual**. Indianapolis: Elanco animal health, 1995. 50p.
- NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, p.145-153, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1984. 90p.
- O'HARA, P.; FRENEY, J.; ULYATT, M. **Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements. Report prepared for the Ministry of Agriculture and Forestry on Behalf of the Convenor, Ministerial Groupon Climate Change, the Minister of Agriculture and the Primary Industries Council**. New Zealand: Crown Copyright – Ministry of Agriculture and Forestry, 2003. 170p. Disponível em: <www.maf.govt.nz/publications>. Acesso em: 13 ago. 2019.
- OLIVEIRA, M. V. M. LANA, R. P. JHAM, G. N. PEREIRA, J. C. PÉREZ, J. R. O. FILHO, S. C. V. Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1763-1774, 2005.
- PEDREIRA, S.M.; PRIMAVESI, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 497-511.
- RAMIN, M. and HUHTANEN, P. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. **Journal of Dairy Science**, n.96, p.2476-2493, 2013.
- SANTANA NETO, J.A, OLIVEIRA, V.S, VALENÇA, R.L, CAVALCANTE, L.A.D. Características da Fermentação Ruminal de Ovinos em Pastejo – revisão de literatura. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, n. 19, 2012.
- SCHNEIDER, B.H.; FLATT, W.P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. Athens: University of Georgia Press, 1975. 423p.
- SEONGWON SEO. Application of models to predict methane emissions by dairy cattle. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.11, n.17, p.3198-3201, 2012.
- STRADIOTTI JR., D. QUEIROZ, A.C. LANA, R.P. et al. Ação da própolis sobre a desaminação de aminoácidos e a fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1086 -1092, 2004.
- TEDESCHI, L.O.; FOX D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential environment al benefits of ionophores in ruminant diets. **Journal Environmental Quality**, v.32, n.7, p.1591-1602, 2003.
- UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Methane Emissions From. 2010. Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>. Acesso em: 9 abr. 2019.
- VILELA, L.; MARTHA JR., G.B.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P. Pasture degradation and long-term sustainability of beef cattle systems in the Brazilian Cerrado. "Discussion draft presented at the Symposium Cerrado Land- Use and Conservation: Assessing Trade-Offs between Human and Ecological Needs. XIX Annual Meeting of the Society for Conservation Biology Conservation Biology Capacity Building &Practice in a Globalized World, Brasília, Brazil. 15-19 July 2005.
- WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants**. Washington State University, Pullman, Washington, 1998. 40p.
- ZINN, R.A.; BORQUES, J.L. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high energy growing-finishing diet by feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.18-25, 1993.