



Bioprodutos do cerrado: alternativas alimentares na redução da emissão de metano em bovinos – estudo de caso

Bioproducts cerrado: food alternatives in reducing methane emissions from cattle - a case study

Euclides Reuter de Oliveira¹, Flávio Pinto Monção¹, Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Góes¹, Andréa Maria de Araújo Gabriel¹, Ibiara Correia de Lima Almeida Paz¹, Irenilza de Alencar Nääs¹, Rodrigo Couto Santos, Lais Valenzuela Moura¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Rod. Dourados-Ithum, km 12, CP. 533, CEP: 79804-970, Dourados, MS. E-mail: euclidesoliveira@ufgd.edu.br

Recebido em: 24/11/2012

Aceito em: 29/10/2013

Resumo. As interações entre fatores de produção animal e o impacto ambiental, causado por diversas atividades, tem apresentado cada dia mais, discussão e pesquisas relacionadas com mudanças climáticas mundiais e perdas de energia do animal na forma de metano produzido durante a fermentação entérica. Com o incremento da preocupação do aquecimento global e seus impactos, as atividades antrópicas têm sido referenciadas por contribuir com aquecimento do planeta. Sendo a pecuária apontada como uma das atividades que prejudicam o meio ambiente. O Brasil é o país que apresenta o maior rebanho bovino comercial do mundo, além de apresentar um amplo território explorado na forma de pastagens que são fonte de alimentação para os ruminantes. Sendo assim, objetivou-se por meio deste documento reunir informações referentes à utilização de bioprodutos do cerrado brasileiro na alimentação de ruminantes para redução da produção de metano. Diversos alimentos aditivos têm sido utilizados visando mitigar o metano entérico produzido pelos ruminantes, no entanto, pouco ainda são as pesquisas com alimentos oriundos do cerrado Brasileiro. Algumas das vantagens destes alimentos são a grande disponibilidade ao longo do ano e o baixo custo de produção, uma vez que os mesmos são extraídos da natureza.

Palavras-chave. Ambiente, produção animal, ruminantes, pecuária sustentável

Abstract. The interactions between factors of animal production and the environmental impact caused by various activities, has brought increasingly, discussion and research related to global climate change and energy losses of the animal in the form of methane produced during enteric fermentation. With the increased concern about global warming and its impacts, human activities have been referenced by contributing to global warming. Being identified as ranching activities that harm the environment. Brazil is the country that has the largest commercial cattle herd in the world, besides presenting a broad territory explored in the form of grasslands that are the source of food for ruminants. Therefore, the aim of this document by gathering information regarding the use of bioproducts in the Brazilian cerrado ruminant feed to reduce methane production. Several food additives have been used to mitigate enteric methane produced by ruminants, however, are still little research on food from Brazilian cerrado. Some of the advantages of these foods are widely available throughout the year and the low production costs, since they are extracted from nature.

Keywords. Environment, livestock, ruminants, sustainable livestock

Introdução

Diversos eventos (Conferência de Estocolmo; Conferência de Quioto; Conferência ECO-92; Conferência Rio+20) têm sido realizados pelo mundo com o objetivo de discutir a redução da emissão dos gases causadores de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido

nitroso (N₂O), prejudiciais ao meio ambiente. Uma das reuniões mais marcantes com este intuito foi a Conferência de Quioto onde ficou estabelecido um tratado com processos direcionados e rigorosos para a redução dos gases que provocam o efeito estufa. Este protocolo introduziu o conceito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (Conferência de



Quioto) na busca de alternativas para a redução dos problemas referentes às mudanças climáticas. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) tem dois objetivos: diminuir o custo global da redução de emissões de gases do efeito estufa e promover a sustentabilidade nos países.

O modelo Brasileiro de implantação do MDL consiste na produção de ruminantes de forma sustentável, embasada no uso de alimentos alternativos e de baixo custo, exploração de animais de maior potencial genético, manejo de forragem e utilização de estratégias de manejo dos animais como o confinamento.

O protocolo de Quioto estabeleceu como meta aos países desenvolvidos e em desenvolvimento, diminuir a quantidade de seis gases do efeito estufa (GEE) em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990, entretanto, o prazo para os países colocarem em execução tal plano situou-se entre 2008 e 2012. No entanto, o que aconteceu nesse período foi o contrário, segundo Butler (2011), a taxa de emissão dos GEE, principalmente dióxido de carbono e metano incrementou até meados de 2011 e em resposta ao protocolo de Montreal está em declínio (Montzka et al., 2011).

Dentre as principais fontes de emissão de GEE, destaca-se a pecuária, responsável por 25% da emissão total dos GEE. O metano representa entre 30 e 50 % do total de GEE emitidos, sendo os sistemas de produção de ruminantes considerados a fonte mais importante em função da fermentação entérica, sendo responsável por cerca de 80 % das emissões de metano no mundo.

Um dos países com maior rebanho bovino do mundo é o Brasil (ANUALPEC, 2010), com isso, o país apresenta-se como uns dos principais emissores potenciais de metano, uma vez que este composto é oriundo do processo fermentativo dos ruminantes e liberado na natureza, contribuindo assim com o efeito estufa.

O metano é produzido no rúmen por um grupo especializado de bactérias que pertencem ao domínio *Archaea* (Janssen & Kirs, 2008). Entretanto, além da complexa e diversa microbiota ruminal a que compõem o gênero *Archea*, acredita-se que outros microrganismos podem ter um impacto sobre a produção de metano, devido favorecer um ambiente adequado para o desenvolvimento das bactérias metanogênicas, principal representante do gênero, ou pela produção

e utilização de substratos. Desta forma, pesquisas estão sendo feitas com o intuito de caracterizar e catalogar os componentes do gênero (Attwood et al., 2008).

Visando contribuir com a redução da emissão de gases poluentes como o metano e manter a produção animal, poucas pesquisas estão sendo desenvolvidas no Brasil e no mundo com o intuito de criar novas alternativas alimentares que promovam o equilíbrio ecodinâmico entre a produção de ruminantes e o meio ambiente.

Algumas estratégias mitigadoras de metano tem sido testada, incluindo alterações na composição da dieta e a utilização de produtos químicos e aditivos de plantas naturais. Entretanto, a maioria destas estratégias ainda não está sendo amplamente utilizada devido à baixa eficácia, baixa seletividade, a toxicidade de produtos químicos em direção ao animal, ou o desenvolvimento de resistência microbiana aos compostos anti-metanogênicos (Hook et al., 2010; Buddle et al., 2011; Goel & Makkar, 2012).

Desta forma, a exploração de pesquisas com fontes alimentares alternativas e que promovam a redução da produção de metano entérico sem alterar a produção animal é desejável tanto como uma estratégia para reduzir as emissões globais, bem como um meio para melhorar a eficiência da conversão alimentar.

Como o Brasil é um país de clima predominante tropical e possui vários biomas ricos em fauna e flora, destaca-se a importância do bioma cerrado, constituído principalmente pela extensão territorial e a diversidade de frutíferas que são amplamente utilizadas na nutrição humana e animal. Diversas frutas e derivados têm sido estudadas na alimentação de ruminantes visando à redução da produção de metano pelos bovinos, ovinos e caprinos. Existem poucas pesquisas com metodologias e resultados práticos e disponíveis aos pecuaristas. Desta forma, há necessidade de continuar pesquisando novos alimentos disponíveis na natureza, de baixo custo e que contribuam com o meio ambiente.

Com base no exposto, objetivou-se por meio deste trabalho reunir informações referentes à importância e utilização de bioprodutos do cerrado na alimentação de ruminantes para redução da produção de metano entérico.



Origem e Emissões de Metano

Dentre os gases particularmente relacionados com a atividade agropecuária, se destaca o dióxido de carbono e metano. No entanto, existem outras fontes de emissão destes gases, que são: gás natural e petróleo, aterros sanitários de resíduos sólidos, manejo do adubo orgânico, resíduos de tratamento de água, revolvimento do solo, lavouras de arroz, queima de combustíveis fósseis e queimadas de resíduos de lavouras (Hogan, 1993) e atualmente as hidrelétricas (Fearnside, 2008).

No processo de fermentação entérica, o metano (CH₄) produzido e eructado é resultado normal do trato digestório dos rebanhos, produzido por um grupo especializado de microrganismos que pertencem ao domínio *Archaea*, particularmente dos animais ruminantes (Janssen & Kirs, 2008).

O gás metano é um dos produtos finais normal da fermentação ruminal e por ser considerado um fator reducional no potencial produtivo energético, devido à presença do átomo de carbono que constitui a molécula do metano, este tem sido alvo de estudos por décadas (Howden & Reyenga, 1999).

A microbiota ruminal degrada os carboidratos convertendo-os principalmente em glicose-1-P, a qual é posteriormente oxidada até ácido pirúvico mediante o ciclo de Embden-Meyerhof e, posteriormente até acetato e propionato mediante a ação da enzima piruvato-liase (Van Soest, 1994). A energia metabólica para as bactérias é liberada mediante a fosforilação do substrato em duas reações. A primeira consiste na desidrogenação do gliceraldeído-3-P ligado a NAD. Na segunda, as reações da piruvato-liase produzem acetil-Coenzima A, que é convertida em acetato+ATP. Na primeira reação, os elétrons e prótons são transferidos ao NAD e na segunda, à ferredoxina ou compostos relacionados, e posteriormente prótons ou H⁺ e CO₂, obtendo-se formato, o qual é ativamente convertido a metano (Church, 1998) por bactérias dos gêneros *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Metanomicrobium* e *Methanosarcina* (Baker, 1999).

Por apresentar um trato gastrointestinal diferenciado, os ruminantes podem converter diferentes materiais vegetais ricos em fibras e sem utilização na alimentação humana, em alimentos nutritivos de alto valor biológico, como o leite e a carne (Lana, 2005) a partir da fermentação da

matéria orgânica por intermédio da microbiota ruminal.

Pesquisas relatam que, além do metano, outros gases importantes que contribuem para o efeito estufa, também são produzidos pelos ruminantes, como óxido nitroso (NO₂) e o gás carbônico (CO₂) e que influenciam na mudança global do clima (USEPA, 2010).

A atividade agropecuária é responsável por 15 a 22% do total de metano produzido no mundo (USEPA, 2010). O metano entérico representa entre 30 e 50% do total dos GEE emitido a partir de animais ruminantes que representam a fonte mais importante, sendo responsável por cerca de 80% das emissões de metano do setor agropecuário (Gill et al., 2010).

Esses resultados são provavelmente influenciados pelo fato de o Brasil ter realizado abertura de novos campos agropecuárias, por meio de desmatamento e queimadas, além de possuir matriz energética essencialmente fundamentada em geração hidroelétrica, diminuindo a participação do setor industrial e transportes frente à agropecuária e o tamanho de rebanho bovino brasileiro, com liderança na produção e exportação de vários produtos de origem agropecuária.

Mesmo tendo grande potencial para a emissão de metano via agropecuária, existem outras fontes que deveriam ser trabalhadas como o desmatamento que tem um tempo de vida e uma contribuição relativa ao efeito estufa maior. Neste sentido, o Brasil tem adotado fortes punições e trabalhos de conscientização da população nacional e local na preservação das florestas.

Assim, como para redução do desmatamento diversas pesquisas no setor agropecuário estão sendo desenvolvidas, novos produtos estão sendo testados, visando à redução da emissão de dióxido de carbono e metano sem afetar a produção animal, o que é interessante, uma vez que a FAO (2006) relata que a demanda mundial por carne e leite está prevista para dobrar até 2050, portanto, é necessário identificar tecnologias para mitigar as emissões de metano pelos ruminantes, sem diminuir o número de animais ou sua produtividade.

Mesmo assim, os sistemas de produção animal são considerados importantes fontes de metano (CH₄), devido ao processo digestivo da fermentação entérica dos animais e processamentos anaeróbicos de dejetos gerados por este, como



lagoas anaeróbicas, e outras formas de manejo de dejetos na forma líquida (Lima et al., 2006).

Os níveis de emissão de metano podem variar significativamente de um país e/ou região para outra, dependendo de vários fatores, como: características climáticas, industriais e agrícolas de produção, tipos de energia e uso e práticas de gestão de resíduos (Usepa, 2011).

Para Berchielli et al. (2012), o rebanho total do Brasil representa em torno de 3,3% do metano produzido por atividades humanas, e 10% do metano ruminal produzido no mundo, sendo que dispositivos de satélites indicam que o entrave mais grave de metano esta sobre os arrozais da Ásia, áreas que tem o solo exposto e nenhum elemento vaporizador (bosques, árvores, reservas legais, entre outros).

Formação de Metano

O metano é um composto gasoso, inodoro e incolor, sua forma molecular é um tetraedro e apolar (CH_4), ou seja, pouca solubilidade na água e, quando disponível na presença de oxigênio (O_2) este se transforma uma mistura de alto teor explosivo. O metano foi descoberto e estudado por Alexandre Giuseppe Volta, em 1668 e é considerado o mais simples dos hidrocarbonetos (Saffioti, 1968; Vieira et al., 2010).

Em ruminantes, o gás metano é resultado da ligação de carbonos e hidrogênios disponibilizados a partir dos mecanismos de degradação dos alimentos, principalmente volumosos, pela microbiota ruminal (Pedreira et al., 2009). Esse processo é de extrema importância na viabilização e funcionamento do rúmen, pois o metano é uma perda de energia benéfica para o animal (Johnson & Johnson, 1995).

No entanto, o metano produzido é um sumidouro de H^+ do rúmen, evitando a redução do pH e garantindo a fermentação da matéria orgânica, principalmente pelas bactérias e fungos que são sensíveis a redução do pH ruminal (Johnson et al. 1994). Sua produção em bovinos adultos chega a variar de 250 a 500 L ao dia (Lascano & Cárdenas, 2010).

O metano é produzido na ausência de oxigênio, temperatura média de 39°C , por bactérias metanogênicas presentes na microbiota ruminal e intestinal (*Methanobrevibacter* spp., *Methanomicrobium* spp., *Methanosarcina* spp., *Methanobacterium* spp.) (Ruiz et al., 2006). O excesso de hidrogênio oriundo do processo de

fermentação de carboidratos e proteínas para subsequente formação de ácidos graxos voláteis (acetato e butirato) é utilizado para o crescimento microbiano, biohidrogenação de ácidos graxos insaturados e produção de ácido graxo glicogênico (propionato e valerato), e o remanescente seria utilizado para a produção de metano (Benchaar et al., 2001).

A produção de metano é baseada principalmente pela presença de dióxido de carbono e hidrogênio livres no rúmen, sendo que, a partir do hidrogênio livre, ocorre à redução do dióxido de carbono com a liberação de carbonos pelos microrganismos metanogênicos, com conseqüente formação de metano que é a junção de um carbono unidos por meio de ligações simples com quatro hidrogênios (Gastaldi, 2003).

A fermentação pode variar de alta emissão de metano, caracterizado por uma alta relação acetato:propionato, a uma baixa emissão de metano, caracterizado por uma baixa relação acetato:propionato (Johnson & Johnson, 1995). Neste sentido, Nussio et al. (2006) citaram que em dietas ricas em cereais, com coeficiente molar acetato: propionato igual a 1, e dietas ricas em forragem com coeficiente molar acetato: butirato igual a 3, o processo de fermentação poderá propiciar fontes de metano em quantidades diferentes.

Métodos para estimar a produção de metano em ruminantes

Visando o desenvolvimento de alternativas que minimizem a emissão de CH_4 pelos animais ruminantes, é interessante o conhecimento e desenvolvimento de metodologias para quantificar a produção de gases no rúmen nas diferentes categorias animais submetidos à diferentes condições de manejo alimentar (Vieira et al., 2010). Segundo o mesmo autor, diversas técnicas estão disponíveis para mensurar a produção de gás em ruminantes que podem variar de incubações do conteúdo ruminal durante curto período (métodos indiretos) até sistemas complexos em câmaras calorimétricas (métodos diretos).

No entanto, a escolha do melhor método depende, principalmente, se as coletas de dados serão realizadas em grupos de animais ou individualmente, ou se os mesmos poderão ser confinados em câmaras de respiração ou se movimentarem livremente durante as mensurações



(Gastaldi, 2003). Os métodos mais utilizados e disponíveis são: câmaras de respiração, gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) e equações de predição (Primavesi et al., 2004).

Câmaras de respiração

As câmaras de respiração consistem em ambientes fechados, onde um fluxo de ar mensurado passa através da câmara que contém o animal e o gás é coletado quando da saída do animal da câmara. Estas câmaras são providas de locais específicos para introduzir água, alimentos e retirada de dejetos (Vieira et al., 2010). Este método diminui a movimentação do animal durante a coleta de dados e requer animais treinados, geralmente animais de grande porte, o que acaba por limitar o número de animais avaliados. As informações obtidas são armazenadas e processadas no computador através de *softwares* (Gastaldi, 2003; Vieira et al., 2010).

Gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6)

A técnica do traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), para determinação de metano ruminal, foi construída e desenvolvida por Kristen A. Johnson e Hal H. Westberg, na Washington State University, em Pullman, Washington, EUA (Johnson & Johnson, 1995). Esta técnica consiste em uma pequena cápsula, na forma de um tubo metálico, contendo o gás hexafluoreto de enxofre (SF_6), que é inserida no rúmen do animal. Um cabresto é colocado na cabeça do animal, conectado a uma canga de tubos de (PVC). Os gases serão aferidos no período de 24 horas e determinados por cromatografia gasosa (Abdalla et al., 2008; Rivera et al., 2010). Além disso, não necessita de animais confinados, pois estes podem deslocar-se para o pasto, facilitando desta forma o manejo e adaptação dos animais.

O controle do período de amostragem é realizado variando-se o comprimento ou o diâmetro do tubo capilar. Após a amostragem, a pressão na canga é medida precisamente, com medidor digital, e a canga é pressurizada com nitrogênio de alta pureza para uma pressão aproximada de 1,2 atm realizada com nitrogênio especial 5.0, com as leituras de pressão feitas em medidor digital ($\pm 0,01$). As curvas de calibração são estabelecidas utilizando-se padrões de gases certificados por empresas idôneas, com concentração em ppt para

CH_4 , conforme metodologia descrita por Westberg et al. (1998).

Essa pressurização é necessária para a diluição das amostras coletadas e sua injeção no equipamento de análise. As concentrações de CH_4 e de SF_6 são determinadas por cromatografia gasosa (HP6890), equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna megabore (0,53 μm , 30 m) Plot HP-Al/M (para CH_4) e detector de captura de elétrons ($\mu\text{-ECD}$) e coluna megabore HP-MolSiv (para SF_6), com dois loops de 0,5 cm^3 acoplados a duas válvulas de seis vias.

Pedreira (2004) e Primavesi et al. (2004), que mensuraram o metano entérico de bovinos em condições tropicais brasileiras utilizando a técnica de gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) concluíram que esta técnica para medir CH_4 ruminal é interessante para as condições brasileiras de campo.

Equações de predição

A partir das emissões de CH_4 através da distribuição molar dos AGV é possível, por meio de programas específicos, formular equações de regressão para calcular a emissão de metano pelos ruminantes. O balanço fermentativo tem sido usado extensivamente para prever a produção de CH_4 provinda da conversão de carboidratos dietéticos em AGV (Carmona et al., 2005).

A metodologia descrita confirma que todo o excesso de H_2 é convertido em CH_4 e não existe H_2 associado com a síntese de células microbianas e que da fermentação de substratos não carboidratos não há produção de AVG (Vieira et al., 2010).

Ellis et al. (2010) em seus trabalhos ressaltaram que as equações de predição da produção de CH_4 no ecossistema ruminal (Tabela 1) exigem informações do consumo de matéria seca, composição bromatológica da dieta, degradabilidade, taxa de passagem das frações sólidas e líquidas do rúmen, volume ruminal e pH do fluido ruminal.

Estas técnicas são precisas, porém com capacidade limitada, úteis em condições controladas, mas restritas em condições de campo. Para Ellis et al. (2010), o uso com cautela das equações em modelos de produção é importante para não introduzir erros substanciais em inventários de emissões de gases de efeito estufa e levar a recomendações de mitigação incorretas.



Tabela 1. Equações de regressão para a predição de gás metano emitida por bovinos de diferentes pesos e dietas

Peso Vivo (kg)	Dieta	Equação de Regressão	R ²
144 a 525	Ingestão silagem sorgo + 60% concentrado	$Y = 2,4519x^2 - 11,543x + 9,772$	0,86
324 a 450	Ingestão cana	$Y = -1,2051x^2 + 28,878x - 22,854$	0,36
325 a 450	Ingestão cana + 40% concentrado	$Y = -6,8692x^2 + 123,36x - 393,33$	0,09
156 a 298	Ingestão silagem sorgo + 1,2% ureia	$Y = 1,1749x^2 + 8,5485x + 1,944$	0,9
324 a 385	Ingestão cana + 1% ureia	$Y = -2,4824x^2 + 45,165x - 81,4$	0,29
344 a 395	Ingestão cana pura	$Y = 0,7533x^2 - 0,7491x + 80,023$	0,33
411-525	Ingestão silagem sorgo + 0 a 60% concentrado	$Y = -5,9486x^2 + 89,909x - 188,87$	0,46

Y= produção de metano em g/dia; X= Ingestão de matéria seca em kg/dia;

Fonte: Adaptado de Primavessi et al. (2004)

A ingestão de forrageiras de clima tropical e a produção de metano ruminal

Vários resultados de pesquisas desenvolvidas em regiões de clima temperado, onde, em geral, a maior parte dos alimentos é constituída por forrageiras, de ciclo fotossintético C₃, com melhor valor nutricional, levaram o International Panel on Climate Change (IPCC, 2011) a estimar que houvesse menor utilização de alimentos concentrados na dieta dos animais e provavelmente menor produção de metano. Desta forma, as diretrizes do IPCC, sugeriram que as perdas de energia ingerida na forma de metano seriam maiores nos animais de países de clima tropical, por quilograma de leite e/ou carne, devido à inferioridade da composição bromatológica das forragens cultivadas. Devido aos constituintes da parede e conteúdo celular, os alimentos permanecem maior tempo no rúmen e a emissão de metano por ruminantes sem restrição alimentar baseados em forragens de clima tropical torna-se superior à de bovinos alimentados com forrageiras de clima temperado (Primavessi et al., 2004a).

O trabalho desenvolvido por Kurihara et al. (1999) com ênfase na avaliação da produção de metano e partição de energia em bovinos nos trópicos foi o pioneiro em medir a emissão de metano com gramíneas de clima tropical, utilizando o método do gás traçador SF₆, em condições tropicais simuladas, quanto ao valor nutricional da forragem e utilizando animais *Bos indicus*.

Os autores concluíram que o manejo correto do pasto e do pastejo é fundamental para manter a produtividade e emitir menor quantidade de metano ao meio ambiente, uma vez que, a parede celular de forragens mais novas apresenta maior

degradabilidade ruminal (Blaser, 1982). Os autores concluíram ainda que os animais alimentados com grama Rhodes apresentaram maior produção de metano (257g dia⁻¹) em relação à grama angleton (113 g dia⁻¹).

Pedreira (2004) avaliando a estimativa da produção de metano de origem ruminal por bovinos tendo como base a utilização de alimentos com silagem de sorgo e partes crescentes da matéria seca substituída por concentrado energético, concluiu que à medida que se aumentou o teor de concentrado na dieta, houve aumento no consumo de matéria seca e redução da emissão de metano em g kg⁻¹ de massa seca ingerida. O autor observou que o nível de concentrado de 30% permitiu maior produção de metano em g/dia e em kg ano⁻¹. Mas, em relação à forragem pura, a inclusão de concentrado na dieta favoreceu ao aumento da emissão de metano devido aumentar o consumo de massa seca (Primavessi et al., 2004a).

Em outros trabalhos, Pedreira (2004) e Primavessi et al. (2004) avaliaram a produção de metano em diferentes raças e categorias, sistemas de alimentação de bovinos e em duas estações do ano (verão e inverno). As gramíneas utilizadas foram *Brachiaria decumbens* Stapf e *Panicum maximum* L. e foi observado que as vacas lactantes da raça holandesa ingeriram maiores teores de massa seca e com isso emitiram maiores quantidades de metano, que foram de 393g dia⁻¹ e 143 kg ano⁻¹. Não houve diferença significativa (P>0,05) para as novilhas da raça holandesa e mestiças e para os sistemas de produção.

A produção de metano representa também uma perda de energia significativa para o animal que varia de 2 a 12% do consumo de energia bruta



podendo chegar a 14% nas condições brasileiras (Johnson & Johnson, 1995). No entanto, nas pesquisas de Leng (1993) e McAllister et al. (1996), os bovinos alimentados com dietas de qualidade inferior perdem em média 16,5% da energia bruta na forma de metano, ao passo que o fornecimento de dietas balanceadas diminui a emissão de metano para 7%.

Berchielli et al. (2003) determinaram a produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. Concluíram que o fornecimento de volumoso sem adição de concentrado proporcionou menor emissão de metano pelos animais ($5,22 \text{ g h}^{-1}$). No entanto, quando adicionou 30% de concentrado à dieta, houve aumento de 16,48% na produção de metano. Esse resultado, segundo os autores, pode ser um indicativo de que sistemas de produção baseados somente no fornecimento de forragem podem não ser os principais responsáveis pela emissão de metano de origem ruminal para a atmosfera.

Alternativas alimentares na mitigação de metano ruminal

Diversas tentativas para reduzir a produção de metano no rúmen têm sido testadas, utilizando uma variedade de estratégias, incluindo alterações na composição da dieta e a utilização de produtos químicos e aditivos naturais de plantas. A maioria destas estratégias ainda não é amplamente utilizada devido à baixa eficácia, baixa seletividade, a toxicidade de produtos químicos para com o animal, ou o desenvolvimento de resistência microbiana (Wright & Klieve, 2011; Goel & Makkar, 2012; Wang et al., 2012).

Dentre as estratégias disponíveis que contribuem com a redução da produção de metano pelos ruminantes destaca-se a adição de gordura, estudada por Lascano & Cárdenas (2010); ionóforos pesquisados por Zinn (1987) e Rivera et al. (2010); leveduras avaliadas por Gattass et al. (2008), que não observaram influência sobre a fermentação ruminal e nem na produção de metano, quando fornecidas dietas com 50% de concentrado, com base na matéria seca.

Outra estratégia interessante na redução de metano entérico testada refere-se ao uso de vacinas contra cepas metanogênicas, sem afetar a degradação ruminal, o desempenho animal e a qualidade do produto. Várias vacinas foram

formuladas (Williams et al., 2009; Hook et al., 2010) mas estas não foram eficientes na redução das emissões de metano (Buddle et al., 2011). As razões foram, provavelmente, que as vacinas não atingiram todas as espécies metanogênicas presentes no rúmen. Além disso, a diversidade de bactérias metanogênicas estão sujeitas a alterações em função da dieta e do animal hospedeiro, tornando a formulação de uma vacina ineficaz e trabalhosa. Além disso, a adaptação das bactérias metanogênicas a vacina devem ser considerados, a fim de prever a eficácia da vacina ao longo do tempo (Attwood et al., 2011).

Utilizando plantas como estratégia de reduzir o metano entérico, Possenti et al. (2008) avaliaram os efeitos da leucena com e sem o uso de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em dietas para bovinos e observaram redução de 17,2 % na produção de metano ruminal em dietas suplementadas com leveduras quando comparada com dietas sem levedura (12,3%); a linhaça estudada por Martin et al. (2008) e sulfato e nitrato pesquisado por Phuong et al. (2011) também apresentaram potencial em mitigar metano entérico.

Entretanto, existem poucas pesquisas relacionadas aos extratos oriundos de plantas do cerrado os quais possuem atividade antimicrobiana e, por esse motivo, é uma promissora alternativa aos ionóforos. As plantas brasileiras como a Copaíba - *Copaifera langsdorffii* (Leguminosae - Caesalpinoideae); Guaçatonga - *Casearia sylvestris* Camb. Eichl (Flacourtiaceae); Barbatimão - *Stryphnodendron adstringens* (Martius) Coville (Mimosoideae); Erva-baleeira ou salicina - *Cordia verbenacea* D.C. (Boraginaceae); Folha-da-fortuna - *Bryophyllum pinnatum* Kurz (Crassulaceae); Aroeira - *Schinus terebenthifolius* Raddi (Anacardiaceae); Salva-de-Marajó - *Lippia origanoides* H. B. K. (Verbenaceae); Cassau - *Aristolochia cymbifera* (Aristolochiaceae); Jalapa - *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae); Sucupira - *Pterodon emarginatus* Vog. (Papilionoideae); Carqueja - *Baccharis trimera* (Less.) D.C. (Compositae); Erva-mate - *Ilex paraguariensis* St. Hilaire (Aquifoliaceae) e os produtos como farelo de casca de pequi, extrato de própolis, farelo de babaçu, farelo de casca e castanha de caju, torta de girassol, torta de caroço de algodão e polpa cítrica, entre outros, representam um potencial de estudo sobre sua influência na produção de metano.



Dentre os diversos bioprodutos existentes, destaca-se o extrato de própolis, uma substância resinosa oriunda da reação enzimática das abelhas a partir da substância das plantas. Para conhecer os efeitos do extrato de própolis sobre a microbiota ruminal, Broudiscou et al. (2000) testaram o efeito de 13 extratos secos de plantas com alto teor de flavonóides e própolis sobre a fermentação e metanogênese em cultura contínua de microrganismos ruminais, e observaram que a própolis aumentou a produção de propionato em 10,3% e diminuiu a população de protozoários.

Stradiotti Jr et al. (2004) observaram que o extrato de própolis reduziu a produção de gases provenientes da fermentação de diferentes alimentos, e que a maior dosagem de extrato de própolis (66,7%) mostrou-se eficiente na produção final total de gases, tanto para carboidratos fibrosos quanto para não fibrosos.

A redução no volume final de gases, principalmente metano, foi atribuída, provavelmente, ao fato da própolis ter possibilitado a utilização de carbono no meio após inibição de bactérias gram-positivas, devido à presença em grande parte de flavonona, pinocembrina, flavonol galangina e ao éster feniletil do ácido caféico, com mecanismo de ação provavelmente fundamentado na inibição do RNA-polimerase das bactérias gram positivas como a *Methanobacterium ruminantium* (Takaisi-Kikuni & Schilcher, 1994). Outros componentes, como os flavonóides e os ácidos caféicos, benzóico e cinâmico, provavelmente agem na membrana e na parede celular do microrganismo, causando modificações estruturais e funcionais, retardando e/ou inibindo o crescimento e reprodução bacteriana (Scazzocchio et al., 2005).

Estudo realizado com extratos de própolis comercializados no Brasil constatou que atividade antimicrobiana pronunciada contra bactérias gram-positivas, e atividade menos evidente contra gram-negativas (Rezende et al., 2006; Packer & Luz, 2007).

Isso ocorre provavelmente em virtude do envoltório celular das bactérias gram-negativas ser constituído por uma membrana externa de proteção formada por proteínas, lipoproteínas e lipopolissacarídeos, as quais contém porinas (canais de proteínas) com tamanho limite de, aproximadamente, 600 Dalton (Gonsalves Neto & Pedreira, 2009). A maioria das moléculas de flavonóides e outras substâncias presente na

própolis são maiores que 600 Dalton e, conseqüentemente, não passam através das porinas, tornando as células impermeáveis à própolis. Por outro lado, as bactérias gram-positivas possuem apenas uma camada espessa de peptidoglicano, que, por ser porosa, não impede a ação dos constituintes da própolis (Morais et al., 2000).

Essa conservação de carbono no rúmen, em linhas gerais, é decorrência do aumento da concentração molar de propionato (3 carbonos) no rúmen, em detrimento de diminuição da concentração de acetato (2 carbonos). Neste sentido, a própolis pode ter atuado como uma substância ionófora (Gonsalves Neto & Pedreira, 2009).

Outro bioproduto do cerrado brasileiro que pode ser utilizado na alimentação de ruminantes é o farelo de casca de pequi. Bonfá et al. (2009) avaliaram efeitos dos níveis de inclusão do farelo da casca de pequi sobre a digestibilidade aparente em caprinos, mostraram que a inclusão do farelo de pequi em dietas para caprinos não altera a digestibilidade aparente dos nutrientes, indicando que este subproduto apresenta viabilidade de uso, representando assim uma alternativa para dieta de caprinos. No entanto, há necessidade de mais pesquisas com este produto, como as relacionadas a outros ruminantes e sobre o efeito na redução da emissão de metano.

A fermentação dos carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose) produz maior proporção de acetato, o que resulta em maior proporção de substratos que podem ser utilizados pelas bactérias metanogênicas para síntese de metano. Segundo Moss et al. (2000), dietas com alta concentração de amido e melhor degradação favorecem a produção de ácido propiônico, o que conseqüentemente reduz a produção de metano, ao contrário de dietas fibrosas. No entanto, esses resultados estão incoerentes com os obtidos por Agle et al. (2010) que avaliaram o efeito da dieta concentrada comparada com a dieta à base de feno de alfafa, silagem de milho (forragem) sobre a fermentação ruminal (produção de metano entérico), digestibilidade e perdas de nitrogênio em vacas leiteiras, concluíram que o aumento de concentrado na dieta não foi uma estratégia de sucesso para mitigar a produção de metano entérico. Logo, o manejo e a seleção de forrageiras para o cultivo, constitui-se em uma alternativa viável na confecção de dietas de alto valor nutritivo como é o caso das leguminosas e do milho, sorgo e outras



gramíneas, garantido uma produção sustentável e rentável.

Abdalla et al. (2007), estudando plantas taniníferas brasileiras, mostraram correlação positiva entre o teor de tanino nas plantas e a redução na produção de metano, bem como o efeito das plantas sobre a abundância relativa da expressão gênica do DNA ruminal ampliado, usando pares de “primers” para bactérias, fungos, metanogêns, *Ruminococcus flavefaciens* e *Fibrobacter succinogenes*, após 24 hs de fermentação.

Abdalla et al. (2007) avaliaram a inclusão do óleo de coco e planta taninífera (*Mimosa caesalpiniaefolia*) na alimentação de ovinos em ensaio *in vivo* e demonstraram a redução na produção de metano ruminal em relação à dieta padrão contendo feno de gramínea (70%) e concentrado com milho (7,5%) e farelo de soja (22,5%).

A utilização de tortas (mamona, girassol, dendê entre outras) com elevado teor de gordura nas dietas de ruminantes podem auxiliar na redução de metano ruminal, e a produção de algumas oleaginosas pode contribuir com o sequestro de carbono pelos solos de Cerrado na recuperação de pastagens, reduzindo a necessidade de desmatamentos (Abdalla et al., 2008).

Considerações Finais

Os ruminantes estão entre os emissores de metano que contribuem para o aquecimento global prejudicando o equilíbrio do meio ambiente, porém o metano produzido é importante para o bom funcionamento do rúmen.

Neste sentido, a utilização de fontes alimentares alternativas e de baixo custo, que promovam a redução da emissão de metano e mantenham o bom funcionamento do rúmen é de grande importância no equilíbrio de produção ecológica.

Há várias tecnologias de redução de metano entérico, porém, não são todas aplicáveis a todos os sistemas de produção: aditivos ou dietas ricas em amido são facilmente aplicáveis aos ruminantes alojados ou em sistemas intensivos de produção, mas não para animais mantidos em pastagens, que representam a maior fonte de emissão de metano ruminal do setor em escala mundial.

Alguns bioprodutos do cerrado têm mostrado resultados satisfatórios e potencial no equilíbrio de produção ecológica, entretanto, os

custos de aquisição da matéria-prima e a disponibilidade da mesma em cada região deve ser levada em consideração, bem como as características nutricionais. A continuidade de pesquisas visando um melhor conhecimento e utilização destas e de novas fontes alimentares é de extrema importância no contexto da sustentabilidade na pecuária.

Referências

ABDALLA, A.L.; LONGO, C.; BUENO, I.C.S.; GODOY, P.B.; BENEDITO, V. A.; VITTI, D.M.S.S.; PEÇANHA, M.R.S.R.; LOUVANDINI, H.; MACMANUS, C.; AMBROSANO, E.J. Methane production and microbial evaluation by q-PCR of *in vitro* incubations of tannin-rich plants. **Microbial Ecology in Health and Disease**, v.19, n.1, p.32, 2007.

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.260-258, 2008.

AGLE, M.; HRISTOV, A.N.; ZAMAN, S.; SCHNEIDER, C.; NDEGWA, P.M.; VADDELLA, V.K., Effect of dietary concentrate on rumen fermentation, digestibility, and nitrogen losses in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, n.9, p.4211-4222, 2010.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – ANUALPEC. In: Pecuária de corte (estatísticas). São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2010, Cap.2, p.49-76.

ATTWOOD, G.T.; KELLY, W.J.; ALTERMANN, E.H.; LEAHY, S. C. Analysis of the *Methanobrevibacter ruminantium* draft genome: understanding methanogen biology to inhibit their action in the rumen. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, n.2, p.83-88, 2008.

BAKER, S. K. Rumen methanogens, and inhibition of methanogenesis. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, n.8, p.1293-1298, 1999.

BENCHAAR, C.; POMAR, C.; CHIQUETTE, J. Evaluation of dietary strategies to reduce methane



- production in ruminants: A modelling approach. **Canadian Journal of Animal Science**, v.81, n.4, p.563-574, 2001.
- BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; CANESIN, R.C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.13, n.4, p.954-968, 2012.
- BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.; FRIGUETO, R. Determinação da produção de metano e ph ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM; SBZ, 2003. 1 CD-ROM.
- BLASER, R.E. Integrated pasture and animal management. **Tropical Grasslands**, v.16, n.1 p.9-24, 1982.
- BONFÁ, H.C.; RUFINO, L.M.A.; RIBEIRO JUNIOR, C.S.; MORAIS,G.; GERASSEV, L.C.; RIBEIRO,F.L.A., Efeitos dos níveis de inclusão do farelo da casca de pequi sobre a digestibilidade aparente em caprinos, **Anais...** da Associação Brasileira de Zootecnistas (ZOOTEC), Águas de Lindóia-SP, 2009.
- BROUDISCOU, L.P.; PAPON, Y.; BROUDISCOU, A.F., Effects of dry plant extracts on fermentation and methanogenesis in continuous culture of rumen microbes. **Animal Feed Science and technology**, v.87, n.3-4, p.263-277, 2000.
- BUDDLE, B.M.; DENIS, M.; ATTWOOD, G.T.; ALTERMANN, E.; JANSSEN, P.H.; RONIMUS, R.S.; PINARES-PATIÑO, C.S.; MUETZEL, S.; NEIL WEDLOCK, D. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. **The Veterinary Journal**, v.188, n.1, p. 11-17, 2011.
- CARMONA, J.; BOLÍVAR, D.; GIRALDO, L. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. **Revista Colombiana de Ciencias pecuárias**, v.18, n. 1, p. 49-63, 2005.
- CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Rio + 20, Oportunidade para uma visão do meio ambiente como negócio, **Revista de Negócios da Pecuária (DBO)**, nº 376, 2012.
- CHURCH, D.C. **El Rumiante: fisiologia digestiva y nutrición**. Ed. Acribia. Zaragoza, 1998. 630p.
- ELLIS, J.L.; BANNINK, A; FRANCE, J.; KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J. Evaluation of enteric methane prediction equations for dairy cows used in whole farm models. **Global Change Biology**, v. 16, n.12, p. 3246–3256, 2010.
- FEARNSIDE, P.M. Hidrelétricas como “fábricas de metano”: o papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa, **Revista Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.1, p. 100-115, 2008.
- Food and Agriculture Organization - FAO, World agriculture: towards 2030/2050. **Interim Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Global Perspective Studies Unit**. Rome, 2006.
- GASTALDI, K.A. **Produção “in vitro” de metano, dióxido de carbono e oxigênio utilizando líquido ruminal de bovinos alimentados com diferentes rações**. 2003. 95f. Tese (Doutorado em zootecnia)-Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal.
- GATTASS, C.B.A; MORAIS, M.G; ABREU, U.G.P; FRANCO, G.L; STEIN, J; LEMPP, B. Efeito da suplementação com cultura de levedura na fermentação ruminal de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.37, n.4, p.711-716, 2008.
- GILL, M.; SMITH, P.; WILKINSON, J.M. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. **Animal**, v.4, n. 1, p.323-333, 2010.
- GOEL, G.; MAKKAR, H.P. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical animal health and production**, v.44, n.4, p.729-739, 2012.
- GONSALVES NETO, J.; PEDREIRA,M.S., Uso da Própolis na Nutrição de Ruminantes, **Agropecuária**



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

Revisão

- Científica no Semi-Árido**, v.05, n. 1, p. 16-21, 2009.
- HOGAN, K.B. Options for Reducing Methane Emissions Internationally, **U. S. Environmental Protection Agency**, Ano, 1993, p-212.
- HOOK, S.E.; WRIGHT, A.D.; MCBRIDE, B.W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. **Archaea**, 945785, 2010. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1155/2010/945785>>. Acessado em 24 Out. 2013.
- HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. Methane emissions from Australian livestock: implications of the Kyoto Protocol. **Australian Journal Agriculture Research**, v.50, n.8, p.1285-1291, 1999.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, Presentations of the AR4**, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acessado em: 12 de outubro de 2011.
- JANSSEN, P.H.; KIRS, M. Structure of the archaeal community of the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, v.74, n.12, p. 3619-3625, 2008.
- JOHNSON, K. A.; HUYLEY, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, Z. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. **Environmental Science And Technology**, v.28, n.1, p.359-362, 1994.
- JOHNSON, K.A; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. **Journal of animal science**. v.73, n.8, p. 2483-2492, 1995.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; McCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v.81, n.3, p.227-234, 1999.
- LANA, R.P., **Nutrição e alimentação animal: mitos e realidades** 2ª ed. 1. ed. Viçosa: UFV, v. 1. 2005, 344 p.
- LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.175-182, 2010 (supl.).
- LENG, R.A. Quantitative ruminant nutrition - a green science. **Australian Journal of Agricultural Research** v.44, n.3, p.363-380, 1993.
- LIMA, M.A. Emissão de metano e óxido nitroso na produção animal em pastagens. IN: **As pastagens e o meio ambiente**. 2º Ed. Piracicaba: SP, 2006, cap. 8, p. 249- 270.
- MARTIN, C; ROUEL, J; JOUANY, J.P; DOREAU, M; CHILLIARD, Y. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v.86, n.10, p.2642-2650, 2008.
- MCALLISTER, T.A.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; CHENG, K.C. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, n.10, p.231-243, 1996.
- MONTZKA, S.A.; DLUGOKENCKY, E.J.; BUTLER, J.H. Non-CO₂ greenhouse gases and climate change. **Nature**, v.476, n.1, p.43-50, 2011.
- MORAIS, J.A.S., BERCHIELLI, T.T., REIS, R.A. Aditivos. In BERCHIELLI, T.T., MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, C.J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v.49, n.1, p.231-253, 2000.
- MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming, **Annales de Zootechnie**, v.49, n.1, p. 231–253, 2000.
- NUSSIO, L.G; CAMPOS, F.P; LIMA, M.L.M. Metabolismos de carboidratos estruturais. IN: **Nutrição de ruminantes**. 2 Ed. Jaboticabal: SP, 2006, cap. 07, p.183- 223.
- PACKER, J.F.; LUZ, M.M.S. Método para avaliação e pesquisa da atividade antimicrobiana de produtos de origem natural. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n. 1, p.102-107, 2007.
- PEDREIRA, M.S. **Estimativa da produção de metano de origem ruminal por bovinos tendo**



como base a utilização de alimentos volumosos: utilização da metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆). 2004. 136f. Tese (Doutorado, em Zootecnia) – Faculdade de Ciência Agrônômica e Veterinária – UNESP, Jaboticabal.

PEDREIRA, M.S.; PRIMAVERSI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R.T.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.742-750, 2009.

PHUONG, L.T.B.; PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Mitigating methane production from ruminants; effect of supplementary sulphate and nitrate on methane production in an *in vitro* incubation using sugar cane stalk and cassava leaf meal as substrate. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, n.2, 2011. Disponível em <<http://www.lrrd.org/lrrd23/2/phuo23022.htm>>. Acessado em 23 Out. 2013.

POSSENTI, R.A.; FRANZOLIN, R.; SCHAMMAS, E.A.; DEMARCHI, J.J.A.A.; FRIGHETTO, R.T.S.; LIMA, M.A. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1509-1516, 2008.

PRIMAVERSI, O. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global**. 2007. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/odo-primavesi-da-embrapa-pecuaria-sudeste-a-pecuaria-de-corte-brasileira-e-o-aquecimento-global_noticia_35173_15_125_.aspx>. Acesso dia 24 de novembro de 2011.

PRIMAVERSI, O.; FRIGUETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERG, H.H. Técnica do Gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. São Carlos: **EMBRAPA Pecuária Sudeste**, 77 p. 2004a.

PRIMAVERSI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.D.S.; LIMA, M.A.D.; BERCHIELLI, T.T.; BARBOSA, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras.

Pesquisa agropecuária brasileira, v.39, n.3, p.277-283, 2004.

REZENDE, G.P.S.R.; PIMENTA, F.C.; COSTA, L.R.R.S. Antimicrobial activity of two Brazilian commercial propolis extracts. **Brazilian Journal of Oral Sciences**, v.5, n.16, p.967-970, 2006.

RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; VELASQUEZ, P.T.; FRANCO, A.V.M.; FERNANDES, L.B., Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.617-624, 2010.

RUIZ, R.L.; PIMENTEL, B.; SHIROMA, N.N. **Microbiologia do Rúmen e do Biodigestor**. In: RUIZ, R.L. (Ed.) *Microbiologia zootécnica*. São Paulo: Ed. Roca. p. 123-167, 2006. p. 539-563.

SAFFIOTI, W. **Fundamentos de Química**; Companhia Editora Nacional; São Paulo, Brasil; 1968.

SCAZZOCCHIO, F.; D'AURIA, F.D.; ALESSANDRINI, D.; PANTANELLA F. Multifactorial aspects of antimicrobial activity of propolis. **Microbiological Research**, v.161, n.4, p.327-333, 2005.

STRADIOTTI J.R.D.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P. PACHECO, C.G.; CAMARDELLI, M.M.L.; DETMANN, E.; EIFERT, E.C. NUNES, P.M.M.; OLIVEIRA, M.V.M., Ação da própolis sobre a fermentação *in vitro* de diferentes alimentos pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1093-1099, 2004.

TAKAISIKIKUNI, N.B.; SCHILCHER, H. Electron microscopy and microcalorimetric investigations of the possible mechanism of the antibacterial action of a defined propolis provenance. **Planta Medica**, v.60, n.3, p.222-227, 1994.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- USEPA. Acesso dia 01/11/2011. Disponível em : <http://www.epa.gov/methane/sources.html>, 2011.



- UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY- USEPA. **Evaluation ruminant livestock efficiency projects and programs: peer review draft.** Washington: United States Environmental Protection Agency, 2000. 48p. cattle. **Journal of Animal Science**, v. 65, n.1, p. 256-266, 1987.
- UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY- USEPA. **Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources.** 2010. Disponível em <<http://www.epa.gov/methane/pdfs/Methane-and-Nitrous-Oxide-Emissions-From-Natural-Sources.pdf>>. Acessado em 23/11/2012.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VIEIRA, S.S.; ZOTTI, C.A.; PAULINO, V.T. Práticas de Manejo para Minimizar a Emissão de Gases do Efeito Estufa Associadas ou não ao uso de Fertilizantes, **Instituto de Zootecnia, APTA/SAA**, 2010.
- WANG, J.K.; YE, J.A.; LIU, J.X. Effects of tea saponins on rumen microbiota, rumen fermentation, methane production and growth performance--a review. **Tropical animal health and production**, v.44, n.4, p. 697-706, 2012.
- 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.
- WILLIAMS, Y.J.; POPOVSKI, S.; REA, S.M.; SKILLMAN, L.C.; TOOVEY, A.F.; NORTHWOOD, K.S.; WRIGHT, A.D.G. A vaccine against rumen methanogens can alter the composition of archaeal populations. **Applied and Environmental Microbiology** v.75, n.7, p. 1860-1866, 2009.
- WRIGHT, A.D.G.; KLIEVE, A.V. Does the complexity of the rumen microbial ecology preclude methane mitigation? **Animal Feed Science and Technology**, v.166-167, n.1, p. 248-253, 2011.
- ZINN, R.A. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of Steam-Flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot