

Alternativas de mitigação de emissão de metano entérico na pecuária

Luciane da Cunha Codognoto⁽¹⁾; Marlos Oliveira Porto⁽²⁾; Jucilene Cavali⁽³⁾; Elvino Ferreira⁽⁴⁾; Rosalvo Stachiw⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Unir, Câmpus de Rolim de Moura, Av. Norte Sul, 7.300, Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura, luciane.codognoto@ifro.edu.br; ⁽²⁾ Pesquisador(orientador), Unir, Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Câmpus de Presidente Médice, marloporto@unir.br; ⁽³⁾ Pesquisadora, Unir, Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Câmpus de Presidente Médice, jcavali@unir.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador, Unir, Departamento de Agronomia, Câmpus de Rolim de Moura, elvino@unir.br; ⁽⁵⁾ Pesquisador, Unir, Departamento de Engenharia Florestal, Câmpus de Rolim de Moura, rosvalvo_stachiw@unir.br.

RESUMO – A pecuária é a atividade mais expressiva no setor produtivo do Brasil. Os bovinos são criados exclusivamente a pasto, onde obtém o alimento que resultam em produtos para consumo humano como carne e/ou leite. A dieta dos bovinos constitui basicamente de gramíneas, que por processo digestivo conhecido como fermentação entérica, realizada por microrganismos anaeróbios obrigatórios que vivem simbioticamente no aparato digestivo, permitem ao animal o aproveitamento das plantas fibrosas. Nesse processo, a população microbiana converte os carboidratos fibrosos e/ou não fibrosos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos acético, propiônico e butírico, fonte de energia para o ruminante. Entretanto, são produzidos, entre outros, dióxido de carbono e metano que são expelidos via eructação, resultando em perdas energéticas equivalentes a 8% da energia bruta do alimento. Cada animal tem potencial para gerar 0,25 a 0,5 m³ dia⁻¹, de metano o que, em relação ao quantitativo do rebanho, passa a representar problema ambiental de interesse internacional. Com as alterações ambientais sendo monitorada mais intensamente, as mudanças climáticas e aquecimento global são estão sendo atribuídas à pecuária. Diante do exposto, pesquisadores têm desenvolvido tecnologias para reduzir a emissão de metano através da melhoria das praticas de manejo alimentar, manipulação ruminal, por meio de suplementação com monensina, lipídios, ácidos orgânicos e compostos de plantas. Outras estratégias como manejo adequado da pastagem, suplementação alimentar, aumentam a produtividade animal e tem potencial de reduzir a emissão de carbono na atmosfera. Entretanto, a redução do metano entérico, com base nas estratégias de mitigação disponíveis, deve ter como objetivo garantir rendimento econômico e ambiental satisfatório à produção de leite ou carne. Assim este trabalho objetiva reunir de forma crítica as informações mais recentes sobre este assunto.

Palavras-chave: Efeito estufa, metano, pecuária, fermentação ruminal, metanogênica.

Alternatives of mitigating the emission of enteric methane in livestock

Abstract - Livestock raising is the most significant activity in the productive sector of Brazil. The cattle are raised exclusively on pasture, where they get food that results in products for human consumption as meat and/or milk. The diet of cattle is primarily of grasses, which in the digestive process known as enteric fermentation, performed by obligatory anaerobic microorganisms that live symbiotically in the digestive apparatus, allow the animal to utilize the fibrous plants. In this process, the microbial population converts fibrous and/or non-fibrous carbohydrates in short chain fatty acids, mainly acetic, propionic and butyric acids, an energy source for ruminants. However, carbon dioxide and methane are discharged via eructation resulting in energy loss corresponding to 8% of the food gross energy. Each animal has the potential to generate 0.25 to 0.5 day⁻¹ m³ of methane, which in relation to the number of animals represents an environmental problem of international interests. With environmental changes being monitored more intensely, climate change and global warming are attributed to livestock. according to this, researchers have developed technologies to reduce methane emissions by improving feeding management practices, rumen manipulation through supplementation monensina, lipids, organic acids and plant compounds. Other strategies, such as suitable grazing management, supplemental feeding, increase animal productivity and has the potential to reduce carbon emissions into the atmosphere. However, the reduction of enteric methane, based on the mitigation strategies available, should aim to ensure satisfactory economic and environmental production of milk or meat. thus, this paper aims to gather, in a critic way, the most recent information about this subject.

Keywords: Greenhouse effect, methane, livestock, ruminal fermentation, methanogenic.

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária nacional ocupa atualmente uma posição de destaque no cenário mundial por possuir o maior rebanho comercial do mundo com 212 milhões de cabeças (IBGE, 2014). Essa evolução foi se consolidando entre 1960 e 2010 com um aumento de 251% no rebanho bovino, de 58 para 204 milhões de cabeças, enquanto o aumento de área de pastagem foi de apenas 39%, de 122,3 para 170 milhões de hectares (MAPA, 2014a). Em Rondônia essa atividade é uma das mais importantes do agronegócio com o rebanho bovino e bubalino totalizando mais de 12 milhões de animais (IBGE, 2014).

Contudo, a pecuária bovina está fortemente relacionada ao desmatamento, seja em pequenas ou grandes propriedades (RIVERO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009) e com uma dinâmica para abertura de novas áreas em função da demanda de carne e a progressiva interação entre mercados globalizados (RIVERO et al., 2009). Neste mercado os preços competitivos brasileiros estão relacionados ao uso pastagens na exploração pecuária. Apesar de um crescente número de produtores que usam tecnologias na exploração do negócio pecuário (DIAS-FILHO, 2011), verifica-se uma pressão internacional em relação aos baixos índices zootécnicos na exploração extensiva, pela degradação dos pastos e pela emissão de quantidades significativas de gases de efeito estufa – GEE (PEREIRA, 2013).

Em sua fisiologia digestiva, os ruminantes tem a capacidade de converter diferentes materiais vegetais ricos em fibras em alimentos de alto valor biológico, como o leite e a carne, sem representar diretamente uma forma de competição para a alimentação humana (LANA, 2005; FURLAN et al., 2011). Destaca-se assim seu importante papel na sustentabilidade dos agroecossistemas (CHAUDHRY, 2008).

No rúmen, a fermentação do alimento ingerido resulta na produção de ácidos graxos voláteis ou ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido acético, propiônico e butírico, que são aproveitados como fonte de energia para o animal. Entretanto nesse processo também são gerados gases, como gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄), entre outros, originados pela atividade de bactérias metanogênicas do grupo *Archaea*, que são eliminados pela eructação (ARCURI et al., 2011). Essa eliminação pode representar de 2 e 12% da energia bruta consumida (JOHNSON e JOHNSON, 1995).

Estima-se que a atividade agropecuária é responsável por 15 a 22% do total de metano produzido no mundo (USEPA, 2010) e que o metano entérico representa entre 30 e 50% do total dos GEE agropecuário (GILL et al., 2010).

O gás metano (CH₄) tem a capacidade de armazenar cerca de 25 vezes mais calor do que o dióxido de carbono (CO₂), com tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos e taxa de crescimento anual de 7% (IPCC, 2006). Os ruminantes podem produzir de 250 a 500 litros de metano animal-1 dia-1 contribuindo assim para o aquecimento global e as mudanças climáticas (JOHNSON e JOHNSON, 1995). As práticas atuais de exploração de ruminantes podem não se mostrarem sustentáveis, assim esse artigo aborda os temas relacionados às estratégias para redução do impacto ambiental da pecuária com ênfase no manejo alimentar de ruminantes.

2 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO

Redução das emissões de metano na pecuária pode ser relacionada à melhoria da dieta, à melhoria de pastagens, à suplementação alimentar, à melhoria genética, principalmente. Tais medidas visam a atingir uma elevação na eficiência produtiva reduzindo o impacto ambiental do sistema de produção (PEDREIRA; PRIMAVERSI, 2011).

No aspecto nutricional há pesquisas evidenciam que a taxa de emissão de metano entérico pode ser influenciada pelo tipo de alimento ingerido, especialmente pelo tipo de carboidrato e da taxa de sua fermentação, diminuindo a disponibilidade de H₂ e alterando o pH e a microbiota ruminal (CARMONA et al., 2005; CHIZZOTTI et al., 2012).

A substituição de carboidratos estruturais (celulose e hemicelulose) por carboidratos não fibrosos (amido e açúcares) resulta em significativas modificações físico-químicas no rúmen e em sua população microbiana, promovendo um maior crescimento de bactérias amilolíticas com o aumento da produção de propionato e redução do acetato (PEREIRA, 2013). A produção de metano varia na dependência da taxa de degradação da fibra alimentar (JOHNSON; JOHNSON, 1995). Por exemplo, com a oferta de subprodutos de destilaria, com boa quantidade de fibra e boa digestibilidade, há a diminuição na produção de metano. Tal comportamento tem relação com as proporções de acetato: propionato produzidas no rúmen, sendo que, verifica-se uma elevada produção de metano quando essa relação é alta e vice-versa (JOHNSON e JOHNSON, 1995). As relações acetato: butirato também estão relacionadas na produção de metano, contudo, o elevado teor de carboidratos não fibrosos pode desencadear problemas como acidose ruminal, queda na porcentagem de gordura do leite e redução da vida produtiva dos animais (NUSSIO et al., 2011; MACHADO et al., 2011).

Ainda, vale destacar que a adição de alimentos concentrados energéticos em dietas de

ruminantes é uma estratégia que apresenta limitações econômicas e ambientais. Sua viabilidade econômica é questionável em países de clima propício à produção em pastagens, como o Brasil. Além disso, as consequências dessa estratégia devem ser analisadas sob visão sistêmica. A emissão de GEE, como o CO₂ e óxido nitroso, proveniente dos processos de produção, colheita e transporte dos grãos pode superar a redução da emissão de metano entérico causada pela inclusão desses alimentos na dieta de ruminantes (PEDREIRA, et al., 2005; PEDREIRA, 2011).

O manejo de forrageiras também interfere nos níveis de emissão de metano. Por exemplo, para pastagem de *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu) e *Cynodon nlenfuensis* (Capim-estrela) usados na para produção de leite na Costa Rica, registra-se maior produção de metano à medida que aumentava a idade de rebrota. Tal comportamento está relacionado com o incremento de material lignocelulósico à medida que a planta cresce. Por outro lado, forragens jovens apresentam maior teor de carboidratos solúveis, maior valor nutritivo, possibilitando a diminuição de GEE (ROBERTSON; WAGHORN, 2002).

A estrutura do dossel forrageiro também tem influencia uma vez que, o consumo de lamina foliar contribui com menor ingestão de fibras comparativamente quando o pastejo se dá com a apreensão de bainhas. Por possuírem maior teor de celulose e de hemicelulose as bainhas e as estruturas mais baixas do dossel permitem a produção de uma maior proporção de acetato e substratos que podem ser utilizados pelas bactérias metanogênicas. Dessa forma, o adequado sistema de pastejo é uma estratégia para mitigação do metano entérico, melhorando a eficiência alimentar e reduzindo o impacto ambiental da pecuária (REIS; SILVA, 2011; OLIVEIRA et al., 2014).

Em relação ao metabolismo vegetal também se registram diferenças. As forrageiras de clima temperado apresentam sistema fotossintético C3 e possuem melhor valor nutricional em relação aquelas de clima tropical, que são C4. Isso promove uma menor utilização de concentrados na dieta e conseqüentemente, uma menor produção de metano (RAVEN et al., 1996; PRIMAVESI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2014). Com isso 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. Ou seja, gramíneas C4 podem produzir mais metano por kg de MS ingerida do que gramíneas de ciclo fotossintético C3, uma vez que estas fornecem menor quantidade de substrato para os micro-organismos metanogênicos (BERCHIELLI et al., 2012).

Outro fator determinante para a menor produção de CH₄ por vacas em lactação em

pastagens de clima temperado está na utilização de grãos em proporção superior a 50% na dieta, a qual atende às exigências energéticas diárias do animal, com menor volume de matéria seca ingerida (PEREIRA, 2013). 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 (MOSS et al., 2000).

Cabe ressaltar que as forrageiras C3 em clima tropical são representadas por leguminosas. Elas podem melhorar a qualidade nutricional dos pastos e, em relação ao seu comportamento fisiológico, contribuir para a redução de metano. Por exemplo, em comparação a pastagens de monocultura de gramíneas com as consorciadas com leguminosas selecionadas para solos ácidos do Cerrado brasileiro, constatou-se aumento na produção de 20% a 30% de leite em vacas alimentadas no pasto consorciado (LASCANO; AVILA, 1991). Esse reflexo produtivo pode ser atribuído ao seu maior teor de proteína bruta, menor proporção de parede celular, do baixo tempo de retenção no rúmen, conferido pelo formato e o arranjo das células e sendo sua digestibilidade semelhante ou maior que a registrada nas gramíneas tropicais, para um mesmo estágio de desenvolvimento (BARCELLOS et al., 2008)

No entanto, os estudos relacionados ao papel das leguminosas como componente no processo de mitigação dos GEE ainda são pequenos, especialmente em ambientes tropicais. Embora a tomada de decisão seja semelhante a empregada na escolha de uma gramínea forrageira, existe uma resistência maior à leguminosa por parte de técnicos e produtores, em função dos riscos de insucesso e dos custos envolvidos. Parte dessa questão deve-se ao maior conhecimento e informações disponibilizadas às gramíneas forrageiras e de um comércio intensivo de comercialização de suas sementes (BARCELLOS et al., 2008).

2.1 Adição de lipídeos

A alimentação dos ruminantes está associada à ingestão de forragens que possuem baixos teores de gordura, na ordem de 3% na matéria seca. Para formulações de concentrados recomenda-se que a adição de lipídio total não ultrapasse 6 a 7% da matéria seca dietética (BEAHCHEMIN et al., 2008; HOLLMAN et al., 2012; PEREIRA, 2013), devido afetar a digestão ruminal pela redução da digestibilidade da fibra e influenciando também na produção de metano e na relação acetato: propionato, principalmente se os níveis de ácidos graxos insaturados forem elevados (OLIVEIRA et al., 2005). Estes efeitos negativos ocorrem pelo efeito tóxico dos ácidos graxos produzidos pela digestão de lipídios aos microrganismos e pelo efeito físico causado com o recobrimento das partículas alimentares com gordura, com

consequente redução do contato destas com agentes de digestão (PEREIRA, 2013).

Os óleos vegetais, que são fonte de gordura insaturada, são mais tóxicos no rúmen do que gorduras animais, de uso proibido (MAPA-IN 08/2004). Como os ácidos graxos insaturados, i.e., ácidos graxos com ligações duplas entre pelo menos dois carbonos, são os mais tóxicos. A microbiota ruminal desenvolveu a estratégia de reduzir a insaturação dos ácidos graxos com a colocação de hidrogênios nestas duplas ligações (biohidrogenação), transformando-as em ligações simples ou saturadas (PALMQUIST e MATTOS, 2011).

Também, a forma como a gordura é oferecida influi nos efeitos deletérios no rúmen. Os ácidos graxos do grão de oleaginosas (caroço de algodão, soja, girassol, etc.) são liberados mais lentamente em função das estruturas da semente, o que permite uma biohidrogenação comparativamente mais eficiente se ofertado de maneira imediata (BEAUCHEMIN et al., 2008; PALMQUIST; MATTOS, 2011). E considera-se que a intensidade com que ocorre a inibição da produção de metano é determinada pelo grau de saturação da gordura e a quantidade suplementada (PALMQUIST; MATTOS (2011).

2.2 Aditivos

Outro modo de mitigação de metano entérico é a utilização de aditivos. Os aditivos são definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como substâncias, microrganismos ou produto formulado intencionalmente adicionado ao alimento, com a finalidade de melhorar as suas características, intensificar o desempenho dos animais, atender as necessidades nutricionais ou que tenha efeito anticoccidiano (MAPA, 2014b). Portanto, o uso de aditivos visa a manipulação do ecossistema ruminal no sentido de minimizar, eliminar ou alterar processos ineficientes, como a emissão de metano entérico o qual contribui com cerca de 15% do aquecimento global (MORAIS et al., 2011).

Os aditivos que interferem na fermentação ruminal e consequentemente reduzem a perda de energia nos sistema de produção, são: ionóforos, ácidos orgânicos e extrato de plantas.

Nas últimas décadas, diversos aditivos alimentares foram descobertos e testados, entre eles os ionóforos, originalmente desenvolvidos como coccidiostáticos e amplamente utilizados na avicultura (OLIVEIRA et al. 2005). Essas substâncias são oriundas da fermentação de várias espécies de bactérias do gênero *Streptomyces* e assim chamados por causa de sua propriedade transportadora de íons e capacidade de formar complexos lipossolúveis como cátions além de mediar seu transporte através das membranas lipídicas

(MORAIS et al., 2011).

O inóforo monensina, utilizados na alimentação de ruminantes, pode reduzir a produção de metano em 25% e diminuir o consumo de ração em 4%, sem afetar o desempenho animal (TEDESCHI et al., 2003). Contudo, a microbiologia ruminal pode desenvolver resistência após período de exposição, restabelecendo a produção de metano, mesmo utilizando rotação de dois ionóforos como monensina e lasalocida (GUAN et al., 2006).

Alternativa para melhorar o desempenho animal e reduzir a emissão de metano por bovinos está na utilização de ácidos orgânicos como: málico, fumárico, succínico e propiônico. Esses ácidos podem aumentar a utilização de lactato no rúmen, servir como precursores metabólicos para a síntese de glicose e diminuir a perda de equivalentes de redução para a produção de metano, pois proporcionam maior produção de propionato (MORAIS et al., 2011). Contudo, seu custo é elevado tornando-os economicamente inviáveis. Apesar disso, eles, além de outras substâncias como saponinas, taninos, óleos essenciais (timol, limoneno, óleo do cravo-da-índia, entre outros) estão presentes no tecido foliar o que serve de indicativo para o desenvolvimento de pesquisas no campo de melhoramento genético (CASTILLEJOS et al., 2005; BENCHAAAR, et al 2007; MORAIS et al., 2011; BERCHIELLI et al., 2012).

2.3 Outras estratégias

A defaunação do rumem, ou seja, a eliminação de protozoários ruminais pode reduzir a produção de metano e promover aumento das proporções de propionato. Contudo tal alternativa não se mostra eficiente em longo prazo devido à microbiologia ruminal reestabelecer rotas metabólicas que propiciam a formação de CH₄ (MARTINELE, 2008; BERCHIELLI et al., 2012).

Há a possibilidade do desenvolvimento de vacina a qual estimularia o sistema imunológico do ruminante para produzir anticorpos contra metanogênicas (WRIGHT et al., 2004). Os autores destacaram que mesmo que alguma vacina seja encontrada, esta é específica para cada situação, pois a população metanogênica presente pode variar com base na dieta e localização geográfica do hospedeiro, de modo a aumentar o desafio de se trabalhar com imunizadores.

No campo dos bioprodutos destaca-se o extrato de própolis, uma substância resinosa oriunda da reação enzimática das abelhas a partir da substância das plantas. Em experimentos avaliando seu efeito e de extratos secos de plantas com alto teor de flavonóides resultaram em

aumento na produção de propionato, redução na população de protozoários e eficiência na produção final total de gases, tanto para carboidratos fibrosos quanto para não fibrosos. Neste sentido a própolis pode ter atuado como uma substância ionófora pelo aumento da concentração molar de propionato no rúmen, sem detrimento de acetato (OLIVEIRA et al., 2014).

Na literatura há relatos de que as tortas e farelos de mamona, girassol, pupunha, pinhão manso, dendê e algodão proporcionaram menor produção total de gases, com redução da fração metano, entretanto, estudos criteriosos visando à alimentação de ruminantes são necessários para avaliar possíveis efeitos deletérios devido à presença de metabólitos bioativos (ABDALLA et al., 2008; BOMFIM et al., 2009).

Práticas de manejo e conservação do solo e das pastagens, adubação nitrogenada, pastejo rotacionado, integração lavoura pecuária, entre outras, representam a possibilidade de aumento da produção por área e melhoria da composição bromatológica das forragens aos animais, o que possibilita o melhor uso da terra com sistemas conservacionistas e sustentáveis (ALVARENGA et al. 2007).

A redução da emissão de metano pode ser conseguida pela manipulação da fermentação ruminal. Reduzindo-se a produção de gás hidrogênio (H₂) produzido no rúmen, sem prejudicar a digestão dos alimentos, reduziria a fração molar desse substrato para redução do CO₂ e formação de CH₄ pelas bactérias metanogênicas. O problema é que não somente um grupo específico de microrganismos produz hidrogênio, outras bactérias e protozoários ruminais produzem formato, H₂ e CO₂ como produtos finais de seu metabolismo o que alimenta a fonte de substrato para as bactérias metanogênicas (MARTIN et al., 2009; CHIZZOTTI et al., 2012).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As emissões de metano pelos ruminantes têm efeito direto no ambiente devido sua contribuição ao aquecimento global além de representar uma perda de energia alimentícia. Alternativas que diminuam as emissões de metano, melhorando as condições dos sistemas produtivos poderiam aperfeiçoar o uso de recursos alimentares e diminuir os impactos ambientais.

Dietas alternativas e manipulação de microbiota do rumem serão os próximos paradigmas para obter melhores parâmetros fermentativos, simultaneamente com menores emissões de metano. No caso do Brasil o desenvolvimento de tais tecnologias representaria o

uso eficiente dos recursos naturais e financeiros com compromisso ambiental, consolidando a posição do país frente aos mercados internacionais.

4 REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L.; et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.260-258, 2008.
- ALVARENGA, et al. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas - Minas Gerais, 2007. (EMBRAPA - Circular técnico 93).
- ARCURI, P. B. et al. Microbiologia do Rúmen. In: Telma Terezinha Berchielli; Simone Gisele de Oliveira; Alexandre Vaz Pires. (Org.). **Nutrição de Ruminantes**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 115-160.
- BARCELLOS, A. O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n. spe, 2008.
- BEAHCHEMIN, K. A. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p.21-27, 2008.
- BENCHAAR, C. et al. Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation. **Journal Animal Science**. v.87, p.413-419, 2007.
- BERCHIELLI, T. T. et al. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13,p.954-968. 2012.
- BOMFIM, M. A. D. et al. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.3, n.4, p.15-26, 2009.
- CARDOSO, E. G. **Engorda de bovinos em confinamento**. Campo Grande: EMBRAPA CNPDC, 1996. 36p (Documentos, 64).
- CARMONA, J.C. et al. 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 Pecuarias**, v.18, p.49-63, 2005.
- CASTILLEJOS, L. et al. 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.
- CHAUDHRY, A. S. Forage based animal production systems and sustainability, an invited keynote. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.78-84, 2008.
- CHIZZOTTI, M. L. et al. Uso da nutrição para redução na geração de metano: eficiência no uso da energia para ruminantes x meio ambiente. In: I Simpósio brasileiro de produção de ruminantes no cerrado, 2012, Uberlândia. **Anais do I Simpósio brasileiro de produção de ruminantes no cerrado**. Uberlândia: UFU, v.1. p.137-167, 2012.
- DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, suplemento especial, p.243-252, 2011.

- FURLAN, R. L. et al. Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal. In: Telma Terezinha Berchielli; Simone Gisele de Oliveira; Alexandre Vaz Pires. (Org.). **Nutrição de ruminantes**. 2ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, p. 1-24, 2011.
- GILL, M. et al. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. **Animal**, v.4, n. 1, p.323-333, 2010.
- GUAN H. et al. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. **Journal of Animal Science**, v.84, n.7, p.1896-1906, 2006.
- HOLLMANN, M. et al. Enteric methane emissions and lactational performance of Holstein cows fed different concentrations of coconut oil. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.2602-2615, 2012.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). **IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama: IGES, 2006. p. 747-846.
- INTITUTO BRASIELEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 ago 2014.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483–2492. 1995.
- LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal: mitos e realidades**. 2ª ed. 1. ed. Viçosa: UFV, v. 1. 2005, 344 p.
- LASCANO, C.E., AVILA, P. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. **Pastura Tropical**, 13:2-10, 1991.
- MACHADO, F.S. et al. **Emissão de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação**. 92p. 2011 (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 147).
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – IN 08/2004. **Instrução Normativa 08**, de 25 de março de 2004. BINAGRI-SISLEGIS, Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=178957228>.
- MARTIN, C. et al. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal Science**, v.4, n.3, p.351-365, 2009
- MARTINELE, I. et al. 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.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTUA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Aditivos**. 2014a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/alimentacao/aditivos>>.
- _____. **Agroegócio brasileiro em números**. 2014b. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Sala%20de%20Imprensa/Publica%C3%A7%C3%B5es/graficos_portugues_corrigido2.pdf>.
- MORAIS, J.A.S. et al. **Aditivos**. In: Telma Terezinha Berchielli; Simone Gisele de Oliveira; Alexandre Vaz Pires. (Org.). **Nutrição de Ruminantes**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 539-570.
- MOSS, A.R. et al. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v.49, n.1, p. 231–253, 2000.
- NUSSIO, L.G et al. Metabolismos de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Org.). **Nutrição de ruminantes**. 2ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, p.183-223, 2011.

- OLIVEIRA, J. S. et al. Aditivos na nutrição de ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 06, p. 01-23, 2005.
- OLIVEIRA, S. J. M. et al. Pecuária e desmatamento: mudanças no uso de solo no noroeste brasileiro. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009, Porto Alegre. **Anais...**, 2009. v. 46.
- OLIVEIRA, E.R. et al. Bioprodutos do cerrado: alternativas alimentares na redução da emissão de metano em bovinos – estudo de caso. **Revista Agrarian**, c.7, n. 24, p.369-381, 2014.
- PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lípidios In: Telma Terezinha Berchielli; Simone Gisele de Oliveira; Alexandre Vaz Pires. (Org.). **Nutrição de Ruminantes**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 299-344.
- PEDREIRA, M.S. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.3, p.24-32, 2005.
- PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O. Aspectos ambientais na bovinocultura. In: Telma Terezinha Berchielli; Simone Gisele de Oliveira; Alexandre Vaz Pires. (Org.). **Nutrição de ruminantes**. 2ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, p. 521-535, 2011.
- PEREIRA, L. G. R. Métodos de avaliação e estratégias de mitigação de metano entérico em ruminantes. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**. V.26, p.264-277, 2013.
- PRIMAVESI, O. et al. **Manejo alimentar de bovinos leiteiros e sua relação com produção de metano ruminal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 21p. 2004.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Fotossíntese. In: Raven, P.H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S.E. (Org.). **Biologia Vegetal**. Ed. Guanabara Koogan. p. 90-109, 1996.
- REIS, R.A.; DA SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: Telma Terezinha Berchielli; Simone Gisele de Oliveira; Alexandre Vaz Pires. (Org.). **Nutrição de ruminantes**. 2ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, p.83-114. 2011.
- RIVERO, S. et al. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, 2009.
- ROBERTSON L.J., WAGHORN G.C. Dairy industry perspectives on methane emissions and production from cattle fed pasture or total mixed rations in New Zealand. **New Zealand Society of Animal Production**, v.62, p.213-218. 2002.
- TEDESCHI, L.O. et al. Potential Environmental Benefits of Ionophores in Ruminant Diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.32, p.1591-1602, 2003.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL 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>>. Acesso em: 7 out 2014.
- VARGAS, J. et al. Emisión de metano entérico em ruminantes em pastoreo. **Archivos de Zootecnia**. V.61, p.51-66, 2012.
- WRIGHT, A.D.G. et al. Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. **Vaccine**, v.22, p.3976-3985, 2004.

