

Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. Parte III

Publicado: 09/05/2013

Autor/s. : Fernanda Samarini Machado, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Fernando César Ferraz Lopes, Mariana Magalhães Campos e Mirton José Frota Morenz da Embrapa Gado de Leite, MG; Roberto Guimarães Júnior da Embrapa Cerrados, DF, e Alexandre Vieira Chaves da University of Sydney, Sydney, Austrália.

Estratégias nutricionais de mitigação do metano entérico

O composto de importância crítica para o ecossistema ruminal é o H_2 produzido principalmente durante a fermentação das forragens. No rúmen, para que a degradação dos nutrientes da dieta ocorra normalmente, levando à formação de AGVs, é necessário que a pressão de H_2 mantenha-se reduzida, permitindo a re-oxidação do NADH. No rúmen, esse processo ocorre por meio da metanogênese. Desta forma, a manipulação do H_2 no rúmen é a chave para controlar a emissão de metano (JOBLIN, 1999).



Link recomendado

Agrifirm do Brasil



De acordo com Martin et al. (2009a), as vias metabólicas envolvidas na formação e utilização do H_2 , bem como a população metanogênica são importantes fatores que devem ser levados em consideração no desenvolvimento de estratégias para controlar a emissão de metano por ruminantes. Qualquer estratégia adotada deve ter como foco um ou mais dos objetivos listados abaixo e representados na Figura 4:

- Redução da produção de H_2 sem prejudicar a digestão dos alimentos;
- Estimulação da utilização do H_2 por meio de vias de produção de produtos alternativos benéficos para o ruminante;
- Inibição das Archeae metanogênicas (número e/ou atividade), com concomitante



A estratégia de mitigação mais bem sucedida deve possibilitar aumento rentável da produção de leite e/ou carne, como também promover redução persistente da emissão de metano entérico (GRAINGER et al., 2010a).

FIGURA 4. Possíveis locais de manipulação microbiana para redução da emissão de metano por ruminantes.

Composição e qualidade da dieta

A - Concentrado

Sabe-se que o aumento na quantidade de concentrado na dieta reduz a proporção da energia dietética convertida para metano (BLAXTER E CLAPPERTON, 1965). Ou seja, a adição de concentrado promove redução da emissão de metano como proporção da energia ingerida ou expressa por unidade de produto animal (leite e/ou carne).



Link recomendado

VICTAM LatAm 2023



A substituição de carboidratos fibrosos (celulose e hemiceluloses) por carboidratos não fibrosos (amido e açúcares) resulta em significativas modificações nas condições físico-químicas do rúmen e população microbiana. O desenvolvimento de bactérias

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

produção de metano devido à redução da disponibilidade de H₂ no rúmen.

Entretanto, de acordo com Martin et al. (2009a), a baixa relação acetato:propionato nem sempre ocorre em animais alimentados com dietas ricas em concentrado.

Nessas situações, a redução da emissão de metano pode ser explicada pela queda do pH ruminal e declínio do número de protozoários ciliados. O baixo pH ruminal também pode inibir o crescimento e/ou atividade das metanogênicas e bactérias celulolíticas.

Desta forma, em dietas com elevadas proporções de concentrado, os fatores que induzem a redução da produção de metano são:

- Aumento da produção de propionato, o que reduz a quantidade de H₂ disponível no rúmen;
- Inibição das metanogênicas (HEGARTY, 1999), das bactérias celulolíticas (BROSSARD et al., 2004) e dos protozoários ciliados pela redução do pH ruminal;
- Produção de bacteriocinas por bactérias lácticas, que inibem a atividade das metanogênicas (RODRIGUEZ E CAMPOS, 2007).

As perdas de metano mostram-se relativamente constantes para dietas contendo de 30 a 40% de concentrado (6 a 7% da EB ingerida) e então decrescem rapidamente para baixos valores (2 a 3% da EB ingerida) para dietas contendo de 80 a 90% de concentrado (LOVETT et al., 2003; BEAUCHEMIN AND MCGINN, 2005; MARTIN et al., 2007).



Link recomendado

Yara Brasil



Berchielli et al. (2003) relataram comportamento quadrático para a produção de metano em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. De acordo com os autores, o resultado observado sugere que a adição de concentrado, em baixas quantidades, propiciou condição favorável aos microrganismos, disponibilizando energia para degradação da fração fibrosa no

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

evidenciado pela queda no pH. Primavesi et al. (2004) também relataram que a substituição de volumoso por concentrado energético resultou em emissão máxima de metano quando o concentrado participou em 40% da matéria seca da dieta.

A adição de alimentos concentrados energéticos em dietas de ruminantes visando à redução da emissão de metano é uma estratégia que apresenta limitações econômicas e ambientais. As possíveis consequências metabólicas de dietas com elevado teor de carboidratos não fibrosos, como acidose ruminal, queda na porcentagem de gordura do leite e redução da vida produtiva dos animais devem ser levadas em consideração. A viabilidade econômica de sistemas produtivos que utilizam elevada proporção de concentrado nas dietas de ruminantes é questionável em países com clima propício à produção animal em pastagens, como o Brasil.

Além disso, as consequências do aumento da densidade energética das dietas devem ser analisadas sob visão sistêmica. A emissão de GEE, como CO₂ e óxido nítrico, provenientes 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. Abordagens sobre o fluxo de GEE nos sistemas de produção são encontradas nos trabalhos de Johnson et al. (2002b) e Lovett et al. (2006).



Link recomendado

[Agrifirm do Brasil](#)



Além da quantidade de concentrado na dieta, a sua composição também influencia a produção de metano. Lovett et al. (2005) avaliaram o efeito da suplementação do pasto com concentrado constituído primariamente de subprodutos fibrosos (32,8% de fibra insolúvel em detergente neutro - FDN), sobre a emissão de metano entérico. Foi observado aumento da produção diária de metano (de 346 para 399 g/ vaca/dia) com o incremento na quantidade fornecida de concentrado, devido ao seu alto nível de fibra e baixo teor de amido. Entretanto, é importante destacar que os autores

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

B - Forragem

A emissão de metano (g/kg de matéria seca ingerida) é influenciada pelo tipo de volumoso que o animal está ingerindo. Animais consumindo leguminosas geralmente emitem menos CH₄ em relação àqueles consumindo gramíneas. De acordo com Benchaar et al. (2001), a substituição de feno de capim timóteo (*Phleum pratense*) por alfafa reduziu a emissão de metano em 21% (expresso como % da energia digestível). McCaughey et al. (1999) observaram em bovinos de corte sob pastejo, redução de 10% na produção de metano por unidade de produto, quando a dieta constituída exclusivamente por gramínea foi substituída por outra contendo alfafa e gramínea (70:30). Tal efeito da utilização de leguminosas sobre a emissão de metano é frequentemente explicado pela presença de taninos condensados (WAGHORN, 2007), baixo teor de fibra, maior ingestão de matéria seca com conseqüente aumento da taxa de passagem no rúmen (O'MARA et al., 2004). Chaves et al. (2006) avaliando o efeito do tipo de pastagem na emissão de metano por novilhas de corte ao sobreano, observaram que o método de predição do consumo de matéria seca (CMS) afetou os valores de produção de metano encontrados. A perda de energia bruta ingerida na forma de metano, quando o CMS foi estimado pela técnica dos n-alcenos, diferiu entre os tipos de pastagem (P<0,001), sendo de 6,9 ou 9,6%, respectivamente, para novilhas consumindo gramínea ou alfafa. Quando a estimativa do CMS foi realizada utilizando o CNCPS (FOX et al., 2004), as perdas foram similares (P>0,05) entre gramínea e alfafa, sendo de 5,8 e 6,2% da EB ingerida, respectivamente.



Link recomendado

VICTAM LatAm 2023



A utilização de silagens de milho ou de outros cereais, em substituição a silagens de gramíneas, pode reduzir a emissão de metano por ruminantes. Isso se deve a três fatores: presença de amido dos grãos, que favorece a produção de propionato; aumento do consumo voluntário e conseqüente redução do tempo de retenção da

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

consumo e digestão pós-ruminal (energeticamente mais favorável do que a fermentação microbiana no rúmen), reduzindo, portanto, a emissão de metano por produto animal (O'MARA et al., 1998).

Existem diferenças significativas na composição de carboidratos das forragens, o que influencia o potencial metanogênico das mesmas.

Gramíneas C₄ podem produzir mais metano por kg de MS ingerida do que gramíneas de ciclo fotossintético C₃ (ULYATT et al., 2002). Corroborando essas informações, Primavesi et al. (2004), trabalhando com vacas em lactação, verificaram emissão de 121 a 147 kg d e CH₄/animal/ano em condições brasileiras, sendo tais valores superiores aos relatados na América do Norte (118 kg de CH₄/animal/ ano para animais de 600 kg de peso corpóreo e lactação de 6.700 kg de leite/ano e ingestão de 2,7% do peso vivo de MS) e no Leste Europeu (100 kg de CH₄ /animal/ano para vacas de 550 kg de peso vivo, lactação de 4.200 kg de leite/ano e ingestão de 2,5% do peso vivo de MS) (IPCC 1995; JOHNSON & WARD, 1996). Os autores atribuíram essa diferença à pior qualidade da forragem tropical em relação à de clima temperado, especialmente pelo maior teor de fibra e menor digestibilidade. As características das gramíneas C₄ podem conduzir a diferentes interpretações quanto ao potencial de fornecimento de substrato para fermentações que geram CH₄ no rúmen. Estas plantas forrageiras, por possuírem maiores proporções de fibra que as plantas de metabolismo C₃ (NELSON E MOSER, 1994) devem favorecer a fermentação acética, com maior produção de CH₄. Por outro lado, esta fibra apresenta baixa digestibilidade e menor velocidade de fermentação, quando comparada à de plantas de clima temperado, fornecendo menor quantidade de substrato para os microrganismos metanogênicos (PEDREIRA et al., 2005).



Link recomendado

Yara Brasil



Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

na dieta, a qual atende às exigências energéticas diárias com menor volume de matéria seca. O percentual de CH₄ produzido a partir da energia bruta ingerida é estimado entre 5,5 e 6,5% na América do Norte e Leste europeu (ESTADOS UNIDOS, 2000). Primavesi et al. (2004) encontraram valores de a 8,3% para vacas da raça holandesa em lactação, e 10,6% para as mestiças, mantidas em pastagens adubadas de capim-tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), respectivamente.

Outro fator importante a ser considerado é o método de conservação e o processamento da forragem. De acordo com Beauchemin et al. (2008), a metanogênese tende a ser menor em silagens do que em fenos, e quando ela é finamente moída ou peletizada do que quando é grosseiramente picada. A moagem e a peletização de forragens reduzem marcadamente a metanogênese (queda de 20 a 40% da produção de metano por unidade da dieta) (BLAXTER, 1989), devido ao aumento da taxa de passagem. Entretanto, tais efeitos não são aparentes quando o consumo desses alimentos é restrito. A amoniação ou a suplementação proteica de forragens de baixa qualidade aumentam a perda de metano proporcionalmente ao incremento da digestibilidade. Entretanto, a produção de metano por unidade de produto é reduzida (JOHNSON E JOHNSON, 1995).

A implementação de práticas de manejo de pastagens para melhorar sua qualidade aumenta o desempenho animal e a produtividade por unidade de área. Associado ao incremento no desempenho espera-se aumento da emissão de metano, como resultado da maior extensão da fermentação da forragem no rúmen. Entretanto, a quantidade de metano produzido por unidade de produto (leite ou carne) é reduzida se a produção ou crescimento do animal é aumentado. Portanto, estimativas da emissão de metano por animais em pastejo devem ser expressas em relação ao CMS ou ao produto animal.



Link recomendado

[Agrifirm do Brasil](#)



Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

variação na produção de CH₄, a qual foi melhor explicada pela ingestão de matéria seca. De acordo com Beever (1993), pode-se esperar menor produção de CH₄ para forragens tenras com elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF) e baixa concentração de FDN, e maior produção de CH₄ para forragens mais maduras. Encontrar o correto balanço entre a quantidade e qualidade da forragem é o fator chave em sistemas de produção baseados em pastagem, sendo a massa de forragem pré-pastejo e a altura da forragem pós-pastejo dois fatores críticos que influenciam o consumo e o desempenho animal (WIMS et al., 2010). A manutenção de massa de forragem elevada pode reduzir a qualidade da pastagem, devido à menor relação folha:caule e maior porcentagem de material senescente, levando à redução no CMS de pasto.

Wims et al. (2010) avaliaram os efeitos de dois níveis de massa de MS de forragem pré-pastejo (baixa: 1.000 kg/ha e alta: 2.200 kg/ha) sobre a emissão de metano, CMS de forragem e produção de leite de vacas manejadas sob pastejo. A emissão de metano foi mensurada em dois experimentos por meio da técnica do gás traçador SF₆, e o CMS foi estimado a partir da técnica dos n-alcanos. Os autores concluíram que o uso de baixa massa de forragem pré-pastejo melhorou a qualidade nutricional do pasto, com conseqüente redução na emissão de metano (g/dia; g/kg de leite; g/kg de sólidos do leite e g/kg de matéria seca de forragem ingerida). Tais resultados estão de acordo com Blaxter e Clapperton (1965), os quais afirmaram que, em altos níveis de consumo (duas a três vezes o nível de manutenção), a produção de CH₄ decresce com o aumento da digestibilidade. Portanto, embora o consumo seja o maior determinante da produção de metano, o estudo de Wims et al. (2010) mostrou que outros fatores estão envolvidos na determinação da emissão de metano, já que produção de metano em g/kg de matéria seca de forragem ingerida diferiu entre os tratamentos.



Link recomendado

VICTAM LatAm 2023



Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

para 6,5% da EB ingerida, respectivamente, na primavera e verão). A menor emissão relativa de metano observada para forragens mais jovens pode ser explicada pelos maiores teores de carboidratos solúveis e também de ácido linoleico. Hegarty (2001) analisou o efeito do melhoramento da qualidade nutricional das pastagens na produção de metano por ovinos da raça Merino e verificou que a proporção da energia ingerida perdida como metano diminuiu de 6,6 para 6,0% com o aumento da digestibilidade da forragem consumida, apesar do aumento da produção diária do gás.

Assim, a implementação de adequado manejo de pastagem na propriedade aumenta a quantidade e qualidade de alimento disponível para o animal e, portanto, é estratégia adequada de mitigação de metano entérico, aumentando a eficiência de uso da energia bruta da dieta e reduzindo o impacto ambiental da pecuária. O manejo adequado de sistemas de pastejo rotacionados pode aumentar tanto a quantidade como a qualidade da pastagem disponível para os animais. Como resultado, há melhoria da eficiência alimentar, redução da produção de gás metano por hectare, e incremento no desempenho, o que aumenta a rentabilidade do sistema (CHAVES et al., 2006).

Adição de lipídeos

Trabalhos indicam que a suplementação de dietas com lipídeos não protegidos reduz a emissão de metano entérico. São múltiplos os mecanismos de ação dos lipídeos sobre a metanogênese:

- Redução da matéria orgânica fermentável no rúmen, já que os lipídeos não são fonte de energia para as bactérias ruminais;
- Redução da atividade das metanogênicas pela presença de ácidos graxos de cadeia média (MACHMULLER et al., 2003)
- Efeito tóxico sobre bactérias celulolíticas (NAGAJARA et al., 1997) e protozoários (DOREAU E FERLAY, 1995) exercido por ácidos graxos poli-insaturados;
- Biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados (JOHNSON E JOHNSON, 1995).

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

Link recomendado



Yara Brasil

O efeito tóxico de ácidos graxos de cadeia longa ocorre por meio da ação sobre a membrana celular, particularmente de bactérias gram-positivas. O ácido linoleico é tóxico para bactérias celulolíticas (*F. succinogenes*, *R. albus* e *R. flavefaciens*), por afetar a integridade celular, e para fungos *Neocallimastix frontalis* cultivados *in vitro* (MAIA et al., 2007). Tais mudanças na população microbiana ruminal favorecem a formação de propionato, aumentando a captação de H_2 nesse processo.

Embora a biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados resulte em captura de H_2 , sua influência sobre a metanogênese é baixa, já que a completa hidrogenação de 1 mol de ácido linolênico previne a formação de apenas 0,75 mol de CH_4 (MARTIN et al., 2009a). A utilização de hidrogênio metabólico no processo de biohidrogenação de ácidos graxos insaturados é pequena (1%) se comparada àquelas inerentes à redução do CO_2 (48%), à síntese de AGVs (33%) e à síntese de células bacterianas (12%) (CZERKAWSKI, 1986).

A efetividade da adição de lipídeos para reduzir emissões de metano depende de vários fatores, incluindo nível de suplementação, a fonte de lipídeo utilizada, a forma de fornecimento (óleo refinado ou sementes de oleaginosas, por exemplo) e o tipo de dieta (BEAUCHEMIN et al., 2008).

Embora reduções de metano maiores que 40% sejam possíveis com elevados níveis de adição de lipídeos (MACHMULLER E KREUZER, 1999; JORDAN et al., 2006b), na prática, reduções entre 10 e 25% são as mais prováveis (BEAUCHEMIN et al., 2008). Recomenda-se que a adição de lipídeo total não ultrapasse 6 a 7% da matéria seca dietética para evitar depressão do CMS. A ação múltipla da suplementação lipídica sobre o número e atividade dos microrganismos ruminantes pode prejudicar o processo de digestão se o efeito tóxico sobre as metanogênicas provocar acúmulo de H_2 no rúmen.

Link recomendado



Agrifirm do Brasil

Beauchemin et al. (2008), revisando 17 estudos com bovinos e ovinos, estabeleceram relação entre o nível de lipídeo adicionado (% do CMS) e a emissão de metano (g/kg de MS consumida) para diferentes fontes dietéticas de gorduras e óleos (Figura 5). Foi relatada redução de 5,6% na produção de metano para cada 1% de adição de lipídeo. Os autores encontraram considerável variação entre as fontes de lipídeos no efeito sobre a metanogênese. Observou-se queda acentuada na produção de metano (g/kg de MS consumida) em alguns estudos com óleo de coco (63,8% de redução com adição de 7% de gordura; Machmuller e Kreuzer, 1999) e com ácido mirístico (58,3% de redução com 5% de adição de lipídeo; Machmuller et al., 2003).

FIGURA 5. Sumário de dados a literatura resultantes de 33 tratamentos, mostrando o efeito da adição de diferentes fontes de lipídeos sobre a redução percentual de metano (g/kg de matéria seca ingerida) em relação às dietas controle.

Martin et al. (2009a) também sumarizaram dados de estudos in vivo (67 dietas suplementadas com lipídeos, oriundas de 28 publicações) avaliando os efeitos de

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

MS ingerida) para cada 1% de gordura adicionada na dieta(% do CMS).

Diante do exposto, é evidente que os efeitos dos ácidos graxos sobre a metanogênese ruminal são amplamente dependentes da sua natureza. Suplementos lipídicos ricos em ácidos graxos de cadeia média (12 a 14 átomos de carbono), tais como óleos de coco, de palmáceas ou de canola (rico em ácido láurico), ou ácido mirístico purificado, são particularmente mais depressivos sobre a emissão de metano, principalmente em dietas ricas em concentrado e com baixos níveis de Ca (MACHMULLER



Link recomendado



VICTAM LatAm 2023

et al., 2003). De acordo com Dohme et al. (2001), os ácidos láurico (C 12:0) e mirístico (C 14:0) fornecidos sozinhos apresentam efeitos similares, mas a combinação desses dois ácidos graxos provoca efeito sinérgico, levando à queda acentuada na emissão de metano (SOLIVA et al., 2004). O mecanismo primário pelo qual os ácidos graxos de cadeia média reduzem a metanogênese é por meio da sua toxicidade sobre as metanogênicas. A utilização comercial dessa estratégia para mitigação do metano tem alto custo em países de clima temperado, mas mostra-se viável no Brasil, devido à maior disponibilidade desses produtos no mercado.

Suplementos ricos em ácidos graxos poli-insaturados, como ácido linoleico das sementes de girassol e ácido linolênico da linhaça, também têm efeito negativo sobre a produção de metano. Martin et al. (2008) observaram redução na emissão de metano de 52% para suplementação com 5,8% de óleo de linhaça, enquanto que Jordan et al. (2006a) relataram redução de 37% para a adição de 6,0% de óleo de soja. O efeito dos PUFA sobre a metanogênese ocorre, em parte, devido à redução na digestibilidade da fibra e no CMS. Quedas drásticas na produção de metano por meio da utilização da suplementação dietética de lipídios ocorrem apenas quando a digestão da fibra é inibida (JOHNSON E JOHNSON, 1995).

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

do sebo, sobre a metanogênese ruminal. Decréscimo de 30% na produção de metano foi observado quando se adicionou 12% de sebo na dieta de vacas em lactação (VAN DER HONING et al., 1983). Entretanto, esse efeito não foi observado em alguns estudos com vacas leiteiras (JOHNSON et al., 2002a; WOODWARD et al., 2006) e ovinos (COSGROVE et al., 2008).



Link recomendado

Yara Brasil



Entre as fontes de ácidos graxos de cadeia longa, disponíveis para suplementação, sementes de oleaginosas e gordura animal são mais baratas do que óleos refinados. A utilização do sebo na alimentação de ruminantes, entretanto não é permitida no Brasil. As sementes de oleaginosas precisam ser processadas mecanicamente antes do fornecimento, pois grande parte não é rompida no processo de mastigação. A utilização de sementes ao invés do óleo refinado previne efeitos negativos acentuados sobre a digestibilidade da fibra e CMS, já que a liberação dos ácidos graxos no rúmen é mais lenta.

Alguns estudos mostraram que o efeito dos lipídeos sobre a metanogênese depende parcialmente do tipo da dieta, mas os resultados não são definitivos. Martin et al. (2009b) encontraram queda mais pronunciada para dietas com feno do que com silagem de milho com o uso de linhaça em vacas leiteiras. Lovett et al. (2003) mostraram que a suplementação com óleo de coco promoveu maior redução da emissão de metano por novilhos em dietas suplementadas com concentrado do que naquelas ricas em forragem.

A utilização da suplementação lipídica como estratégia de mitigação do metano entérico deve considerar os efeitos sobre o metabolismo e desempenho do animal, para que a escolha da fonte de óleo/gordura e o nível de adição na dieta sejam estabelecidos de forma apropriada. Os efeitos negativos do uso de lipídios para ruminantes são menos expressivos em dietas com baixo teor de fibra. Portanto, a suplementação com lipídio deve ser mais cautelosa em sistemas de produção em



apenas sua ação em períodos experimentais curtos.



Link recomendado

Agrifirm do Brasil



Grainger et al. (2010b) avaliaram os efeitos da suplementação de dietas de vacas leiteiras com caroço de algodão por 12 semanas, sobre a metanogênese, pela técnica do gás traçador SF₆. Os autores observaram redução persistente na emissão de metano (3,5 g de CH₄/kg de MS ingerida, em média) ao longo de 12 semanas com a adição de caroço de algodão (2,61 kg de MS/vaca/dia). A redução observada na produção de metano (g/kg de MS ingerida), de 5,1% na primeira semana, aumentou para 14,5% na 12ª semana.

Com a obrigatoriedade da inclusão de percentuais mínimos de biocombustível ao diesel, instituída pela Lei 11.097/2005 do governo brasileiro (a partir de janeiro de 2010, tornou-se obrigatório a inclusão de 5% de biodiesel ao diesel), a agricultura brasileira vem se adequando à produção de oleaginosas para fins não alimentares. Opções de matérias primas vêm sendo estudadas e utilizadas (soja, mamona, algodão, pinhão-manso, dendê, licuri, babaçu, macaúba, nabo forrageiro, amendoim, girassol, canola e côco). Uma das consequências desta nova realidade é a geração de grandes quantidades de coprodutos (farelos, tortas e glicerina), além da disponibilidade de diversos tipos de óleos que são utilizados para a produção de biodiesel, ambos com potencial para inclusão em dietas de ruminantes e, possivelmente, de contribuir com a mitigação de metano entérico.

Pereira et al. (2008) destacaram a glicerina como possível ingrediente alimentar capaz de mitigar metano, já que os precursores diretos de propionato têm demonstrado efeito positivo na redução da metanogênese. Na Conferência Internacional de GEE na Agricultura, realizada em Banff no Canadá, Stagno et al. (2010) e Lee et al. (2010) indicaram a possibilidade de redução da emissão de metano com a inclusão de glicerina com base em estudo in vitro. Já Reynolds et al.



Link recomendado



VICTAM LatAm 2023

A quantificação da capacidade de mitigação dos coprodutos do biodiesel é importante, pois os benefícios da inclusão dos mesmos, bem como de óleos na dieta de ruminantes podem somar-se aos benefícios da utilização de biodiesel como fonte energética (redução da emissão de CO₂), contribuindo para a consolidação do Brasil como referência mundial em biocombustíveis.

Aditivos

Outra estratégia de mitigação de metano entérico é a utilização de aditivos. A manipulação do ecossistema ruminal é ferramenta bastante utilizada por nutricionistas, visando aumentar a conversão alimentar e o desempenho dos animais. No passado, as pesquisas focaram o uso de antimicrobianos como, por exemplo, a monensina. Entretanto, a crescente pressão da sociedade contra a utilização desse tipo de aditivo na alimentação animal tem incentivado a busca por métodos alternativos para manipulação do ambiente ruminal.

Ionóforos

Os ionóforos são antimicrobianos tipicamente utilizados como aditivos em rebanhos comerciais de bovinos leiteiros e de corte, visando modular o CMS e aumentar a eficiência de produção de carne e leite (McGUFFEY et al. 2001). Essas substâncias são poliésteres carboxílicos, com baixo peso molecular, resultantes da fermentação de várias espécies de actinomicetos produzidos, principalmente, por bactérias dos gêneros *Streptomyces* spp e *Actinomadura* spp. Atualmente são conhecidos mais de 120 tipos de ionóforos, no entanto, apenas a monensina (*S. aureofaciens*), a lasalocida (*S. cinnamomensis*), a salinomina (*S. albus*) e a laidomicina propionato



Link recomendado



Yara Brasil

A ação dos ionóforos no rúmen ocorre por mudanças na população microbiana, selecionando bactérias Gram-negativas, produtoras de ácido succínico ou que fermentam ácido láctico, e inibindo Gram-positivas, produtoras dos ácidos acético, butírico e láctico e também de H₂ (MORAIS et al., 2006). As bactérias Gram-negativas são mais resistentes aos ionóforos em virtude de sua célula ser constituída por parede celular e membrana externa de proteção que impede a entrada dos ionóforos. Por outro lado, as bactérias Gram-positivas possuem apenas uma camada espessa de peptidoglicanos que, por ser porosa, não impede a ação da monensina. De forma geral, todos os efeitos dos ionóforos são secundários ao fenômeno causado pela alteração da fisiologia normal da membrana celular dos microrganismos.

Os ionóforos têm sido definidos como substâncias capazes de interagir passivamente com cátions, servindo assim como veículo de transporte para estes, através da membrana celular (RUSSEL & STROBEL, 1989). Estes antibióticos formam complexos com cátions monovalentes e bivalentes, como K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, entretanto, possuem afinidade diferenciada por estes íons. A monensina sódica modula primariamente o Na⁺, pois sua afinidade a este íon é dez vezes maior do que ao K⁺, e não tem afinidade por íons bivalentes. Por outro lado, a lasalocida tem maior afinidade para o K⁺ e menor atração pelo Ca²⁺ e Na⁺ (PRESSMAN, 1976).

O mecanismo de ação dos ionóforos sobre as bactérias está relacionado com o funcionamento da bomba iônica, responsável pelo controle do balanço químico entre os meios interno e externo da célula. Os ionóforos, ao se ligarem à membrana celular das bactérias e protozoários e, provavelmente, à dos fungos ruminais, facilitam o movimento dos cátions através da membrana celular, levando à redução da concentração intracelular de K⁺, baixo pH e maior concentração intracelular de Na⁺

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

tentativa de manter o equilíbrio na célula, com o gasto de 1 ATP por próton mobilizado. Esse processo, juntamente com a baixa concentração de K^+ intracelular, reduz as reservas energéticas e a taxa de síntese de proteína microbiana, com consequente menor capacidade de divisão celular. Como consequência, a bomba iônica não opera eficientemente, provocando desequilíbrio e devido à maior concentração de cátions dentro da célula, ocorre aumento da pressão osmótica; a água penetra em excesso e com isso a célula tende a romper-se. Desse modo, as bactérias acabam morrendo ou assumem um nicho microbiano sem expressão no rúmen (MORAIS et al., 2006).



Link recomendado



Agrifirm do Brasil

Além da parede celular ser importante barreira contra a ação dos ionóforos nas bactérias Gram-negativas (RUSSEL & STROBEL, 1988), outros mecanismos de resistência já foram descritos. Os ionóforos exercem ação seletiva sobre as bactérias, de forma que as Gram- -negativas sobrevivem graças ao sistema enzimático fumarato-redutase mais prevalente neste tipo de microrganismo, que acopla o transporte de elétrons à extrusão de prótons, via membrana plasmática (CHEN & WOLIN, 1979). Bactérias que produzem os ácidos láctico, acético, butírico e fórmico e também o H_2 são susceptíveis aos ionóforos, enquanto bactérias produtoras dos ácidos succínico e propiônico e aquelas fermentadoras de lactato são resistentes (MORAIS et al., 2006).

Os efeitos anti-metanogênicos dos ionóforos estão mais relacionados com a inibição da formação dos precursores (formato e H_2) do metano do que um efeito direto sobre a população de metanogênicas, uma vez que essas são mais resistentes aos ionóforos do que as bactérias que produzem e fornecem H_2 . A redução dos precursores de metano seria responsável por apenas 45% do efeito dos ionóforos sobre a produção de metano, sendo o restante consequência da menor ingestão de alimentos (NAGARAJA et al., 1997). A diminuição da produção de metano observada

metanogênicas (McALLISTER et al., 1996).

Johnson e Johnson (1995), revisando a adição de ionóforos a dietas baseadas em grãos e forragem, encontraram grande variação quanto à redução na metanogênese ruminal (entre 4 e 31%) e concluíram que qualquer efeito é de curta duração e que o CH₄ retorna a níveis normais depois de duas semanas. Eles também comentaram que a redução na produção de metano foi provavelmente relacionada à queda na ingestão de matéria seca e não ao efeito direto na metanogênese. De acordo com Tedeschi et al. (2003), os ionóforos podem reduzir a produção de CH₄ em 25% e a ingestão de alimentos em 4%, sem afetar o desempenho animal. Dados da literatura indicam que o efeito da monensina na redução da emissão de metano é dose-dependente. Alguns estudos revisados por Beauchemin et al. (2008) mostraram que doses inferiores a 15 ppm não têm efeito sobre a metanogênese (g de metano/dia ou g de metano/kg de MS ingerida) em vacas leiteiras. Doses mais altas (24 a 35 ppm) reduziram a produção de metano (g/dia, em 4 a 10%; e em g/kg de MS ingerida, em 3 a 8%) por bovinos de corte e de leite (SAUER et al. 1998; MCGINN et al. 2004; VAN VUGT et al. 2005; ODONGO et al. 2007). Reduções de 30% na emissão de metano foram reportadas quando 33 ppm de monensina foi incluída em dietas com alto ou baixo teor de forragem (GUAN et al. 2006).



Link recomendado



VICTAM LatAm 2023

A inibição da metanogênese pelos ionóforos não é sustentada por longos períodos, provavelmente, devido à habilidade de adaptação da microflora ruminal (NEWBOLD et al., 1993; JOHNSON & JOHNSON, 1995). Guan et al. (2006) mostraram que a monensina (33 mg/kg) reduziu a emissão de metano por bovinos de corte em até 30%, mas os níveis de produção desse gás foram restaurados dentro de dois meses. Possíveis explicações para o desenvolvimento de resistência aos ionóforos incluem modificações dos polissacarídeos da membrana celular, aumento na atividade da bomba iônica (RUSSEL E STROBEL, 1989) e substituição da população de bactérias

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

desenvolvimento de resistência aos ionóforos pode não acontecer. Estes autores observaram que a monensina reduziu a produção de metano em vacas leiteiras por um período superior a seis meses. A adaptação dos microrganismos ruminais aos ionóforos pode ser dependente do tipo de dieta. Alguns estudos sugerem menor adaptação à monensina quando as dietas são à base de forragem (DAVIES et al., 1982; RUMPLER et al., 1986; O'KELLY & SPIERS, 1992). Tedeschi et al. (2003) propuseram que, mesmo no caso de adaptação microbiana à monensina, os ionóforos são efetivos na mitigação de metano entérico por melhorar a eficiência de conversão alimentar e, conseqüentemente, por reduzir a emissão de metano por quilograma de carne ou de leite.

Grainger et al. (2010a) avaliaram o uso de dose elevada de monensina (471 mg/dia) em vacas alimentadas com pasto de azevém suplementado com 4 kg/dia de grãos de cevada. A emissão de metano foi estimada nos animais em pastejo pela técnica do gás traçador SF6 e também em câmaras respirométricas. Em ambas condições, a adição de monensina não aumentou a produção de leite e não promoveu efeito sobre a emissão de metano entérico (g/dia, g/kg de leite e g/kg de MS ingerida).



Link recomendado



Yara Brasil

Os autores concluíram que a monensina não representa estratégia de mitigação viável para vacas leiteiras em pastagem suplementadas com concentrado.

Os possíveis efeitos transitórios dos ionóforos, associado com a crescente pressão para reduzir o uso de antimicrobianos na produção animal, sugerem que essa estratégia de mitigação da emissão metano entérico por ruminantes não representa uma solução de longo prazo.

Ácidos orgânicos

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

podem estimular a captação de lactato pelas bactérias *Selenomonas ruminantium* (MARTIN E PARK, 1996) e atuar como tampões, prevenindo quadros de acidose ruminal em dietas ricas em concentrados energéticos. Além disso, o suprimento de ácidos orgânicos, precursores diretos de propionato, tem demonstrado efeito positivo na redução da metanogênese, sendo o efeito dose-dependente (ASANUMA et al., 1999; O'MARA, 2004).

A metanogênese pode ser reduzida pelo aumento da utilização do H_2 e formato por outros microrganismos que não os metanogênicos. Os efeitos dos ácidos orgânicos como inibidores da emissão de metano deve-se à redução da disponibilidade de H_2 no rúmen por atuarem como seus receptores para formação de succinato.

Fibrobacter succinogenes, *S. ruminantium* (*ruminantium*), *S. ruminantium* (*lactilytica*), *Veillonella parvula* e *Wolinella succinogenes* são microrganismos utilizadores de fumarato, competindo com os metanogênicos pelo uso do H_2 (CASTILLO et al., 2004).

Algumas bactérias anaeróbico-restritas utilizam ciclo redutivo ou reverso do ácido cítrico, conhecido como via succinato-propionato, para sintetizar propionato ou succinato. *S. ruminantium* utilizam o lactato, substrato reduzido, como fonte de carbono e energia. A adição de malato fornece receptores de H_2 , estimulando a utilização do lactato por essas bactérias, o que contribui para a manutenção do pH ruminal (NELSON E COX, 2000).



Link recomendado

Agrifirm do Brasil



Demeyer e Henderickx (1976) conduziram um dos primeiros estudos in vitro avaliando o efeito dos ácidos orgânicos sobre a metanogênese e mostraram que o fumarato promoveu redução de 60% na formação de CH_4 . Utilizando a técnica de simulador ruminal (Rusitec), López et al. (1999) observaram que a adição de 6,25 mM de fumarato reduziu em, aproximadamente, 17% a formação de CH_4 . Entretanto,



comparação com a hidrogenase.

Assim, em contraste ao efeito bem estabelecido dos ácidos orgânicos sobre a metanogênese em estudos in vitro, as respostas in vivo para a adição desses aditivos na dieta permanecem inconclusivas e altamente variáveis (MARTIN et al., 2009a).

Wallace et al. (2006) observaram excepcional redução de 75% na produção de metano com adição de 10% de fumarato encapsulado na dieta de cordeiros, sem efeito negativo no crescimento dos animais. Já McCourt et al. (2008) não observaram efeito do fumarato encapsulado em vacas leiteiras.

A utilização comercial dos ácidos orgânicos como aditivos para ruminantes é limitada, principalmente, pelo custo, podendo sua utilização não ser economicamente viável.

Por essa razão, forragens podem ser fornecidas como fonte de ácidos dicarboxílicos.

Os intermediários do ciclo do ácido tricarboxílico acumulam-se nos tecidos das plantas. Entretanto, de acordo com O'Mara (2004), grande variação é verificada (0,6 a 7,5% da MS). Callaway et al. (1997) conduziram estudo para determinar as concentrações de malato presentes no feno de cinco variedades de alfafa, em diferentes estádios de maturação. Com o avanço da maturidade, a concentração de malato reduziu, variando de 6,5 a 7,0%, para a alfafa colhida jovem, a 2,9 a 4,5% quando colhida tardiamente. Martin (1998) sugeriu que o elevado teor de malato em forragens frescas nos estádios iniciais de crescimento, especialmente alfafa, podem promover mudanças significativas na fermentação microbiana ruminal.



Link recomendado



VICTAM LatAm 2023

São necessárias mais pesquisas avaliando as modificações promovidas no ambiente ruminal pelos ácidos orgânicos, fornecidos como aditivos, bem como aqueles presentes em forragens nos estádios iniciais de crescimento.

Leveduras

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

associadas à utilização das leveduras incluem aumento da concentração de AGVs e proporção molar de propionato, decréscimo da concentração de ácido láctico no líquido ruminal, e menor variação pós-refeições no pH e amônia ruminal (MORAIS et al., 2006).

As leveduras fornecem nutrientes e removem o oxigênio adsorvido às partículas de alimento que entram no rúmen, estimulando o crescimento de bactérias, principalmente celulolíticas, fungos e protozoários ciliados (WALLACE, 1994).

Extratos aquosos de *S. cerevisiae* estimularam, em culturas puras, o crescimento/atividade das bactérias utilizadoras de lactato, como *Selenomonas ruminantium* e *Megasphaera elsdenii* (NISBET E MARTIN, 1991), devido ao seu elevado teor de ácido málico, que serve de intermediário para a transformação de lactato em propionato.

A utilização de leveduras como estratégia de mitigação da emissão de metano entérico não tem sido extensivamente pesquisada. Os poucos trabalhos disponíveis na literatura focam outros efeitos não relacionados à metanogênese e os resultados descritos são contraditórios, com aumento, redução ou ausência de alterações sobre a emissão de metano (CHAUCHEYRAS-DURAND et al., 2008). As leveduras apresentam grande diversidade funcional e metabólica e algumas cepas são capazes de reduzir a produção de metano in vitro (NEWBOLD E RODE, 2006).



Link recomendado

Yara Brasil



A suplementação com leveduras pode estimular uma espécie de bactéria acetogênica "hidrogeniotrófica" hábil para utilizar o H₂ para produção de acetato em condições in vitro. Em coculturas de bactérias acetogênicas e metanogênicas, sem adição de levedura, 19% do H₂ foi utilizado para a síntese de acetato e 79% para a produção de metano. Já na presença de levedura, 70% do H₂ foi utilizado para a produção de acetato (CHAUCHEYRAS et al., 1995). Mas esses resultados ainda precisam ser confirmados in vivo. Nas condições normais do rúmen, as bactérias acetogênicas

(DEHORITY, 2003).

Extratos de plantas

Há crescente interesse na utilização de compostos secundários de plantas como estratégia de mitigação do metano, por representar alternativa natural à utilização de aditivos químicos. Várias plantas contêm compostos secundários que as protegem do ataque de fungos, bactérias, insetos e herbívoros. O efeito dessas moléculas sobre a metanogênese ruminal é altamente variável. A maioria dos trabalhos aborda o uso de taninos, saponinas e óleos essenciais. Quando elevados níveis dessas substâncias são ingeridos podem ocorrer efeitos adversos sobre o desempenho e saúde do animal, mas, em baixas concentrações, são capazes de melhorar o processo fermentativo no rúmen (MORAIS et al., 2006; BEAUCHEMIN et al., 2008).

Os taninos são substâncias polifenólicas com variados pesos moleculares e complexidade, sendo classificados em hidrolisáveis e condensados. A atividade antimetanogênica dos taninos presentes nas plantas tem sido atribuída, principalmente, ao grupo de taninos condensados. Taninos hidrolisáveis, embora também afetem a metanogênese, são considerados mais tóxicos para os animais (FIELD et al., 1989).



Link recomendado

Agrifirm do Brasil



Os taninos formam complexos, principalmente, com proteínas e, em menor grau, com íons metálicos, aminoácidos e polissacarídeos, reduzindo a digestibilidade destes. Entretanto, a presença de baixas concentrações de taninos na dieta pode ser utilizada como potencial modulador da fermentação ruminal (MORAIS et al., 2006). A ação dos taninos condensados na metanogênese pode ser atribuída a um efeito indireto, pela redução na produção de H₂, como consequência da redução na

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

Tiemann et al. (2008) observaram que a inclusão de leguminosas com elevados teores de tanino (*Callinadra calothyrsus* e *Fleminga macrophylla*) provocou diminuição na emissão de metano por carneiros em até 24%, mas esse efeito foi associado à redução na digestibilidade da matéria orgânica e da fibra. Carneiros recebendo "Gamberin", um produto contendo 49% de tanino condensado (extrato solidificado das folhas de *Uncaria gambir*), apresentaram significativa redução na perda de energia como metano (% da EB) e queda de 75% no número de protozoários ciliados (SARVAN, 2000).

Vacas leiteiras apresentaram menor emissão de metano (26,9 g/kg de MS ingerida e 378 g/kg de sólidos do leite) quando alimentadas com *Lotus corniculatus* do que quando receberam silagem de azevém (35,23 g de CH₄/kg de MS ingerida e 434 g de CH₄/kg de sólidos do leite) (WOODWARD et al., 2001). Entretanto, alguns trabalhos sugeriram que os taninos não exercem efeito sobre a produção de metano ruminal.

Oliveira et al. (2006), avaliando o efeito de dietas contendo silagens de sorgo com baixo e alto teor de taninos, fornecidas para bovinos de corte, não observaram efeito desses compostos sobre a metanogênese. Beauchemin et al. (2007) também reportaram que o fornecimento de dietas contendo taninos de quebracho acima de 20 g/kg de matéria seca não reduziu a emissão de metano por bovinos em crescimento. Jayanegara et al. (2010) avaliaram a relação entre os valores de taninos obtidos a partir de diferentes ensaios (fenóis totais, taninos totais, taninos condensados e bioensaio) e a produção de metano in vitro após 24 h de incubação. O bioensaio foi a metodologia mais acurada para predizer o potencial de redução de produção de metano das plantas avaliadas. Como as análises químicas desses parâmetros são relativamente simples, elas podem ser utilizadas para o screening de grande número de amostras para avaliar seu potencial antimetanogênico e identificar plantas promissoras para serem avaliadas em ensaios in vivo.



Link recomendado

VICTAM LatAm 2023



Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

microrganismos ruminais. As saponinas reduzem a degradação de proteínas e, ao mesmo tempo, favorecem a síntese de proteína e biomassa microbiana, dois processos que resultam em menor disponibilidade de H₂ para a metanogênese (MARTIN et al., 2009a). Mas o principal mecanismo de ação antimetanogênica das saponinas está relacionado ao efeito tóxico sobre protozoários ciliados. As saponinas emulsificam os lipídeos da membrana celular dos protozoários, causando mudanças na sua permeabilidade, e morte da célula (WALLACE et al., 2002).

Hess et al. (2004) observaram decréscimo de 54% na contagem de protozoários e redução de 20% na produção in vitro de metano utilizando elevadas doses de saponinas (12 mg/g de MS). Guo et al. (2008) observaram redução na metanogênese (8%) e no número de protozoários (50%) com o uso de saponinas in vitro. Os autores relataram redução na atividade das metanogênicas (76%), mensurada por meio da expressão do gene *mcrA*, sem que o número de metanogênicas fosse afetado. Entretanto, o efeito anti-protozoário das saponinas pode ser provisório e nem sempre é acompanhado pela redução na produção de metano. Os resultados da utilização das saponinas na fermentação ruminal têm-se mostrado contraditórios e uma das principais razões da dificuldade de se obter dados consistentes é a grande variedade estrutural desses compostos. Portanto, a fonte de saponinas deve ser levada em consideração, já que há considerável variação inter e intra-espécies vegetais. São necessários mais estudos para identificar quais os tipos de saponinas geram resultados mais persistentes sobre a metanogênese ruminal (MORAIS et al., 2006).



Link recomendado

Yara Brasil



Óleos essenciais são metabólitos secundários, são responsáveis pelo odor e cor de algumas plantas. As pesquisas conduzidas até o momento indicam a possibilidade da utilização de óleos essenciais para manipulação da fermentação ruminal. Muitas moléculas biologicamente ativas presentes nos óleos essenciais apresentam propriedades antimicrobianas, atuando sobre bactérias Gram-positivas e Gram-

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

vitro. Busquet et al. (2005) avaliaram os efeitos do óleo essencial obtido do alho e de quatro de seus componentes (diallyl sulfeto, diallyl disulfeto, allyl mercaptan e allicin) sobre a fermentação ruminal in vitro. A produção de metano após 17 h de fermentação foi significativamente reduzida pelo óleo essencial de alho, allyl mercaptan e diallyl disulfeto. McAllister et al. (2008) estudaram um produto de allicin disponível no mercado. Nos níveis de inclusão de 0; 2 e 20 µg/ mL, o allicin não afetou a produção diária de AGVs e de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Entretanto, em concentração de 20 µg/mL, a produção de metano foi significativamente reduzida, o que está relacionado à redução da população de metanogênicas em relação à população bacteriana total, avaliada por PCR.

Diversas plantas, com diferentes metabólitos secundários, têm sido avaliadas como possíveis mitigadoras de metano entérico. Garcia- -González et al. (2010) avaliaram o uso de raiz de ruibarbo (*Rheum ssp.*) e casca de amieiro negro (*Frangula alnus*) como aditivos em dietas baseadas em forragem, em fermentadores que simulam as condições ruminais (Rusitec). Essas plantas apresentam diferentes constituintes químicos, destacando-se os derivados de antraquinona, aos quais tem sido atribuído efeito inibitório direto sobre as metanogênicas e acúmulo de H₂ no rúmen. O ruibarbo apresentou significativa e persistente atividade antimetanogênica, sem efeitos negativos sobre a fermentação ruminal, podendo ser considerado de interesse para o desenvolvimento de aditivos para controlar a produção de metano.



Link recomendado

[Agrifirm do Brasil](#)



Watabane et al. (2010) avaliaram o uso de líquido da casca da castanha de caju (CNSL), um coproduto da produção de castanha de caju em países tropicais, que apresenta várias aplicações industriais. O CNSL apresenta compostos fenólicos, destacando-se o ácido anacárdico, que inibem seletivamente bactérias Gram-positivas. Os autores realizaram uma série de experimentos in vitro utilizando dietas ricas em concentrado (V:C; 30:70), para avaliar os efeitos de diferentes doses de

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

propionato e reduzindo a emissão de metano.

O Brasil, um país com dimensões continentais, apresenta ampla diversidade de extratos vegetais que podem ser incorporados à dieta dos animais. Entretanto o potencial de mitigação de metano desses materiais ainda é desconhecido. Na Comunidade Européia, um projeto desenvolvido em rede, chamado "RumenUp" (Ruminal Metabolism Enhanced Naturally Using Plants) permitiu a avaliação de 500 substratos vegetais quanto à capacidade de mitigação de metano e efeitos adversos na fermentação ruminal. Dos materiais testados, 25 apresentaram algum tipo de ação positiva. Assim, após a identificação de extratos de plantas com potencial mitigador, através de ensaios in vitro, sua utilização prática na dieta de ruminantes requer estudos in vivo para determinar a dose ideal dos seus componentes ativos e analisar a presença de resíduos nos produtos animais para o consumo humano. Além disso, é preciso investigar possíveis efeitos antinutricionais de tais moléculas, e considerar o potencial de adaptação dos microrganismos ruminais (MARTIM et al., 2009).



Link recomendado



VICTAM LatAm 2023

A prospecção de alternativas alimentares nos diferentes biomas brasileiros pode ser importante estratégia para obtenção de produtos ou processos agropecuários com capacidade de mitigação de metano entérico.

Autor/s. :

Fernanda Samarini Machado

[Siga](#)

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

[Siga](#)

Pecuária de leite

[Iniciar sessão](#)

Mariana Magalhães Campos

[Siga](#)

Mirton José Frota Morenz

[Siga](#)

Roberto Guimarães Júnior

[Siga](#)

Alexandre Vieira Chaves

[Siga](#)

2389

0

Estatísticas



Ver todos os comentários

Mais informações sobre:
[Emissão de metano](#)

[Desempenho zootécnico e digestibilidade de novilhos zebu em confinamento alimentados com levedura e monensina](#)



Pecuária de leite



Iniciar sessão



IN CO-LOCATION WITH

SÃO PAULO - BRASIL
03-05 DE OUTUBRO DE 2023

