

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

RESUMO

Objetivou-se destacar o uso dos óleos essenciais como modificadores da fermentação ruminal e suas alterações na metanogênese. O uso de aditivos moduladores da fermentação ruminal, visando o aumento da eficiência alimentar em ruminantes, é alvo de estudos da pesquisa há bastante tempo. Um dos aditivos mais utilizados é a monensina, pelo fato de melhorar o aproveitamento de nutrientes e reduzir a incidência de distúrbios metabólicos nos animais. Contudo, o seu uso está sendo questionado pela possibilidade de deixar resíduos nos produtos de origem animal. Desta forma, se abre caminho para o uso de fontes naturais que tenham função semelhante à dos ionóforos, e que possam ser aplicados de forma segura na nutrição animal. O uso de óleos essenciais nas dietas para ruminantes possuem potencial para reduzir a produção de metano. O metano além de ser um gás de efeito estufa, é uma perda energética do animal que poderia ser direcionado para um melhor desempenho animal.

Palavras-chave: aditivos, bovinos, nutrição, zootecnia.

Óleos essenciais como alternativa para a redução do metano em ruminantes

Aditivos, bovinos, nutrição, zootecnia.

Laion Antunes Stella^{1*}
Angel Sanchez Zubieta¹
Bruna Kuhn Gomes¹
Ênio Rosa Prates¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – A Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS- E-mail: laionstella@hotmail.com

ESSENTIAL OILS AS AN ALTERNATIVE TO METHANE REDUCTION IN RUMINANTS

ABSTRACT

Dietary additives are used to modulate ruminal fermentation and increase feed efficiency, and have been subject of study for a long time. Monensin is the most popular in animal nutrition, as it improves nutrient utilization and reduces the incidence of metabolic disturbances in animals. It also reduce enteric methane emission intensity, variably depending on basal diet, specifically to roughage to concentrate ratio. However, doubts about the residues left on animal products and about the possibility of bacterial resistance to antibiotic treatment in humans, led their ban in the European Union (EU), in 2006. This scenario made animal nutritionist to study natural compounds capable to modify ruminal fermentation similarly to ionophores, but on a natural way, appreciable by consumers. This review highlights the use of essential oils as modifiers of ruminal fermentation and methanogenesis. It show their potential to reduce methane production when added to ruminant diet..

Keyword: additives, Animal Science, cattle, nutrition.

INTRODUÇÃO

Os ruminantes contribuem para a mudança climática através da emissão de gases de efeito estufa de forma direta (através da fermentação entérica e manejo do estrume) ou indiretamente (produção de alimentos e conversão de floresta em pastagem) (FAO, 2013). O metano entérico é uma perda de energia produtiva na faixa entre 2% e 12% da energia bruta consumida pelos ruminantes, dependendo do nível de ingestão de alimentos e da composição da dieta (Johnson & Johnson, 1995).

Várias estratégias nutricionais foram testadas para melhorar a fermentação ruminal, especialmente para diminuir a produção de metano, possibilitando aumentar o desempenho animal e a eficiência da utilização dos alimentos (Jouany & Morgavi, 2007). Essas estratégias podem ser feitas reduzindo o H^+ metabólico disponível para metanogênese, com redutores alternativos para eliminação de H^+ (Bodas et al., 2012).

Os antibióticos têm sido amplamente utilizados para esses fins em ruminantes há bastante tempo. No entanto, o aparecimento potencial de resíduos em produtos de origem animal criou uma preocupação social sobre a transferência para humanos da resistência ao tratamento antibiótico observada em bactérias ruminais (Hart et al., 2008). Os compostos secundários de extratos de plantas podem afetar uma ampla gama de microrganismos do rúmen (Wallace, 2004), incluindo bactérias gram-positivas (a maioria produtoras de acetato e butirato), gram-negativas (normalmente produtoras de propionato), metanogênicas, fúngicas e protozoárias (Patra & Saxena, 2009, Cieslak et al., 2013). Como consequência, podem modular a fermentação (Frutos et al., 2004, Busquets et al., 2006), reduzir a síntese de metano (Kim et al., 2013), e promover o crescimento de animais quando usado em doses adequadas (Durmic & Blache, 2012).

No passado, metabólitos secundários de plantas eram considerados como fatores antinutricionais devido a efeitos adversos na utilização de nutrientes. Recentemente, muitos extratos de plantas foram estudados pela sua atividade antimicrobiana e capacidade de modificar a função intestinal em

ruminantes (Cobellis et al., 2016). Dentre os extratos testados se destacam os óleos essenciais, taninos e as saponinas.

Os efeitos da suplementação com óleos essenciais (OE) são variados e muitas vezes contraditórios. (Yesilbag et al., 2016). Estudos para avaliar o consumo de ração e a digestibilidade *in vivo* são importantes para validar os resultados *in vitro*. O desafio para os estudos *in vivo* é identificar substâncias fitogênicas com efeitos duradouros e sem deprimir a ingestão de alimentos e a digestão, bem como a saúde e produtividade animal (Flachowsky & Lebzien, 2012). Além disso, a dose ótima de utilização tem de ser melhorada para obter uma redução significativa na metanogênese (Rira et al., 2015). Com base nos dados *in vivo* disponíveis, é possível concluir que os OE e os seus compostos podem ser utilizados como promotores de crescimento natural na nutrição animal (Giannenas et al., 2013).

Desta forma, objetivou-se destacar o uso dos óleos essenciais como modificadores da fermentação ruminal e suas alterações na metanogênese.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aditivos naturais como redutores da metanogênese

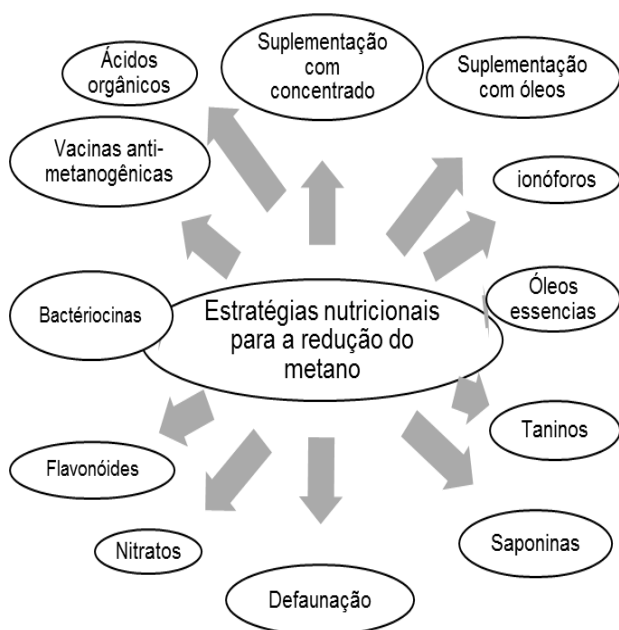
As maiores fontes de emissão de CH_4 considerando as atividades agropecuárias são representadas pela fermentação entérica em ruminantes, produção de arroz em terrenos alagados e fermentação de dejetos (Olesen et al., 2006). O setor pecuário representa uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo, gerando dióxido de carbono, metano e óxido nitroso ao longo do processo produtivo (FAO 2013). O metano é eliminado por ruminantes e sua produção é proveniente da fermentação ruminal, que está relacionada ao tipo de animal e ao consumo e à digestibilidade de alimento.

A metanogênese é um processo metabólico essencial no rúmen que atua como dissipador de hidrogênio. A inibição da metanogênese é essencial para manter a adequada fermentação no rúmen,

aumentando a eficiência de conversão alimentar e reduzindo a poluição ambiental (Pawar et al., 2014). Durante o processo de fermentação, a produção do ácido acético e ácido butírico liberam grande quantidade de H₂, esse por sua vez, é removido do rúmen via metano (Nascimento et al., 2007).

Assim, existe a possibilidade da redução desse gás pela modificação da fermentação ruminal, obtida por alteração do volumoso, do tipo e da quantidade de carboidrato suplementado à dieta, pela adição de lipídeos e pela manipulação da microbiota do rúmen com aditivos alimentares (Figura 1) (Mohammed et al., 2004).

FIGURA 1: Estratégias nutricionais para a redução do metano em ruminantes



Fonte: Adaptado Mohammed et al., 2004.

Os resultados mais promissores da pesquisa foram obtidos a partir de alguns aditivos alimentares como probióticos, lipídios dietéticos, ácidos orgânicos, enzimas e compostos secundários de plantas. Os aditivos ideais devem diminuir a produção de metano reduzindo a taxa de degradação de carboidratos facilmente fermentáveis para reduzir o risco de acidose ruminal e melhorar a digestão das fibras (Jouany & Morgavi, 2007).

A monensina é o ionóforo mais difundido mundialmente, sendo seu uso permitido em países como Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia e

Brasil, maiores produtores mundiais de carne e/ou leite (Dufield et al., 2008). No entanto, desde a proibição dos antibióticos em 2006 pela legislação da União Europeia, os estudos com compostos naturais como alternativas aos antibióticos aumentaram consideravelmente (Wallace, 2004; Durmic & Blache, 2012).

Compostos fenólicos (timol, eugenol, carvacrol) ou óleos essenciais com altas concentrações destes fenólicos, óleo de canela e seu componente principal cinamaldeído, óleo essencial de alho e seus derivados, em particular dissulfeto dialílico e outros óleos essenciais podem ser eficazes, pelo menos *in vitro* na diminuição da produção de CH₄ (Benchaar, 2011). Também a associação entre óleos essenciais pode apresentar resultados valiosos na redução da metanogênese, porém pode haver efeito competitivo nesse caso.

Os aditivos são usados para melhorar a relação simbiótica entre os microrganismos presentes no rúmen e seu hospedeiro, favorecendo os processos fermentativos no rúmen em animais que recebem dietas com alto teor de carboidratos não fibrosos (Franzolin et al., 2000). Desta forma, aumenta o desempenho animal e a eficiência da utilização dos alimentos por melhorar geneticamente os microrganismos ruminais (Jouany & Morgavi, 2007).

Segundo Cardozo (2005) os óleos essenciais são dependentes do pH para apresentarem o seu potencial. Desta forma, dietas com baixo pH (5,5), quando comparadas a um pH alto (7,0) são capazes de aumentar a concentração de ácidos graxos voláteis (principalmente propionato) e reduzir a quantidade de amônia. Em uma meta-análise Khiaosa-ard & Zebeli (2013) compararam a reposta *in vivo* do uso de inúmeros óleos essenciais e a espécie animal que apresentou a melhor resposta e menor variabilidade dos dados foram os bovinos de corte, quando comparados com pequenos ruminantes e gado de leite. O autor justifica essa resposta pelo fato de os bovinos testados recebiam dietas mais padronizadas e com maior teor de concentrado, tendo um pH ruminal mais baixo na média de 6.05, versus um pH de 6.31 e 6.22 respectivamente para pequenos ruminantes e vacas de leite.

O metano pode ser afetado por um efeito seletivo dos óleos essenciais através da inibição direta das *archaea* metanogênicas e/ou depressão dos processos metabólicos microbianos envolvidos na metanogênese (Bodas et al., 2012). A utilização de recursos que atuem na redução da emissão de CH₄ de origem ruminal resultam em benefícios econômicos, pela maior eficiência na utilização dos alimentos e, principalmente, benefícios para o meio ambiente (McGinn et al., 2004).

Como a ingestão de alimentos é o principal fator que afeta o desempenho animal (Illius & Jessop, 1996), os extratos de plantas não devem ter efeitos prejudiciais na digestibilidade da matéria orgânica e na produção de ácidos graxos voláteis (Wallace, 2004). Isto depende das características químicas dos compostos secundários (Frutos et al., 2004 Salem et al., 2012), que é altamente variável entre espécies de plantas (Kamalak et al., 2005).

Os resultados sobre a atividade anti-metanogênica dos metabólitos secundários das plantas indicam o seu potencial para serem utilizados como aditivos na alimentação para reduzir a produção de metano, mas o mecanismo da sua ação necessita de uma investigação detalhada (Rira et al., 2015).

Óleos essenciais

Os óleos essenciais possuem muitas substâncias químicas diferentes (20-60 componentes em cada óleo), tais como álcoois, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, ésteres e éteres (Benchaar et al., 2007). Esse tipo de material possui atividade antioxidante devido a presença de compostos fenólicos. No entanto, compostos como os flavonóides e terpenóides também apresentam atividade antioxidante. Essas substâncias podem interceptar e neutralizar radicais livres, impedindo a propagação do processo oxidativo (Hui, 1996).

Os aditivos são utilizados para promover o crescimento e a saúde dos animais, bem como uma maneira direta de mitigar as emissões de metano entérico pelos ruminantes (Hristov et al., 2014). Alguns compostos naturais, rotulados como seguros para humanos (FDA, 2004), são propostos como substitutos potenciais de antibióticos (Salem et al.,

2012; Khiaosa & Zebeli, 2013). Estes incluem metabólitos secundários como saponinas, taninos e outros presentes em óleos essenciais (Calsamiglia et al., 2007; Patra & Saxena, 2009).

O aumento da resistência antibacteriana dos microrganismos e o aparecimento de resíduos na carne e no leite tem desencorajado o uso de antibióticos na alimentação animal. Deste modo, tem havido um interesse crescente na exploração de metabólitos secundários de plantas como modificadores naturais (Pawar et al., 2014). Os óleos essenciais (OE) e seus compostos provaram sua eficácia *in vitro* como agentes antimicrobianos, antioxidantes, imunomoduladores e anti-inflamatórios. Estes compostos merecem um lugar importante como aditivos alimentares que são geralmente considerados como seguros. (Giannenas et al., 2013). Alguns têm se mostrado promissores na mitigação da emissão de metano pelos ruminantes devido aos seus efeitos diretos na metanogênese, nos protozoários, na digestão dos alimentos e na fermentação (Cobellis et al., 2016).

Nos últimos anos diversos trabalhos estão sendo realizados para buscar um óleo essencial com características positivas para o aumento da produtividade de forma sustentável. Os óleos essenciais têm atividade antimicrobiana (Benchaar & Greathead, 2011; Cieslak et al., 2013) afetando a população de bacteriana, entre elas, as produtoras de amônia (Wallace, 2004). Assim, é razoável pensar que o uso de compostos secundários em doses adequadas pode resultar em múltiplos benefícios na fermentação ruminal (Benchaar & Greathead, 2011; Patra & Yu, 2013).

Vários são os óleos essenciais, porém alguns deles, tais como o timol (extraído do tomilho), carvacrol (extraído do orégano), alina e alicina (extraídos do alho), citrol e citronolol (extraídos de diversas plantas cítricas), mentol (extraído da menta) e cinamaldeído (extraído da canela) já possuem sua funcionalidade conhecida (Velluti et al., 2003). Os óleos essenciais são obtidos a partir de diferentes partes da planta, tais como, folhas, raízes, caule ou de mais de uma parte, sendo que a melhor tecnologia para a extração destes óleos essenciais é por destilação a

vapor, quando comparadas pela extração com metanol ou acetona (Burt, 2004).

Segundo alguns trabalhos, os óleos têm a capacidade de reduzir a produção de metano, pelo fato da concorrência de substrato para a produção de propionato e a redução da metanogênese (Cieslak et al., 2013). Alterar o padrão fermentativo, reduzindo a relação $C_2:C_3$, torna o rúmen energeticamente mais eficiente e reduz a geração de CH_4 . Ao se produzir propionato não há produção de H^+ como observado para as rotas que levam à produção de acetato e butirato. Além disso, as vias metabólicas de produção de propionato servem de dreno de H^+ (Van Soest, 1994).

A variabilidade nas respostas pode estar relacionada a diferenças no tipo, concentração e atividade de compostos secundários, que provavelmente serão afetados pela planta, ambiente de crescimento, processo de pós-colheita (Patra et al., 2006, Salem et al., 2012), O método de extração (Yang et al., 2010), as doses empregadas (Busquets et al., 2006) e, finalmente, o consumo de um ingrediente ativo específico por parte dos animais (Frutos et al., 2004).

Uso de óleos essenciais em dietas para ruminantes

Aditivos de fontes naturais como os compostos secundários de plantas e seus componentes bioativos estão sendo avaliados como substitutos do uso de antibióticos. Resultados *in vitro* apontam que os óleos essenciais (OE) inibem determinados microrganismos (bactérias gram-positivas, metanogênicas e protozoários) reduzindo o acúmulo de amônia e a produção de metano entérico.

Na tabela 1 e 2 são apresentados os resultados de trabalhos envolvendo o uso de OE como aditivo na alimentação de ruminantes. Cada óleo possui diferentes funções: antimicrobiana, anti-inflamatória, anti-helmíntica, antioxidante, entre outras. A combinação entre óleos (blend) pode gerar um produto mais completo pelo sinergismo entre seus componentes, como também pode ocorrer um efeito oposto onde um determinado óleo pode gerar efeito deletério a outro.

Uma redução nos ácidos graxos voláteis pode ser justificada pela menor fermentação ruminal. É mais interessante do ponto de vista energético uma alteração na proporção dos AGV, com maior contribuição do propionato e menores perdas de energia via metano (CH_4). Um aumento na produção de AGV se dá pela degradação dos compostos dos óleos no rúmen. Os óleos de alho, tomilho e canela foram os que apresentaram os resultados mais promissores, sendo que o alho foi ainda capaz de aumentar o pH, algo interessante para dietas com alto teor de concentrado.

A redução da produção de CH_4 deve ser pela maior proporção de propionato e não pela redução da digestibilidade da matéria seca (DMS). Pela grande quantidade de óleos para se avaliar e visando experimentos com menores custos, existe maior disponibilidade de trabalhos com ensaios *in vitro*. Os óleos essenciais são capazes de alterar a fermentação ruminal, gerando produtos mais desejáveis para o animal, culminando em uma melhor eficiência alimentar e um menor impacto ambiental. Contudo, deve ser pesquisado um maior número de óleos, com diversas combinações, em diferentes dosagens e com experimentos *in vivo*.

Conforme a literatura, vários autores reportam um efeito significativo na redução do metano *in vitro* pelo uso dos OE. Joch et al. (2016) com uma relação volumoso/concentrado de 70%:30% e uma dosagem de 1 ml/l de componentes de OE e 0,15 ml de solução de monensina; o metano foi reduzido ($<0,001$) em 32% para eugenol, 29% para limoneno, 41% para a-pipeno e 27% para monensina. Pinski et al. (2016) testaram diferentes óleos essenciais (500mg/L), e somente os óleos de canela e alecrim foram capazes de reduzir a produção de metano *in vitro* ($P=0,02$).

Em um experimento *in vivo* Wang et al. (2009) usando um óleo comercial a base de orégano na alimentação de ovinos fistulados conseguiram reduzir a produção de metano em 12% ($P=0,003$), sendo que os animais produziram 17 g/animal/dia. Klevenhusen et al. (2011) utilizando óleo de alho adicionados a uma dieta para ovinos reduziram em 10% a produção de metano em

relação ao tratamento controle, com uma produção de 26 g/animal/dia.

TABELA 1: Diferença em relação ao tratamento controle na manipulação da fermentação ruminal em dietas de bovinos de corte

Óleos	Teste	Dosagem	Substrato	AGV	C ₃	pH	CH ₄ t	CH ₄ kg/MS	DMS	Comentários	Referências
Blend 1	<i>in vivo</i>	1g/d e 2g/d	100% V	=	=	=	=	=	NA	Não alterou o CMS e as população de metanogênicas	Tomkins (2015)
Cravo	<i>in vitro</i>	0,25; 0,50 e 1g/L	50% V 50% C	-	-	+	-	NA	-	Reduziu a metanogênese e a produção de amônia	Patra & Yu (2012)
Eucalipto	<i>in vitro</i>	0,25; 0,50 e 1g/L	50% V 50% C	+	-	+	-	NA	-	Reduziu a metanogênese e a produção de amônia	Patra & Yu (2012)
Alho	<i>in vitro</i>	0,25; 0,50 e 1g/L	50% V 50% C	=	+	+	-	NA	=	Reduziu a metanogênese e a produção de amônia	Patra & Yu (2012))
Orégano	<i>in vitro</i>	0,25; 0,50 e 1g/L	50% V 50% C	-	-	+	-	NA	-	Reduziu a metanogênese e a produção de amônia	Patra & Yu (2012)
Pimenta	<i>in vitro</i>	0,25; 0,50 e 1g/L	50% V 50% C	=	-	+	-	NA	-	Reduziu a metanogênese e a produção de amônia	Patra & Yu (2012)
Blend 1	<i>in vivo</i>	1d/d	75 % V 25% C	=	=	=	=	=	-	Não alterou o CMS e o ganho de peso	Beauchemin & McGinn (2006)
Canela	<i>in vivo</i>	0,4; 0,8 e 1,6 g/d	9% V 91% C	=	=	=	NA	NA	=	Na menor dose aumentou o CMS e a DMO	Yang (2010)
Blend 1	<i>in vivo</i>	1g/d	7,5% V 92,5% C	+	=	=	NA	NA	=	Não houve diferenças no desempenho e características de carcaça	Meyer (2009)
Blend 2	<i>in vivo</i>	1g/d	7,5% V 92,5% C	+	=	=	NA	NA	=	Não houve diferenças no desempenho e características de carcaça	Meyer (2009)
Tomilho	<i>in vivo</i>	0,5g/Kg/MS	30% V 70% C	=	+	=	NA	NA	=	Não alterou o CMS. Reduziu a população metanogênica e de protozoários	Khorrani (2015)
Canela	<i>in vivo</i>	0,5g/Kg/MS	30% V 70% C	=	+	=	NA	NA	=	Não alterou o CMS. Reduziu a população metanogênica e de protozoários	Khorrani (2015)
Baunilha	<i>in vitro</i>	1,52g/L	50% V 50% C	-	=	-	-	NA	-	Reduziu a produção de amônia	Patra (2013)

TABELA 2: Diferença em relação ao tratamento controle na manipulação da fermentação ruminal em dietas de bovinos de leite

Óleos	Teste	Dosagem	Substrato	AGV	C ₃	pH	CH ₄ t	CH ₄ kg/MS	DMS	Comentários	Referências
Crina	<i>In vivo</i>	2g dia	42:58	=	=	+	NA	NA	+	Melhor digestibilidade, aumento da produção de leite e alteração da composição do leite.	Benchaar et al. (2006)
Crina	<i>In vivo</i>	0,75 g dia	50:50	+	+	=	NA	NA	=	Não alterou a produção e a composição do leite	Benchaar et al. (2007)
Blend	<i>In vivo</i>	0,5 g dia	34:66	=	=	=	NA	NA	=	Não alterou a produção e a composição do leite	Tager e Krause (2011)
Blend	<i>In vivo</i>	10 g dia	34:66	=	=	=	NA	NA	=	Reduziu o CMS	Tager e Krause (2011)
Orégano	<i>In vivo</i>	0,25 g dia	58:42	=	=	=	-	-	=	Diminuiu a amônia e o N urinário	Hristov et al. (2014)
Orégano	<i>In vivo</i>	0,5 g dia	58:42	=	=	=	-	-	=	Diminuiu a amônia e o N urinário	Hristov et al. (2014)
Orégano	<i>In vivo</i>	0,75 g dia	58:42	=	=	=	-	-	=	Diminuiu a amônia e o N urinário	Hristov et al. (2014)

Recomendações para estudos futuros

Estudos *in vivo* desses compostos são de suma importância para ver a real eficácia nos animais de produção, porém deve ser levado em conta a alta volatilidade que esses óleos possuem. A solução para a sua aplicação seria o processo de microencapsulação, que promoveria a adequada absorção dos componentes por parte do animal. Outra vantagem seria no processo de mistura da ração, pelo pequeno tamanho das partículas, facilitando o manejo. Também no processo de microencapsulação seria possível mascarar o odor

O uso desses fitocompostos é promissor na indústria animal, por ser uma fonte natural e dentro de um médio prazo os ionóforos serem banidos das rações de ruminantes. Deste modo, algumas considerações são importantes para os futuros trabalhos na área:

-A eficiência dos compostos de plantas no controle de bactérias patogênicas.
-Avaliar os óleos essenciais com capacidade antimicrobiana que ainda não foram testados *in vitro*, bem como a dosagem mais efetiva. No segundo momento realizar testes *in vivo*. A

importância de fazer posteriores avaliações *in vivo* é para não excluir extratos de plantas que poderiam ser promissores, porém não apresentaram resultados satisfatórios *in vitro*.

-Padronização nos estudos *in vitro*, já que existe muitas variações nessa prática de avaliação. Divergências nas metodologias impossibilitam de se fazerem comparações.

-Informação dos principais componentes dos óleos, realizada através de cromatografia gasosa. Visto de existem diferenças na composição de mesmos óleos.

-Estudos *in vitro* que apresentam resultados positivos possuem uma dosagem muito alta se for extrapolado para um estudo *in vivo*, o que seria inviável para sua aplicação.

-Os estudos *in vivo* são em sua maioria de curta duração (máximo 21 dias), desta forma não é possível mensurar se ocorreu adaptação dos microrganismos pelos óleos utilizados.

-Avaliar se ocorrem alterações na qualidade organoléptica e na composição química dos produtos gerados (carne e leite) por animais que

recebam esses aditivos. E se é possível aumentar o tempo de prateleira desses produtos.

-Novas pesquisas migram para a avaliação de blends (misturas) de óleos essenciais, testando um efeito sinérgico dos mesmos, porém um efeito antagônico pode ocorrer.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de óleos essenciais nas dietas para ruminantes possuem potencial para reduzir a produção de metano. O metano além de ser um gás de efeito estufa, é uma perda energética do animal que poderia ser direcionado para um melhor desempenho animal. Mais pesquisas devem ser realizadas *in vivo* para avaliar os efeitos satisfatórios que foram gerados em experimentos *in vitro*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEAUCHEMIN, K. A. & MCGINN, S. M. Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. **Journal of Animal Science** v. 84, n. 6, p. 1489-1496, 2006.

BENCHAAR, C. et al. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 11, p. 4352-4364, 2006.

BENCHAAR, C. et al. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. **Journal of dairy Science**, v. 90, n. 2, p. 886-897, 2007.

BENCHAAR, C. & GREATHEAD, H. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. **Animal Feed Science and Technology** 166–167, 338–355, 2011.

BODAS, R. et al. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology** 176: 78-93, 2012.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. **International Journal of Food Microbiology**, 94, 223-253, 2004.

BUSQUET, M.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A; KAMEL, C. Plant extracts affect *in vitro* rumen microbial fermentation. **Journal Dairy Science** 89:761–771, 2006.

CARDOZO, P.W. et al. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on *in vitro* rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. **Journal Animal Science** 83, 2572–2579, 2005.

COBELLIS G. et al. Evaluation of different essential oils in modulating methane and ammonia production, rumen fermentation, and rumen bacteria *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology** 215: 25–36, 2016.

CIEŚLAK, A. et al. Plant components with specific activities against rumen methanogens. **Animal** 7(2): 253–265, 2013.

DUFFIELD, T. F., A. R. RABIEE, I. J. LEAN. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects **Journal Dairy Science** 91:1347–1360, 2008.

DURMIC, Z. & BLACHE, D. Bioactive plants and plant products: effects on animal function, health and welfare. **Animal Feed Science and Technology** 176, 150–162, 2012.

FAO. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. (Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome), 2013.

FDA. Food and Drug Administration of the US. Disponível em <<http://www.fda.gov/>>. Acesso em Setembro de 2015.

FRUTOS P, HERVÁS G, GIRÁLDEZ FJ, MANTECÓ AR. Review. Tannins and ruminant nutrition. **Spanish Journal Agriculture Research**. 2:191–202, 2004.

FLACHOWSKY, G. & LEBZIEN, P. Effects of phytochemical substances on rumen fermentation and methane emissions: A proposal for a research process. **Animal Feed Science and Technology** 176: 70–77, 2012.

FRANZOLIN, R. et al. Efeitos de dietas com polpa cítrica em substituição ao milho em grãos no concentrado sobre a degradabilidade e a fauna ruminal em bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2109-2118, 2000.

GIANNENAS, I. et al. Essential oils and their applications in animal nutrition. **Med. Aromat. Plants**. 2, 1-12, 2013.

HRISTOV, A. N et al. Mitigation of methane and nitrous oxide emission from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation

- options. **Journal of animal science** v. 91, pp. 5045-5069. 2014.
- HUI, Y.H. Oleoresins and essential oils. **Bailey's industrial oil and fat products**. New York: Wiley-Interscience Publication, v. 6, p. 145-153, 1996.
- ILLIUS, A. W. & JESSOP, N. S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science** 74: 3052-3062, 1996.
- JOCH, M.; CERMAK, L.; HAKL, J.; HUCKO, B.; DUSKOVA, D.; MAROUNEK, M. *in vitro* screening of essential oil active compounds for manipulation of rumen fermentation and methane mitigation. **Asian Australas. Journal Animal Science**. Vol. 29, No. 7: 952-959. 2016.
- JOUANY, J.P. & MORGAVI, D.P. Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. **Animal**, 1. p. 1443-1466, 2007.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.
- KAMALAK A, CANBOLAT O, GURBUZ Y, OZZY O, OZKOSE CO. Chemical composition and its relationship to *in vitro* gas production of several tannin-containing trees and shrub leaves. **Asian-Aust J ournal Animal Science**.;18:203–208, 2005.
- KHIAOSA-ARD R, ZEBELI Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. **Journal Animal Science** 91:1819–30, 2013.
- KHORRAMI, Behzad et al. Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. **Animal Feed Science and Technology**, v. 200, p. 8-16, 2015.
- KLEVENHUSEN, F., ZEITZ J.O.; DUVAL, S.; KREUZERA, M.; SOLIVA, C.R. Garlic oil and its principal component diallyl disulfide fail to mitigate methane, but improve digestibility in sheep. **Animal Feed Science and Technology** 166–167, 2011.
- MEYER, N. F. et al. Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. **Journal of animal science**, v. 87, n. 7, p. 2346-2354, 2009.
- MCGINN, S.M. et al. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3346-3356, 2004.
- MOHAMMED, N. et al. Effects of ionophores, vitamin B6 and distiller's grains on *in vitro* tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. **Animal Feed Science and Technology** v.116, n.3, p.301-311, 2004.
- NASCIMENTO, C. F. M.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BERNDT, A.; RODRIGUES, P. H. M. Methane emissions by Nelore beef cattle consuming *Brachiaria brizantha* with diferente Tstation of maturation. Proceedings... The Greenhouse gases and Animal Agriculture Conference, Christchurch, NZ - p. 64 - 65, 2007.
- OLESEN, J.E. et al. Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.112, p.207-220, 2006.
- PATRA, A.K.; KAMRA, D.N.; AGARWAL, N. Effect of plant extracts on *in vitro* methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. **Animal Feed Science and Technology** 128:276–291, 2006
- PATRA AK, SAXENA J. The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. **Nutr Res Rev**.;22:204–219. 2009.
- PATRA A. K., YU Z. Effective reduction of enteric methane production by a combination of nitrate and saponin without adverse effect on feed degradability, fermentation, or bacterial and archaeal communities of the rumen. **Bioresource Technol**. 148 352–360, 2013.
- PAWAR, M. M. et al. Effects of essential oil on *in vitro* methanogenesis and feed fermentation with buffalo rumen liquor. **Agric. Res**. 3, 67–74, 2014.
- PINSKI, B.; GÜNAL, M.; ABUGHAZALEH, A. A. The effects of essential oil and condensed tannin on fermentation and methane production under *in vitro* conditions. **Animal Production Science**, v. 56, n. 10, p. 1707-1713, 2016.

- RIRA M, CHENTLI A, BOUFENERA S, BOUSSEBOUA H. Effects of plants containing secondary metabolites on ruminal methanogenesis of sheep *in vitro*. International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES15. Energy Procedia 74: 15–24, 2015.
- SALEM AZM. Oral administration of leaf extracts to rumen liquid donor lambs modifies *in vitro* gas production of other tree leaves. **Anim. Feed Science Technology** 176, 94–101, 2012.
- TAGER, L. R.; KRAUSE, K. M. Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 5, p. 2455-2464, 2011.
- TOMKINS, N. W. et al. Manipulating rumen fermentation and methanogenesis using an essential oil and monensin in beef cattle fed a tropical grass hay. **Animal Feed Science and Technology** v. 200, p. 25-34, 2015.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. **New York: Cornell University Press**. 476p, 1994.
- VELLUTI, A. et al. Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 89, p. 145-154, 2003.
- WALLACE RJ. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. **Proc. of Nutr. Soc.**, 63:621-629, 2004.
- WANG, C. J., WANG S.P., ZHOUC H. Influences of flavomycin, ropadiar, and saponin on nutrient digestibility, rumen fermentation, and methane emission from sheep, **Animal Feed Science and Technology** 148, 157–166, 2009.
- YANG, S.A. et al. Comparative study of the chemical composition and antioxidant activity of six essential oils and their components. **Nat. Prod. Res.**, v.24, p.140-151, 2010.
- YESILBAG, D. et al. Effects of juniper essential oil on growth performance, some rumen protozoa, rumen fermentation and antioxidant blood enzyme parameters of growing Saanen kids. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 2016.