

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL**

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS (AGOLIN
RUMINANT®) EM DIETAS DE CONFINAMENTO SOBRE O
DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA DE
BOVINOS NELORE**

Stéfany Oliveira de Souza
Zootecnista

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS CAMPUS
JABOTICABAL**

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS (AGOLIN
RUMINANT®) EM DIETAS DE CONFINAMENTO SOBRE O
DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA DE
BOVINOS NELORE**

**Discente: Stéfany Oliveira de Souza
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rezende Siqueira**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

2025

S729e

Souza, Stéfany Oliveira

Efeito da utilização de óleos essenciais (Agolin Ruminant®) em dietas de confinamento sobre o desempenho e características da carcaça de bovinos Nelore / Stéfany Oliveira Souza. -- Jaboticabal, 2026

49 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Dr. Gustavo Rezende Siqueira

1. 1. bovinos Nelore. 2. Características de carcaça. 3. Confinamento. 4. Desempenho. 5. Óleos essenciais.. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS (AGOLIN RUMINANT®) EM DIETAS DE CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA DE BOVINOS NELORE

AUTORA: STÉFANY OLIVEIRA DE SOUZA

ORIENTADOR: GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA
Data: 15/12/2025 10:18:11-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Pesquisador Dr. GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA - Colina/SP

Documento assinado digitalmente
 IORRANO ANDRADE CIDRINI
Data: 15/12/2025 11:18:03-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Pesquisador Dr. IORRANO ANDRADE CIDRINI (Participação Virtual)
Elanco Saúde Animal Ltda / Cuiabá/MT

Documento assinado digitalmente
 LUIZ FERNANDO COSTA E SILVA
Data: 15/12/2025 15:38:46-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Dr. LUIZ FERNANDO COSTA E SILVA (Participação Virtual)
Alltech Brasil do Brasil Agroindustrial Ltda / Maringá/PR

Jaboticabal, 15 de dezembro de 2025.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Stéfany Oliveira de Souza, nascida em 17 de novembro de 1999, Rio Verde, Goiás. Filha de Nilma Oliveira Andrade dos Santos e Ubinan Santana Souza, do lar e produtor rural, respectivamente. Ingressou no curso de Zootecnia no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde em fevereiro de 2017, onde atuou no grupo INOVASIPA, e em iniciações científicas, sob orientação da professora Dr^a. Darliane de Castro Santos (2018 – 2020) e o professor Dr^o. Tiago do Prado (2020 – 2021). Participou da coordenação do Centro Acadêmico, auxiliando nas organizações de palestras e eventos do curso de Zootecnia. Graduiu-se em Zootecnia em dezembro de 2021. Em agosto de 2023, iniciou o mestrado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus Jaboticabal, UNESP, no programa de Pós-graduação em Ciência Animal sob orientação do professor Dr^o. Gustavo Rezende Siqueira, na área de nutrição e produção de ruminantes.

“Agora deixa as pessoas botarem o dedo na sua cara e dizer que você não é bom. Eu vou te dizer uma coisa que você já sabe: O mundo não é um grande arco-íris. É um lugar sujo, é um lugar cruel. Que não quer saber o quanto você é durão. Vai botar você de joelhos e você vai ficar de joelhos para sempre se você deixar.

Você, eu, ninguém vai bater tão duro como a vida. Mas não se trata de bater duro. Se trata de quanto você aguenta apanhar e seguir em frente. O quanto você é capaz de aguentar e continuar tentando. É assim que se consegue vencer.

Agora se você sabe o seu valor, então vá atrás do que você merece. Mas tem que ter disposição para apanhar. E nada de apontar dedos, dizer que você não consegue por causa dele, dela ou de quem seja. Só covardes fazem isso e você não é covarde. Você é melhor do que isso!”

Rocky Balboa

AGRADECIMENTOS

Á Deus, a minha mãe Nilma Oliveira Andrade dos Santos, meu pai Ubinan Santana Souza, pelos princípios e valores transmitidos a mim e os seus esforços para que eu possa estar aqui hoje. Pai e mãe, reconheço e admiro tudo o que fizeram por mim e pelos meus irmãos, espero enchê-los de alegria e orgulho. Ao meu irmão gêmeo Ubinan Santana Souza Filho e irmão mais velho Arthur Oliveira dos Santos, que sempre me incentivaram e me deram motivos para continuar sonhando. Aos meus familiares e amigos, que não duvidaram da minha capacidade e me incentivaram desde o início.

Ao meu orientador, Professor Gustavo Rezende Siqueira e ao Professor Flávio Dutra de Resende, que além de exemplos de profissionais, me mostrou que atitudes falam mais que palavras, me acolhendo e ofertaram tudo que fosse necessário para meu desenvolvimento. Gratidão a vocês!

À Universidade Estadual Paulista por me proporcionar condições para o desenvolvimento do Mestrado e a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, que proporcionou toda estrutura necessária para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Aos integrantes da pós-graduação da APTA, aos estagiários bolsistas e passageiros da APTA, pela ajuda fundamental durante todas as fases do experimento, pela paciência, ensinamentos e aprendizados! Aos funcionários da APTA, sempre dispostos a ajudar. Não citarei seus nomes, pois são diversos, mas quando lerem saberão que vos falo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o período do Mestrado (processo 2023/2025). À Alltech pela disponibilidade do produto, pela parceria e pelo apoio intelectual. Além das empresas TecnoBeef, e a DGT Brasil que, por meio de parcerias, permitiram também condições para a execução deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Tipos de óleos essenciais e mecanismos de ação.....	2
2.2. Características das dietas brasileiras e o uso de OEs em confinamentos.....	6
2.3 Uso do Agolin Ruminant® em dietas de ruminantes.....	10
3. OBJETIVO.....	13
4. MATERIAL E METODOS.....	14
4.1. Local do experimento.....	14
4.2. Animais, delineamento experimental e tratamentos.....	14
4.3. Período experimental, manejo alimentar e aplicação dos tratamentos.....	15
4.4. Avaliações experimentais.....	16
4.4.1. Consumo e desempenho.....	16
4.4.2. Amido fecal.....	17
4.4.3. Parâmetros sanguíneos.....	17
4.4.4. Ultrassonografia de carcaça.....	18
4.4.5. Abates e características de carcaça.....	19
4.4.6. Análise estatística.....	19
5. RESULTADOS.....	20
5.1. Consumo e Desempenho Animal.....	20
5.2. Amido Fecal.....	21
5.3. Parâmetro Sanguíneo.....	22
5.4. Avaliações na Carcaça.....	22
6. DISCUSSÃO.....	23
7. CONCLUSÃO.....	26
8. REFERÊNCIAS.....	26

Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais (obrigatório para os casos que demandam aprovação da comissão sobre a ética no uso de animais na experimentação da dissertação ou tese)

CERTIFICADO Nº 003/2024 – CEUA

Certificamos que o projeto apresentado dia 27 de março de 2024 intitulado “EFEITOS DA MISTURA DE ÓLEOS ESSENCIAIS (AGOLIN RUMINANT®) NA TERMINAÇÃO DE DIETAS SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE BOVINOS NELORE”, foi registrado com o protocolo nº 003/2024, está sob a responsabilidade do Pesquisador Científico e Diretor da Apta Regional de Colina **Dr. Flávio Dutra de Resende** e envolve a produção, a manutenção e a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica e encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de oito de outubro de 2008; do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009; e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), sendo então **APROVADO** pela **Comissão de Ética no Uso de Animais da Apta Regional**, na XIV Reunião Extraordinária realizada no dia **09 de abril de 2024**.

Finalidade: (X) Pesquisa científica – () Ensino	
Vigência da autorização	15/04/2024 a 15/04/2026
Espécie/linhagem e/ou raça	Bovinos Nelore
Nº de animais	102
Sexo/Idade/Peso aprox.	Machos – 102 / 18 meses/ 450 Kg
Localização/Origem	Apta Regional de Colina
Responsável Técnico	Dr. Gustavo Rezende Siqueira


Maria Izabel Merino de Medeiros
Coordenadora CEUA- APTA REGIONAL



Secretaria de
Agricultura e Abastecimento



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS (AGOLIN RUMINANT®) EM DIETAS DE CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DA CARÇA DE BOVINOS NELORE

RESUMO - O aumento da eficiência produtiva é um dos principais desafios da bovinocultura de corte, especialmente em sistemas intensivos de terminação. Nesse cenário, aditivos naturais como as misturas de óleos essenciais têm recebido destaque pelo potencial de modular a fermentação ruminal e favorecer o desempenho dos animais. A combinação de eugenol, acetato de geranila, óleo de coentro e geraniol já apresentou resultados positivos em bovinos leiteiros; contudo, as evidências em bovinos de corte, particularmente em dietas de confinamento, ainda são limitadas. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão de uma mistura de óleos essenciais (Agolin Ruminant®) sobre o desempenho produtivo, concentrações de amido fecal, os parâmetros sanguíneos e as características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento. Foram utilizados 102 bovinos Nelore, não castrados [peso corporal inicial (PC) = 403 kg $\pm$ 30 kg], que foram bloqueados pelo peso inicial e distribuídos aleatoriamente em 32 baias coletivas (12 m $\times$ 4 m) com 4 metros lineares de cocho e equipadas com bebedouro de concreto (2,88 m $\times$ 0,70 m) com capacidade de 655 L, compartilhado para duas baias, em um delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos experimentais testados foram: dieta controle (CON; sem óleos essenciais) e uma dieta com óleos essenciais (OE; 1 g/cabeça/dia - eugenol, acetato de geranila, óleo de coentro e geraniol). Ambas as dietas foram formuladas com silagem de milho como volumoso, milho moído, polpa cítrica, farelo de soja e caroço de algodão como alimentos concentrados, além de núcleo mineral, ureia e monensina sódica (27 mg/kg MS). O período experimental teve duração de 100 dias, divididos em 14 dias de adaptação, 5 dias de transição e 81 dias de terminação, com formulação ajustada para ganho médio diário projetado de 1,6 kg/animal/dia. A suplementação com óleos essenciais não alterou o consumo de matéria seca (10,2 kg/dia; P = 0,292), o ganho médio diário (1,55 vs. 1,51 kg/d; P = 0,296), a eficiência alimentar (0,152; P = 0,825), a conversão alimentar (P = 0,670) ou o rendimento de carcaça (P = 0,547). Foi observado que o uso do óleo essencial reduziu em 51 g/kg de MS a excreção de amido fecal (P = 0,019) e aumentou a digestibilidade do amido de 846,9 para 892,8 (P = 0,017) em relação ao controle. Não houve diferenças estatísticas para proteínas totais (P = 0,701), glicose sérica (P = 0,412) e ureia (P = 0,287). A inclusão do OE não afetou as características de carcaça por ultrassonografia, com médias de 88,9 cm² para a área de olho de lombo (P = 0,538), 4,8 mm para espessura de gordura (P = 0,369) e 2,64 pontos de marmoreio (P = 0,275). Sob as condições desse experimento, conclui-se que o uso dos óleos essenciais aumenta a digestão do amido, mas não resulta em benefícios metabólicos nem altera o desempenho animal.

Palavras-chave: bovinos Nelore, características de carcaça, confinamento, desempenho, óleos essenciais.

EFFECT OF THE USE OF ESSENTIAL OILS (AGOLIN RUMINANT®) IN CONFINEMENT DIETS ON PERFORMANCE AND CARCASS TRAITS OF NELORE CATTLE

ABSTRACT - Increasing productive efficiency is one of the main challenges in beef cattle farming, especially in intensive finishing systems. In this scenario, natural additives such as essential oil blends stand out for their potential to modulate ruminal fermentation and improve animal performance. The combination of eugenol, geranyl acetate, coriander oil, and geraniol has already shown positive results in dairy cattle; however, evidence in beef cattle, particularly in feedlot diets, is still limited. The objective of this study was to evaluate the effects of including an essential oil blend (Agolin Ruminant®) on productive performance, fecal starch concentrations, blood periods, and transport characteristics of Nellore cattle finished in feedlots. One hundred and two uncastrated Nellore cattle [initial body weight (BW) = 403 kg ± 30 kg] were used. They were blocked by initial weight and randomly distributed into 32 collective pens (12 m × 4 m) with 4 linear meters of feed trough and equipped with a concrete water trough (2.88 m × 0.70 m) with a capacity of 655 L, shared between two pens, in a randomized block design. The experimental treatments tested were: a control diet (CON; without essential oils) and a diet with essential oils (EO; 1 g/head/day - eugenol, geranyl acetate, coriander oil, and geraniol). Both diets were formulated with corn silage as roughage, ground corn, citrus pulp, soybean meal, and cottonseed as concentrates, in addition to mineral supplement, urea, and sodium monensin (27 mg/kg DM). The experimental period lasted 100 days, divided into 14 days of adaptation, 5 days of transition, and 81 days of finishing, with a formulation adjusted for a projected average daily gain of 1.6 kg/animal/day. Supplementation with essential oils did not alter dry matter intake (10.2 kg/day; $P = 0.292$), average daily gain (1.55 vs. 1.51 kg/d; $P = 0.296$), feed efficiency (0.152; $P = 0.825$), feed conversion ($P = 0.670$), or economic yield ($P = 0.547$). It was observed that the use of essential oil prevented fecal starch excretion by 51 g/kg of DM ($P = 0.019$) and increased starch digestibility from 846.9 to 892.8 ($P = 0.017$) compared to the control. There were no statistically significant differences in total protein ($P = 0.701$), serum glucose ($P = 0.412$), and urea ($P = 0.287$). Essential oil inclusion did not affect carcass characteristics as measured by ultrasound, with average ribeye area of 88.9 cm² ($P = 0.538$), fat thickness of 4.8 mm ($P = 0.369$), and marbling score of 2.64 ($P = 0.275$). Under the conditions of this experiment, it is concluded that the use of essential oils increases starch digestion but does not result in metabolic benefits or alter animal performance.

Keywords: carcass characteristics, essential oils, feedlot, Nellore cattle, performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estruturas químicas de alguns óleos essenciais (Ku-vera et al., 2020).....	3
Figura 2. Modo de ação do OE. Adaptado (BTA -ADD Innovation 2025).....	4
Figura 3. Esquema da ação dos óleos essenciais no metabolismo de bovinos (Adaptado de Nehme et al. 2021).....	9
Figura 4. Cronograma experimental.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Compilado de trabalhos científicos com Agolin Ruminant, examinando a proporção de volumoso, o tipo de volumoso e a duração experimental.....	12
Tabela 2. Composição das dietas ao longo da fase de terminação.....	15
Tabela 3. Consumo, desempenho animal e características de carcaça de touros Nelore recebendo Agolin Ruminant® na dieta de confinamento.....	21
Tabela 4. Concentração de amido fecal e digestibilidade de bovinos Nelore terminados em confinamento com suplementação de Óleo essencial (Agolin Ruminant).....	21
Tabela 5. Parâmetro Sanguíneo de bovinos Nelore terminados em confinamento com suplementação de Óleo essencial (Agolin Ruminant).....	22
Tabela 6. Características de carcaça medidas por ultrassonografia em touros Nelore recebendo Agolin Ruminant® na dieta de confinamento.....	23

1. INTRODUÇÃO

A intensificação da bovinocultura de corte no Brasil, especialmente por meio do confinamento na fase de terminação, tem permitido reduzir a idade de abate e aumentar o peso das carcaças, consolidando o Brasil como o maior exportador mundial de carne bovina (Ferracini et al., 2024; USDA, 2025). Nesse cenário, estratégias nutricionais e tecnológicas são fundamentais para garantir competitividade, produtividade e sustentabilidade.

A nutrição animal exerce papel central no desempenho dos ruminantes e na otimização do uso de nutrientes, uma vez que dietas bem formuladas favorecem maior produtividade animal. Para isso, aditivos nutricionais têm sido amplamente empregados em dietas de terminação, com o objetivo de modular a fermentação ruminal e melhorar a digestibilidade de dietas com alta densidade energética (Colombo et al., 2021; Santos et al., 2004; Perna Júnior et al., 2020). Assim como a monensina, que está entre os ionóforos mais comumente usados em dietas de crescimento e terminação para bovinos confinados (Samuelson et al., 2016), a suplementação com óleos essenciais (OE) também pode reduzir a relação molar acetato:propionato, a produção de metano e a degradação de proteínas ruminais (Cobellis et al., 2016).

Nesse contexto, cresce o interesse por alternativas que possam complementar aditivos tradicionais, como antibióticos promotores de crescimento, oferecendo segurança alimentar e mantendo elevados níveis de desempenho zootécnico (Wang et al., 2024). Entre as opções disponíveis, os óleos essenciais (OEs) têm despertado atenção por sua ação antimicrobiana natural e pelo potencial de contribuir para a produtividade dos ruminantes (Ku-Vera et al., 2020).

Em estudos *in vitro* e *in vivo* foi relatado que compostos como timol, carvacrol, cinamaldeído e alicina podem modular a fermentação ruminal, favorecendo maior aproveitamento dos nutrientes com respostas positivas no desempenho nutricional (Cardozo et al., 2005; Honan et al., 2021). Embora os efeitos possam variar conforme a dose, composição e tipo de dieta (Cobellis et al., 2016), há evidências de que

misturas padronizadas de óleos essenciais podem trazer benefícios consistentes para o desempenho produtivo.

Entre as formulações comerciais, destaca-se o Agolin Ruminant®, composto por eugenol, geraniol, acetato de geranila e óleo de coentro. Em vacas leiteiras, sua suplementação tem sido associada a aumento no aproveitamento alimentar, melhorando o consumo, e em alguns estudos, relatam melhora na produção de leite por vaca e melhora dos componentes, com relação a qualidade do leite (Beauchemin et al., 2022; Belanche et al., 2020; Cottle et al., 2011). Meta-análises apontam efeitos positivos sobre o desempenho de vacas em lactação (Klop et al., 2017; Miller et al., 2023; Williams et al., 2021).

Diante da escassez de estudos avaliando o uso de óleos essenciais em dietas de terminação para bovinos de corte, especialmente quanto aos seus efeitos integrados sobre desempenho produtivo e características de carcaça, torna-se relevante investigar se a modulação da fermentação ruminal promovida por esses compostos pode contribuir para maior eficiência animal em sistemas intensivos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tipos de óleos essenciais e mecanismos de ação

Os óleos essenciais (OEs) constituem misturas complexas de metabólitos secundários, obtidos da fração volátil de plantas, geralmente por destilação a vapor (Nabi et al., 2025). O termo “essencial” remete à “essência”, em alusão ao aroma e sabor característicos conferidos às plantas. Apesar da denominação, não são óleos verdadeiros (lipídios), mas sim substâncias altamente voláteis, com composição e propriedades diversas. Sua estrutura é composta, principalmente, por hidrocarbonetos cíclicos e derivados alcoólicos, aldeídos ou ésteres, destacando-se duas classes químicas de maior relevância: os terpenoides (monoterpenóides e sesquiterpenóides) e os fenilpropanóides (Calsamiglia et al., 2007).

Na planta, os OEs desempenham funções de defesa contra predadores e microrganismos, além de atuarem como sinalizadores químicos para polinizadores e dispersores de sementes. Quando aplicados à nutrição animal, despertam interesse por sua atividade antimicrobiana comprovada e pelo potencial de modular a

fermentação ruminal, favorecendo a eficiência alimentar e contribuindo para a redução da emissão de metano (Cobellis et al., 2016).

Entretanto, sua composição química é altamente variável (Figura 1), mesmo em óleos obtidos da mesma espécie vegetal. Fatores como a localização geográfica, as condições ambientais, a parte da planta utilizada, estágio fenológico e método de extração influenciam diretamente suas propriedades e dificultam comparações diretas entre estudos (Miguel et al., 2011).

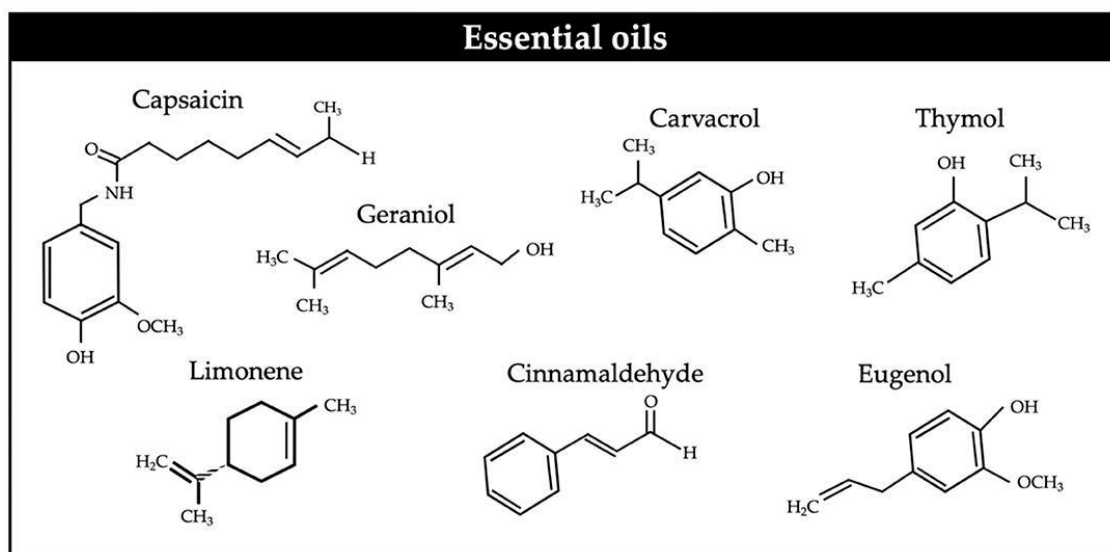


Figura 1. Estruturas químicas de alguns óleos essenciais (Ku-vera et al., 2020).

Diversas funções biológicas têm sido atribuídas aos OEs, incluindo efeitos antimicrobianos, antioxidantes, anti-inflamatórios e analgésicos (Meyer et al., 2009; Bakkali et al., 2008). No metabolismo animal, podem ainda estimular a digestão por meio do aumento da atividade enzimática (Benchaar et al., 2008; Hristov, 2008; Patra, 2011).

A atividade antioxidante está associada, sobretudo, à presença de compostos fenólicos, cuja eficácia depende do número de hidroxilas e do grau de metoxilação da molécula (Miguel, 2007). Tais compostos têm a capacidade de doar hidrogênio a radicais livres, transformando-os em estruturas mais estáveis (Geraci et al., 2012; Mimica-Dukić et al., 2016). Além dos fenóis, flavonóides e terpenóides também apresentam propriedades antioxidantes (Franz e al., 2010). Ressalta-se, contudo, que em concentrações excessivas, alguns OEs podem induzir efeitos pró-oxidantes

(Bakkali et al., 2008), um desequilíbrio entre a geração de compostos oxidantes, podendo causar estresse oxidativo e danos celulares.

A ação antimicrobiana decorre, principalmente, da alteração da permeabilidade da membrana celular bacteriana, resultando em desnaturação de proteínas, perda do gradiente iônico e comprometimento de processos vitais, culminando com a morte celular (Rossi et al., 2022). Em geral, bactérias Gram-positivas são mais suscetíveis, enquanto Gram-negativas tendem a apresentar maior resistência devido à barreira conferida pela membrana externa rica em lipopolissacarídeos (Chao et al., 2000).

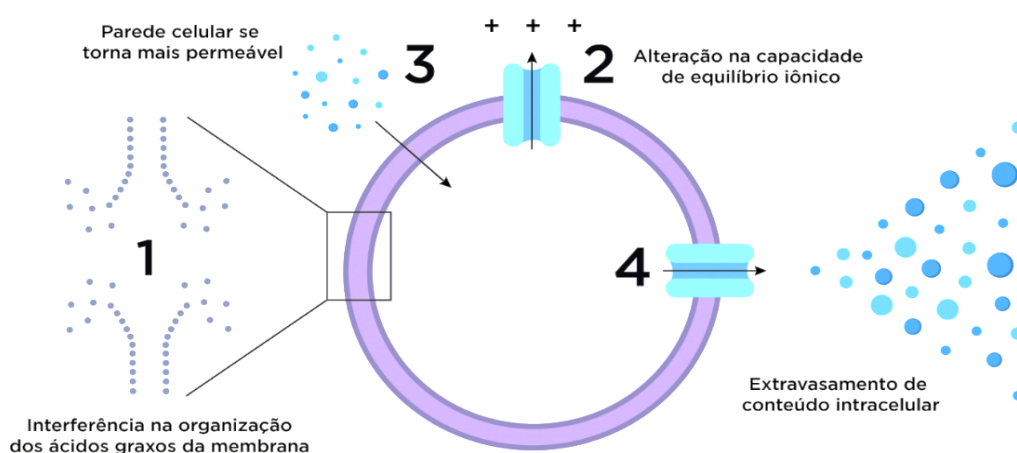


Figura 2. Modo de ação do OE. Adaptado (BTA -ADD Innovation 2025).

Alguns OEs e seus constituintes têm recebido atenção especial na nutrição de ruminantes, e os mesmos também fazem parte do blend de óleos essenciais do Agolin Runinant:

- Óleo de coentro (*Coriandrum sativum*): composto principalmente por β -linalol, cânfora e acetato de geranila, apresenta atividade antioxidante e antibacteriana contra protozoários e bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (Al-Khayri et al., 2023; Kačániová et al., 2020). Estudos sugerem que pode modular a fermentação ruminal na utilização de dietas em ruminantes (Rossi et al., 2022), embora os efeitos sobre digestibilidade e metabolismo ainda sejam inconsistentes (Khamisabadi et al., 2020).

- *Geraniol*: álcool monoterpênico, presente em mais de 250 óleos essenciais, com reconhecidas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antioxidantes e neuroprotetoras (Chen et al., 2022).
- *Eugenol*: principal constituinte do óleo de cravo (*Syzygium aromaticum*), representa de 70 a 95% da fração ativa, sendo amplamente utilizado pela indústria alimentícia e cosmética. Apresenta forte atividade antimicrobiana e antioxidante (Mazzafera, 2003).
- Óleo de orégano (*Origanum vulgare*): rico em carvacrol e timol, apresenta ação antioxidante, antifúngica e antibacteriana (Cui et al., 2024; Zhang et al., 2010). Além disso, pode alterar a microbiota ruminal, aumentar a produção de ácidos graxos voláteis, estimular o desenvolvimento das papilas ruminais e favorecer a digestão de carboidratos fibrosos (Zhang et al., 2021).

Nos ruminantes, os OEs podem atuar de forma semelhante aos ionóforos, modulando seletivamente a microbiota do rúmen, por meio de microrganismos específicos, dependendo da composição química do OE. Seus efeitos incluem redução da relação acetato:propionato, diminuição da degradação de proteína e amido, menor produção de metano e consequente aumento da eficiência energética do rúmen (Calsamiglia et al., 2007; Hart et al., 2008).

A magnitude e a direção das respostas aos OEs, entretanto, são altamente dependentes de fatores como dose, composição química dos compostos, proporção de concentrado da dieta e pH ruminal. (Cardozo et al., 2005; Orzuna-Orzuna et al., 2022; Wells, 2024).

A busca por aditivos naturais capazes de otimizar a fermentação ruminal, melhorar o desempenho animal e reduzir impactos ambientais torna os OEs uma alternativa estratégica na pecuária de corte. O avanço da pesquisa nessa área é essencial para compreender seus mecanismos de ação, identificar combinações mais eficientes e estabelecer protocolos de uso que conciliam produtividade, saúde animal e sustentabilidade (Batley et al., 2024; Fonseca et al., 2023).

2.2. Características das dietas brasileiras e o uso de OEs em confinamentos

O confinamento de bovinos de corte se consolidou como uma das mais relevantes inovações da pecuária nacional, constituindo-se não apenas como uma estratégia de intensificação produtiva, mas como um verdadeiro marco no redesenho dos sistemas de engorda. Ao proporcionar dietas altamente energéticas, fundamentadas no uso expressivo de concentrados, esse modelo confere velocidade ao ganho de peso, encurta o ciclo de produção e eleva a qualidade e a uniformidade das carcaças (Correa, 2024).

Em sistemas de pecuária intensiva consolidados, como os confinamentos comerciais dos Estados Unidos, dietas com elevada participação de concentrado na matéria seca total, frequentemente superiores a 90%, são amplamente utilizadas, sustentando elevados níveis de eficiência produtiva e competitividade (Ojo et al., 2024). No Brasil, contudo, observa-se uma dinâmica distinta, caracterizada não pela redução da proporção de concentrado na dieta total, mas pela modificação do perfil dos ingredientes que compõem esse concentrado. Dados recentes indicam uma expressiva diminuição na adoção de dietas formuladas com altas proporções de grãos convencionais, especialmente milho, cuja frequência de dietas contendo mais de 66% de grãos reduziu-se de 38,9% em 2020 para 16,7% em 2023 (Monsalve; Millen, 2025).

Diante desse cenário, torna-se fundamental diferenciar o conceito de “dietas altamente concentradas”, que se refere à proporção de concentrado na dieta total, daquele de “ingredientes concentrados”, relacionado à densidade nutricional e à composição química dos componentes do concentrado (Bürger et al., 2000; Chen et al., 2021). Essa reconfiguração dietética está associada ao aumento no custo de insumos tradicionais, como milho e soja, e à maior disponibilidade e uso de coprodutos da indústria do etanol de milho, notadamente DDG e WDG, amplamente reconhecidos como importantes fontes de energia, proteína e fibra funcional em sistemas de ruminantes (Virgínio Júnior; Loregian; Millen, 2025). Embora esses ingredientes apresentem elevada densidade nutricional, diferem do milho inteiro por possuírem menor teor de amido fermentável, em função da remoção desse componente durante o processo industrial, o que implica alterações relevantes no perfil energético da dieta e na fermentação ruminal (Ranathunga; Kalscheur; Herrick, 2019; Kelzer et al., 2009).

Esse deslocamento na formulação das dietas, embora vantajoso sob o ponto de vista econômico, associado ao que a Organização das Nações Unidas define como economia circular, sendo aquela em que os mercados incentivam a reutilização de produtos em vez de descartá-los e buscar novos materiais. Consequentemente, a avaliação de subprodutos residuais ("alimentos de oportunidade") como parte da dieta de bovinos de corte torna-se uma estratégia essencial para alcançar a sustentabilidade na cadeia global da carne bovina (Gusmão et al., 2025), levanta também novos questionamentos de ordem científica e prática. Entre eles, destaca-se a interação desses coprodutos, como o DDG, WDG, polpa cítrica, resíduos de cervejaria, farelo e caroço de algodão, farelo de arroz, casquinha de soja e farelo de trigo, com aditivos de origem natural, como os óleos essenciais (OEs), cujo uso vem ganhando destaque tanto por seu potencial otimizador de desempenho, saúde animal e com alinhamento às demandas de sustentabilidade, podendo reduzir os impactos ambientais (Canuto et al., 2025).

É sabido que dietas com alto teor de alimentos concentrados, embora eficientes, impõem riscos metabólicos consideráveis. A elevada disponibilidade de carboidratos de rápida fermentação intensifica a produção de ácidos graxos voláteis e de ácido lático, promovendo a queda do pH ruminal e comprometendo a motilidade digestiva. Em tais condições, instala-se um ambiente propício à ocorrência de acidose ruminal, distúrbio capaz de comprometer seriamente a saúde animal e a eficiência alimentar (Krause; Oetzel, 2006; Owens et al., 1998). Bovinos zebuínos, como o Nelore, revelam-se ainda mais suscetíveis a esse desequilíbrio (Brawner et al., 1969; Elam, 1976). Nesse contexto, torna-se imperativa a busca por aditivos capazes de modular a fermentação, minimizar riscos e sustentar o desempenho produtivo. É nesse horizonte que os óleos essenciais despontam como alternativa promissora (Pereira et al., 2022).

Avanços recentes da ciência ruminal revelaram que a transição alimentar não se restringe a fenômenos fermentativos, mas envolve intrincados mecanismos de adaptação do epitélio ruminal (Zhao et al., 2017). Esse processo resulta da interação entre microbiota, expressão gênica, metabolismo celular e resposta imune (Plaizier et al., 2017; Steele et al., 2011; Zhang et al., 2017). Os óleos essenciais, ao modularem seletivamente populações microbianas, possuem o potencial de influenciar não

apenas a estabilidade do ecossistema ruminal, mas também a integridade epitelial, oferecendo um espectro de ação mais amplo do que tradicionalmente se supunha (Akram et al., 2021; Benchaar; Greathead, 2011).

Os efeitos observados na prática podem ser heterogêneos, pois dependem da natureza química do óleo, da dosagem, da composição da dieta e até mesmo do pH ruminal (Kholif et al., 2021; Patra; Yu, 2012). Determinados compostos apresentam ação inibitória sobre a desaminação de aminoácidos e a formação de amônia (Ratika et al., 2018; Tomé et al., 2021), enquanto outros modificam o perfil de ácidos graxos voláteis, favorecendo a produção de propionato, cuja eficiência energética é superior à do acetato (Benchaar et al., 2007). Esse redirecionamento fermentativo se traduz em melhor aproveitamento dos nutrientes e em menor dissipação de energia sob a forma de metano (Calsamiglia et al., 2007; Patra; Yu, 2015).

Essa ação, contudo, deve ser seletiva, uma vez que um efeito antimicrobiano amplo poderia comprometer a digestibilidade global da dieta. Por essa razão, a formulação adequada e a dosagem correta assumem papel central, garantindo que os óleos essenciais atuam como aliados na busca por eficiência produtiva, qualidade da carne e sustentabilidade na pecuária intensiva (Wells et al., 2024).

À luz das discussões globais sobre mudanças climáticas, a relevância dos OEs se torna ainda mais evidente. O metano, cujo potencial de aquecimento global supera em 27 vezes o do dióxido de carbono (IPCC, 2021), é um dos principais alvos da pecuária sustentável. Estratégias nutricionais que reduzam sua emissão, sem comprometer desempenho ou bem-estar animal, são urgentes (Hubbart et al., 2023; Ku-Vera, 2020). A modulação microbiana promovida pelos OEs se insere exatamente nesse ponto de convergência entre produtividade e responsabilidade ambiental.

As evidências reunidas por meta-análises reforçam esse potencial: enquanto Khiaosa-ard e Zebeli (2013) ressaltam a capacidade dos óleos essenciais em modular a fermentação ruminal e a utilização de nutrientes, os resultados de Orzuna-Orzuna et al. (2022) indicam que efeitos mais pronunciados sobre desempenho e características de carcaça em bovinos confinados tendem a ocorrer apenas em doses mais elevadas (≥ 400 mg/kg de MS). Esse contraste evidencia que a eficácia prática dos OEs depende não apenas de sua composição, mas também da dose utilizada e do contexto nutricional em que são aplicados.

Diante desse panorama, a utilização de óleos essenciais na nutrição de bovinos confinados deve ser compreendida não apenas como um aditivo convencional, mas como uma ferramenta estratégica com potencial de atender simultaneamente às demandas por eficiência produtiva, qualidade da carne e mitigação de impactos ambientais. Mais do que alternativas aos antibióticos, os OEs se configuram como agentes de inovação, integrando ciência, tecnologia e sustentabilidade — pilares fundamentais para o futuro da pecuária intensiva (Gheorghe-Irimia et al., 2023). Para avançar no entendimento de seus efeitos, a integração de abordagens ômicas (transcriptômica, proteômica e metabolômica), aliada a estudos in vitro, é fortemente recomendada, de modo a elucidar os mecanismos moleculares envolvidos (Lopreiato et al., 2020).

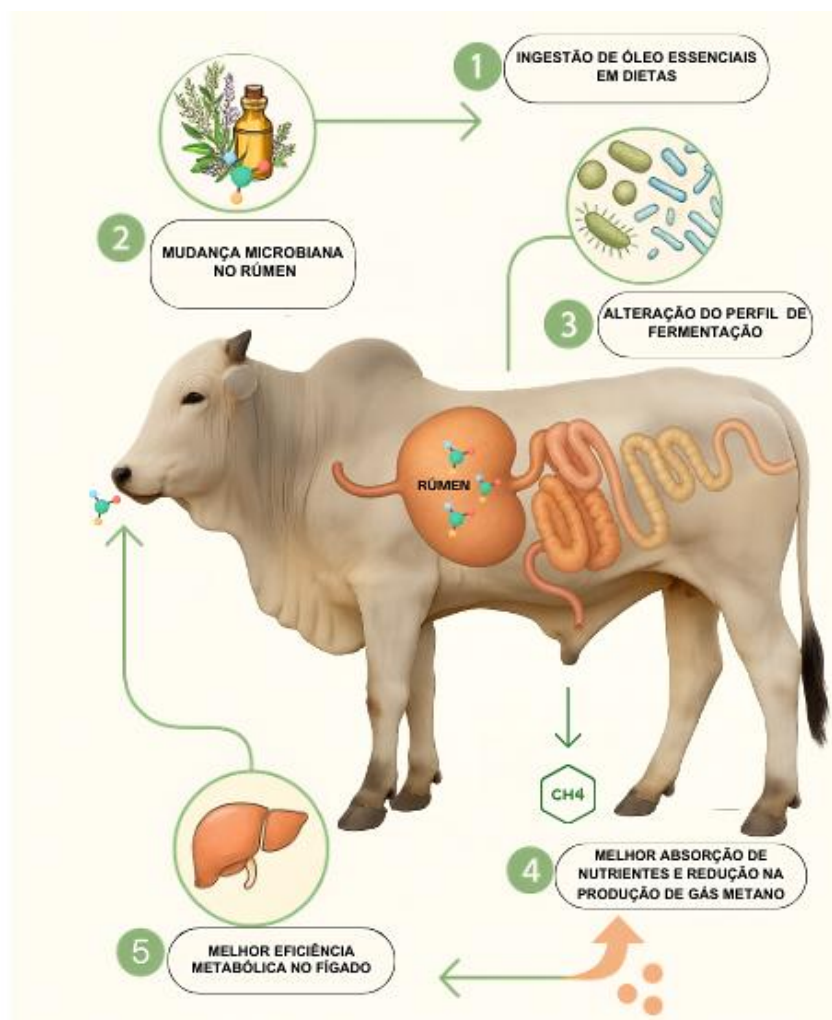


Figura 3. Esquema da ação dos óleos essenciais no metabolismo de bovinos (Adaptado de Nehme et al. 2021).

2.3 Uso do Agolin Ruminant® em dietas de ruminantes

O Agolin Ruminant® representa uma das formulações comerciais mais consolidadas à base de óleos essenciais (OEs) voltada à nutrição de ruminantes. Sua composição padronizada, embora não seja totalmente divulgada por razões comerciais, é conhecida por incluir compostos bioativos como óleo de semente de coentro, eugenol e geraniol — moléculas já individualmente estudadas e associadas a efeitos benéficos sobre a fermentação ruminal, eficiência energética e mitigação de metano (Batley et al., 2024; Busquet et al., 2006; Jahani-Azizabadi et al., 2011; Pirondini et al., 2015).

O que diferencia o Agolin Ruminant® de outros aditivos é justamente a sinergia de seus constituintes. Em vez de atuar de forma isolada, seus óleos essenciais interagem entre si, modulando seletivamente populações microbianas ruminais, redirecionando o fluxo de hidrogênio e alterando o perfil de ácidos graxos voláteis. Esse conjunto de ações favorece maior proporção de propionato em relação ao metano, reduz oscilações de pH e promove uma fermentação mais estável, com ganhos potenciais tanto para a eficiência alimentar quanto para a saúde ruminal (Bach et al., 2023; Belanche et al., 2020; Patra, 2011).

Além dos efeitos sobre a fermentação, há relatos de que o Agolin Ruminant® possa reduzir a atividade de bactérias produtoras de hiperamônia, inibir seletivamente microrganismos como *Selenomonas ruminantium* (via timol) e influenciar a população de protozoários ruminais (Foggi et al., 2024). Estudos recentes sugerem, inclusive, que a formulação pode induzir defaunação parcial (contagem de protozoários), resultando em menor produção de metano e amônia, sem comprometer significativamente a digestibilidade da dieta (Foggi et al., 2024). Essa capacidade de alterar a ecologia microbiana de maneira equilibrada reforça seu papel como modulador ruminal de largo espectro.

Apesar dos avanços, a resposta ao uso do Agolin Ruminant® apresenta variações expressivas entre os estudos, as quais estão associadas à proporção volumoso:concentrado da dieta, à fonte de amido (milho versus sorgo), ao tipo de volumoso (silagem versus feno), à fase fisiológica dos animais (lactação, recria ou terminação), bem como à dosagem e à duração da suplementação. Esses fatores

evidenciam que a eficácia do produto não depende exclusivamente da presença dos óleos essenciais, mas do contexto nutricional em que são inseridos, o que explica a heterogeneidade dos resultados relatados na literatura, conforme resumido na Tabela 1 (Benchaa et al., 2008; Kelly et al., 2025; Lileikis et al., 2023; Miller, 2023; Orzuna-Orzuna et al., 2022). Longe de representar limitações, tais divergências refletem a complexidade inerente à interação entre dieta, microbiota ruminal e metabolismo animal.

Em vacas leiteiras, há evidências consistentes de redução da intensidade de metano, sem prejuízo à produção (Fouts et al., 2025; Hart et al., 2019; Martins et al., 2015, Williams et al., 2021). Em bovinos de corte, porém, os resultados variam entre ausência de efeitos (Brugger et al., 2025; Terry et al., 2025) e melhorias na eficiência alimentar e mitigação do metano com maiores doses e suplementação prolongada (Orzuna-Orzuna et al., 2022).

Tabela 1. Compilado de trabalhos científicos com Agolin Ruminant, examinando a proporção de volumoso, o tipo de volumoso e a duração experimental.

Estudo	Animal	Relação V:C (%)	Tipo de Volumoso	Dias	Dose (g/dia)	Via	Efeito (CMS)	Efeito (Produção)	Efeito (CH4)
Castro-Montoya et al., (2015)	Vacas leiteiras	83:17	Silagem de milho e capim	60	0,2 g/dia	Dietética	ns	ns	↓
Hart et al., (2019)	Vacas leiteiras	85:15 + 2.5kg pellets	Silagem de milho, capim e trigo	153	1	Dietética	↑	↑	↓
Belanche et al., (2020)	Vacas leiteiras	50:50	Silagem de milho	28	1	Dietética	ns	↑	↓
Carrasco et al., (2020)	Vacas leiteiras	40:60	Feno de alfafa + trigo picado	56	1	Dietética	ns	↑	↓
Williams et al., (2021)	Vacas leiteiras	60:40	Silagem de milho	69	1	Dietética	↑	↑	↓
Brambila et al., (2022)	Vacas leiteiras	52:48	Silagem de milho + feno de alfafa + tritcale	60	1	Dietética	↑	↑	↓
Silvestre et al., (2023)	Vacas leiteiras	55:45	Silagem de milho + feno de alfafa + feno de capim	70	1	Dietética	ns	↑	↓
Bach et al., (2023)	Vacas leiteiras	40:60	Silagem de milho	30	1	Dietética	ns	↑	↓
Noricumbo-Saenz et al., (2023)	Vacas leiteiras	45:55	Silagem de alfafa	105	1	Dietética	↑	↑	/
Miller et al., (2023)	Novilhos	35:65	Silagem de capim	116	1	Dietética	ns	ns	↓
Foggi et al., (2024)	Vacas leiteiras	65:35	Silagem de milho + Feno de alfafa (in vitro)	05 á 10	1	Dietética	ns	ns	↓
Batley et al., (2024)	Novilhos	100	Pastagem	119	107.4 mg/dia	Água	ns	ns	↓
Romanzini et al., (2025)	Novilhos	100	Pastagem	90	1	Água	ns	ns	↓
Terry., (2025)	Novilhos	70:30	Silagem de milho	112 á 140	1	Dietética	ns	ns	ns
Brugger (2025)	Novilhos	80:20	Silagem de milho + Feno de capim	177 á 215	1	Dietética	ns	ns	/

ns= não significativo, ↓= reduziu, ↑= aumentou e / = não foi mensurado.

Esses achados reforçam a necessidade de desenhar protocolos experimentais ajustados à realidade de cada sistema produtivo, explorando variáveis como duração da suplementação, escalas de dose e combinações com outros aditivos, como a monensina, para melhor compreender as condições em que o Agolin Ruminant® expressa seu potencial máximo. Estudos indicam que a combinação de OEs com ionóforos pode ter efeitos sinérgicos na modulação da microbiota ruminal e na redução da produção de metano (Hristov et al., 2025).

O interesse científico pelo Agolin Ruminant® decorre não apenas de seus efeitos produtivos, mas também de sua conexão direta com os desafios contemporâneos da pecuária. Sua utilização deve ser interpretada dentro do contexto das discussões sobre o uso de aditivos na produção animal, diante das tendências globais de restrição aos antimicrobianos promotores de crescimento, sem caráter substitutivo (Benchaar et al., 2008). Ademais, ao potencialmente elevar a eficiência de conversão alimentar e a qualidade do produto final, o Agolin Ruminant® pode impactar positivamente a competitividade econômica da pecuária (Belanche et al., 2020).

Nesse contexto, a investigação do Agolin Ruminant® em bovinos de corte confinados no Brasil torna-se ainda mais relevante. As particularidades das dietas brasileiras, com elevada inclusão de coprodutos do milho, predominância de raças zebuínas e condições tropicais, diferem substancialmente dos sistemas europeus e norte-americanos, onde se concentram a maioria dos estudos publicados (Benchaar et al., 2008; Calsamiglia et al., 2007). Portanto, validar seu uso em dietas de terminação no país não apenas preenche uma lacuna científica, mas também oferece subsídios para práticas nutricionais mais ajustadas à realidade nacional, contribuindo para uma pecuária mais eficiente, sustentável e alinhada às demandas dos mercados globais.

3. OBJETIVO

Avaliar os efeitos da inclusão de uma mistura de óleos essenciais (Agolin Ruminant®) em dietas de confinamento sobre o consumo, o desempenho produtivo, as concentrações de amido fecal, os parâmetros sanguíneos e as características de carcaça de bovinos Nelore não castrados em terminação.

4. MATERIAL E METODOS

4.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no confinamento experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), polo regional da Alta Mogiana, Colina, São Paulo, Brasil (latitude de 20°43'05" S; longitude 48°32'38" W). Todos os procedimentos utilizando animais seguiram as diretrizes recomendadas pelo Comitê de Cuidados e Uso de Animais da Apta Regional, protocolo número 003/2024.

4.2. Animais, delineamento experimental e tratamentos

Foram utilizados 102 bovinos Nelore não castrados [peso corporal inicial (PC) = 403 kg $\pm$ 30 kg], que foram bloqueados pelo peso inicial e distribuídos aleatoriamente em 32 baias coletivas (12 m $\times$ 4 m) com 4 metros lineares de cocho e equipadas com bebedouro de concreto (2,88 m $\times$ 0,70 m) com capacidade de 655 L, compartilhado para duas baias, em um delineamento em blocos casualizados. Diariamente, o nível da água foi observado e a limpeza dos bebedouros foi realizada em dias alternados. Os tratamentos experimentais testados foram: dieta controle (CON; sem óleos essenciais) e uma dieta com óleos essenciais (OE; 1 g de Agolin Ruminant/animal/dia). O Agolin Ruminant é uma mistura de óleos essenciais composta por eugenol, acetato de geranila, óleo de coentro e geraniol. Ambas as dietas foram formuladas com silagem de milho como volumoso, milho moído, polpa cítrica, farelo de soja e caroço de algodão como concentrados, além de núcleo mineral, ureia e monensina sódica (27 mg/kg MS; Tabela 2).

Tabela 2. Composição das dietas ao longo da fase de terminação.

Itens	Dietas		
	Adaptação	Transição	Terminação
Dias em cada dieta	0 a 14	15 a 19	20 a 107
<i>Ingredientes, g/kg de MS</i>			
Silagem de milho	407	296	185
Milho moído	233	323	413
Polpa cítrica	186	211	236
Farelo de Soja	87,4	71,7	56,0
Caroço de algodão	56,1	67,7	79,3
Núcleo Mineral ¹	20,0	20,0	20,0
Ureia	11,0	11,0	11,0
<i>Composição química, g/kg</i>			
Matéria seca	639	712	785
Proteína bruta	165	161	157
Fibra insolúvel em detergente neutro	282	258	234
Fibra insolúvel em detergente ácido	159	146	134
Extrato etéreo	35,7	42,4	49,0
Matéria mineral	4,91	4,61	4,30
Energia líquida para manutenção, Mcal/kg ²	1,91	1,96	2,00
Energia líquida para ganho, Mcal/kg ²	1,27	1,31	1,34

¹Níveis de garantia por quilograma de produtos: Zn: 3.360mg, Fl: 180mg, Ca: 262.8g, Se: 21mg, P: 18g, Mn: 1323mg, Cu: 924mg, Co: 33mg, I: 63mg, Na: 75g, S: 30g, Monensina sódica: 1.350 Mg. ²Os valores foram estimados utilizando as equações propostas por NASEM (2016).

4.3. Período experimental, manejo alimentar e aplicação dos tratamentos

Os animais foram alimentados com a dieta de adaptação durante 14 dias, de transição por 5 dias e 81 dias de terminação (Figura 4). O período experimental foi de 100 dias, onde os animais receberam dieta e água *à vontade* para um ganho projetado de 1,60 kg/dia durante a estação seca do ano compreendida entre maio e setembro de 2024. Iniciou a oferta com 1% do PC (peso corporal) até o final da adaptação, e foi aumentando 0,1% do PC (peso corporal) por dia, depois durante a fase de transição e os 5 primeiros dias da fase de terminação, foi mantida a mesma oferta do que no último dia da fase de adaptação. As sobras foram mantidas entre 1 e 3% do volume ofertado. A dieta foi fornecida uma vez ao dia (8h) em vagão de mistura total (Casale® Rotomix Express, 6,5 m³). O aditivo foi pesado em balança de precisão, pré-misturado

ao milho moído (100g), homogeneizado e adicionado manualmente, diariamente, no cocho com o auxílio das mãos.

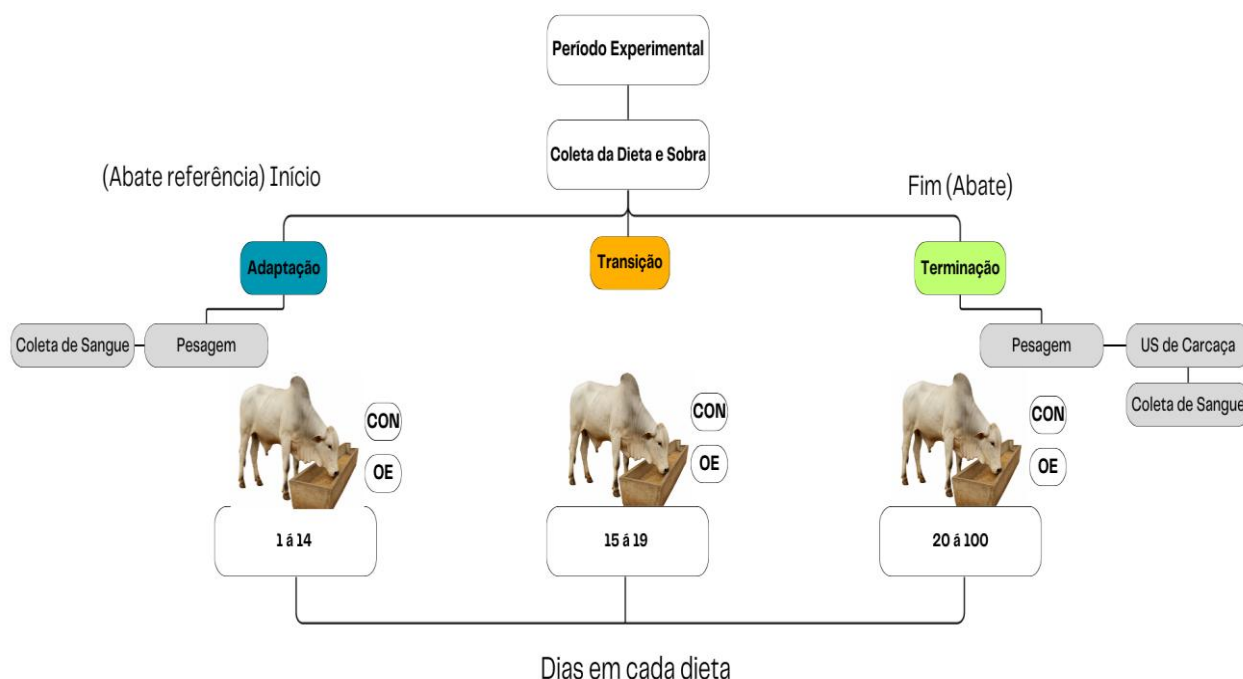


Figura 4. Cronograma experimental.

4.4. Avaliações experimentais

4.4.1. Consumo e desempenho

Para a determinação do consumo de matéria seca, antes do fornecimento da dieta, pela manhã, as sobras eram retiradas diariamente dos cochos e pesadas para calcular o consumo de cada baia e estimar o consumo médio dos animais experimentais. Com base no peso médio do lote, foi estimado o consumo em relação ao peso corporal médio da baía, em porcentagem. A eficiência alimentar foi calculada dividindo o ganho médio diário (GMD) pelo consumo de matéria seca médio.

O desempenho foi obtido realizando pesagem dos animais (16 horas de jejum de sólidos e líquidos) no dia inicial e ao término do experimento. O GMD foi determinado pela diferença entre o PC final do respectivo tempo de abate em relação ao PC inicial (D0) dividido pelos dias do período experimental.

Amostras de ração e sobras foram coletadas semanalmente durante todo o período experimental, identificadas individualmente e armazenadas a -4°C até o

processamento posterior. Em seguida, as amostras foram parcialmente secas em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 h para evitar danos aos nutrientes pelo calor. Após a secagem, as amostras foram moídas em um moinho tipo Wiley (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA) equipado com uma peneira de 1 mm e homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta por unidade experimental.

As amostras compostas foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), cinzas, extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB), de acordo com os métodos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo os procedimentos propostos por Van Soest et al. (1991). A energia líquida para manutenção (NEm) e a energia líquida para ganho (NEg) foram estimadas com base nas equações e recomendações do National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM, 2016).

4.4.2. Amido fecal

Amostras de fezes foram coletadas em cada baia, aos 45 e 90 dias experimentais, para determinação do nível de amido e digestibilidade. Aproximadamente 100g de cada amostra dos três animais por baia, foram coletadas, as 11:00, logo após a excreção voluntária em seguida, as amostras foram pesadas, manualmente homogeneizadas, em seguida uma subamostra (300g) foi obtida e seca em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C, por 72 h. Posteriormente as amostras foram moídas em moinhos Willey com peneira de 1 mm e armazenadas para análises de amido, em laboratório comercial, por método químico (Arasolo - Análises em Araçatuba - SP) . A digestibilidade do amido foi estimada pela equação proposta por Zinn et al (2007).

4.4.3. Parâmetros sanguíneos

As amostras de sangue foram coletadas durante as pesagens (no início e ao final do estudo), após jejum, totalizando duas coletas por animal. O sangue foi coletado através de punção venosa direto da jugular, com contenção suave, em dois

tubos de 9 ml, com ativador de coágulo e devidamente identificado. Para obtenção do plasma sanguíneo, as amostras foram centrifugadas 2500 rpm por 15 minutos a 4°C, e em seguida foram transferidos 1,5 ml de plasma para micro tubos de 2 ml. Após a pipetagem as amostras foram imediatamente congeladas a -20°C para posteriores análises. As amostras foram então colocadas em tubos de eppendorfs rotulados e armazenadas a -20°C até a análise subsequente dos componentes sanguíneos. Os metabólitos sanguíneos foram medidos em laboratório comercial (ViçosaLab; Viçosa – Minas Gerais). Para as análises do perfil metabólico sanguíneo, foram utilizados reagentes específicos, para proteína total, albumina, globulina, foram utilizados o método Biureto e Verde de Bromocresol, para a glicose, utilizou o método Enzimático, para a ureia utilizou o método Urease U.V e para glutamyl transferase utilizou o método Cinético (Szasz Modificado), sendo as leituras realizadas em analisador automático de bioquímica (Equipamento: BS-380, fabricante: Mindray).

4.4.4. Ultrassonografia de carcaça

A ultrassonografia de carcaça foi realizada ao final experimental. O equipamento utilizado foi ultrassom veterinário PIEMEDICAL – Scanner 200, com sonda linear (ASP-18), de frequência de 3,5 MHz. As mensurações foram feitas por meio de imagens ultrassônicas onde se obteve a área de olho de lombo (AOL; cm²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm), grau de marmoreio (escore de 1 a 10), onde os equipamentos são auditados pela Ultrasound Guidelines Council (EUA), utilizando a tecnologia do Software BIA. As imagens foram tomadas entre a 12^a e 13^a costela, transversal ao músculo *Longissimus dorsi*, de modo que a espessura de gordura seja medida no terço médio distal da área de olho de lombo. Já a espessura de gordura na picanha (EGP8) foi tomada na posição longitudinal entre os ossos do íleo e ísquio na garupa (junção do músculo *Gluteus medius* e *Biceps femoris*). Em todas as avaliações utilizou-se óleo vegetal como acoplante acústico, realizadas por um técnico certificado (DGT Brasil - Designer Genes Technologies - Brasil).

4.4.5. Abates e características de carcaça

No início do experimento, foram selecionados seis animais, baseados no peso (dois leves, dois médios e dois pesados) para compor o grupo de animais referência (PC médio = $410 \pm 51,7$ kg). Esse procedimento foi adotado para calcular o peso de carcaça inicial de todos os animais experimentais e assim calcular o ganho de carcaça e o rendimento de carcaça. Desse modo, com o PC inicial e o peso de carcaça quente inicial foi gerada uma equação de regressão. Assim, o peso de carcaça inicial foi estimado da seguinte forma:

$$y = 0,4666x + 24,349; R^2 = 0,9644,$$

onde y é o peso de carcaça inicial (kg) e o x é o peso corporal inicial (kg).

Ao final da terminação, todos os animais foram abatidos. Os abates foram realizados em frigorífico comercial na cidade de Barretos/SP distante 20 km da APTA-Colina/SP, seguindo o Regulamento de Inspeção Sanitária e Industrial para Produtos de Origem Animal (Brasil, 2000). Após o abate, foram removidos os componentes não-carcaça e as carcaças foram identificadas e pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ). Posteriormente, o rendimento de carcaça (RC) foi determinado em função da divisão do PCQ e do PC final em jejum. O GDC (ganho de carcaça) foi obtido pela diferença entre o PCQ final e o PCQ inicial estimado, dividido pelo número de dias em terminação.

4.4.6. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio do teste de Shapiro–Wilk, e a presença de valores discrepantes foi verificada previamente às análises. Os dados foram analisados por análise de variância (ANOVA), considerando-se um delineamento em blocos casualizados, no qual os tratamentos foram incluídos como efeitos fixos e os blocos, definidos pelo peso corporal inicial dos animais, como efeitos aleatórios. A baía foi considerada a unidade experimental. Quando observado efeito significativo de tratamento, as médias foram

comparadas pelo teste PDIFF. Os efeitos foram considerados significativos quando $P \leq 0,05$ e considerados como tendência quando $0,05 < P \leq 0,10$.

5. RESULTADOS

5.1. Consumo e Desempenho Animal

O consumo de matéria seca (CMS) não diferiu entre os tratamentos durante o período de confinamento (média de 10,2 kg MS/dia; $P = 0,292$; Tabela 3). Da mesma forma, a suplementação com óleos essenciais não afetou o desempenho dos animais ($P > 0,10$). O ganho médio diário (GMD) foi semelhante entre os tratamentos ao longo de todo o período experimental (CON = 1,552 kg/d e OE = 1,510 kg/d; $P = 0,296$). A eficiência alimentar apresentou média de 0,152 e não diferiu entre os tratamentos ($P = 0,825$). A conversão alimentar baseada na carcaça, expressa como a relação entre consumo de MS e ganho de peso, também não foi influenciada pelos tratamentos ($P = 0,670$). Do mesmo modo, o rendimento de carcaça não foi afetado pela inclusão de óleos essenciais na dieta ($P = 0,547$).

Tabela 3. Consumo, desempenho animal e características de carcaça de touros Nelore recebendo Agolin Ruminant® na dieta de confinamento.

Itens	Tratamentos ¹		EPM	P-valor
	CON	OE		
<i>Consumo de matéria seca</i>				
Período de adaptação, kg/dia	8,13	8,26	0,123	0,312
Período de transição, kg/dia	10,1	10,2	0,249	0,838
Período de terminação, kg/dia	10,5	10,2	0,265	0,234
Período total de alimentação, kg/dia	10,2	9,91	0,231	0,292
<i>Desempenho: base em peso corporal</i>				
Peso corporal inicial, kg	403	403	0,683	0,461
Peso corporal final, kg	570	566	4,42	0,365
Ganho médio diário, kg/dia	1,552	1,510	0,040	0,296
Eficiência alimentar, kg/kg	0,152	0,153	0,004	0,825
<i>Desempenho: base de carcaça</i>				
Peso de carcaça quente inicial, kg	212	213	0,319	0,474
Peso de carcaça quente final, kg	337	335	2,92	0,662
GDC, kg/dia	1,552	1,510	0,040	0,296
GMD de carcaça, kg/dia	1,159	1,145	0,027	0,604
Conversão alimentar de carcaça, kg/kg	8,78	8,69	0,218	0,670
Rendimento de carcaça, %	59,1	59,3	0,003	0,547
Rendimento do ganho, %	749	76,2	0,013	0,333

¹CON: Controle, dieta basal (com monensina, 27 mg/kg MS) OE: Blend de óleos essenciais, dieta basal + Agolin Ruminant® (1 g/animal/dia, Agolin Ruminant® SA, Bière, Suíça), GDC (Ganho Diário de Carcaça), GMD (Ganho médio diário) e EPM: erro padrão da média.

5.2. Amido Fecal

Foi observado que o uso do óleo essencial reduziu em 51 g/kg de MS a excreção de amido fecal ($P = 0,019$) e aumentou a digestibilidade do amido de 846,9 para 892,8 ($P = 0,017$) em relação ao controle (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração de amido fecal e digestibilidade de bovinos Nelore terminados em confinamento com suplementação de Óleo essencial (Agolin Ruminant).

Itens	Tratamentos ¹		EPM	P-valor
	CON	OE		
Amido, g/kg MS	226,5	175,5	2,070	0,019
Digestibilidade do Amido, g/kg MS	846,9	892,8	1,820	0,017

¹CON: Controle, dieta basal (com monensina, 27 mg/kg MS) OE: Blend de óleos essenciais, dieta basal + Agolin Ruminant® (1 g/animal/dia, Agolin Ruminant® SA, Bière, Suíça) e EPM: erro padrão da média.

5.3. Parâmetro Sanguíneo

De modo geral, os parâmetros sanguíneos avaliados não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,20$) (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetro Sanguíneo de bovinos Nelore terminados em confinamento com suplementação de Óleo essencial (Agolin Ruminant).

Itens	Tratamentos ¹		EPM	P-valor
	CON	OE		
Proteínas Totais (g/dL)	8,55	8,62	0,177	0,701
Albumina (g/dL)	4,27	4,19	0,067	0,210
Globulina (g/dL)	4,33	4,37	0,136	0,772
Glicose (mg/dL)	85,02	85,41	45,2	0,993
Uréia (mg/dL)	37,95	39,54	2,355	0,506
GGT (mg/dL)	33,36	36,88	4,614	0,452

¹CON: Controle, dieta basal (com monensina, 27 mg/kg MS) OE: Blend de óleos essenciais, dieta basal + Agolin Ruminant® (1 g/animal/dia, Agolin Ruminant® SA, Bière, Suíça) e EPM: erro padrão da média.

5.4. Avaliações na Carcaça

As características de carcaça avaliadas por ultrassonografia não foram influenciadas pela inclusão de óleos essenciais na dieta (Tabela 6). A área de olho de lombo foi semelhante entre tratamentos (CON = 88,5 cm² vs. OE = 89,5 cm²; $P = 0,538$), resultado que se manteve mesmo após ajuste para 100 kg de peso corporal (15,0 vs. 15,3 cm²/100 kg; $P = 0,307$). O marmoreio também não diferiu entre os grupos, apresentando valores médios de 2,71 pontos no CON e 2,58 pontos no OE ($P = 0,275$). De forma consistente, a deposição de gordura subcutânea não foi afetada pela suplementação, seja pela medida na 12^a costela (4,94 vs. 4,75 mm; $P = 0,369$), na espessura de gordura, mm/100 kg (0,837 vs. 0,814 cm; $P = 0,493$) ou na região da alcatra (7,69 vs. 7,80 mm; $P = 0,751$).

Tabela 6. Características de carcaça medidas por ultrassonografia em touros Nelore recebendo Agolin Ruminant® na dieta de confinamento.

Itens	Tratamentos ¹			<i>P</i> - valor
	CON	OE	EPM	
<i>Características de carcaça</i>				
Área de olho de lombo, cm²	88,5	89,5	1,622	0,538
Área de olho de lombo, cm²/100 kg PC	15,0	15,3	0,285	0,307
Marmoreio, pontos	2,71	2,58	0,121	0,275
Espessura de gordura, mm	4,94	4,75	0,209	0,369
Espessura de gordura, mm/100 kg BW	0,837	0,814	0,024	0,493
Espessura da gordura da alcatra, mm	7,69	7,80	0,356	0,751

¹CON: Controle, dieta basal (com monensina, 27 mg/kg MS) OE: Blend de óleos essenciais, dieta basal + Agolin Ruminant® (1 g/animal/dia, Agolin Ruminant® SA, Bière, Suíça) e EPM: erro padrão da média.

6. DISCUSSÃO

A produtividade de bovinos em confinamento depende de estratégias nutricionais que otimizem a utilização de nutrientes, especialmente em dietas de alta densidade energética. Nesse contexto, aditivos como os óleos essenciais vêm sendo estudados como alternativas ou complementos aos ionóforos (Calsamiglia et al., 2007; Beauchemin et al., 2006).

No presente estudo, a suplementação de bovinos Nelore com o OE Agolin Ruminant® (1 g/animal/dia), em associação à monensina, não promoveu diferenças no consumo de matéria seca (CMS), no ganho médio diário, na eficiência alimentar ou no rendimento de carcaça em comparação ao grupo controle. Esses resultados indicam que, sob as condições avaliadas, a inclusão do aditivo não agregou benefícios adicionais ao desempenho, mantendo apenas a estabilidade produtiva.

Considerando que mais de 90% dos consultores brasileiros utilizam a monensina em dietas de terminação, e que ambas as dietas experimentais avaliadas continham esse aditivo, é importante destacar que seus efeitos sobre o desempenho de bovinos de corte em dietas de alta energia são amplamente consolidados na literatura. Estudos clássicos e contemporâneos demonstram ganhos consistentes em eficiência alimentar e desempenho quando comparado a dietas sem sua inclusão (Goodrich et al., 1984; Schelling, 1984; Potter et al., 1985; Duffield et al., 2012). Quando a monensina e os óleos essenciais são utilizados em conjunto na dieta

de bovinos, o objetivo principal é buscar um efeito sinérgico, através desses mecanismos via nutrição, mantendo ou potencializando a funcionalidade na fermentação ruminal (Repetto et al. 2025). Situações que observamos em outros trabalhos, a presença de ionóforos já assegurava bom aproveitamento nutricional da dieta, reduzindo a possibilidade de resposta adicional aos óleos essenciais.

No estudo conduzido por Oh et al., (2018), testando tratamentos (12 vacas/tratamento): 450 mg/vaca por dia de monensina (MO), 250 mg/vaca por dia de pimenta-do-reino mais 450 mg/vaca por dia de MO (MOCAP) e 1.000 mg/vaca por dia de uma mistura de cinamaldeído, eugenol e pimenta-do-reino (CEC), a produção de leite, a composição do leite ou a eficiência alimentar de vacas leiteiras não foram afetadas pela suplementação de CAP em uma dieta contendo MO. Da mesma forma, uma mistura de PN (CEC) também não teve efeito sobre o desempenho da lactação das vacas, exceto pelo aumento na eficiência alimentar em comparação com o MO.

Já em outro estudo, onde avaliaram 3 tratamentos, o primeiro grupo recebeu uma mistura de óleos essenciais e taninos, o segundo recebeu monensina e o terceiro recebeu ambos os tratamentos, os resultaram em que a adição de uma mistura de óleos essenciais, taninos e bioflavonoides à dieta de novilhos em fase de terminação alimentados com ração total misturada resultou em ganho de peso diário e conversão alimentar semelhantes aos da monensina. Para as variáveis de fermentação ruminal também foram semelhantes entre os tratamentos, exceto por uma menor concentração de ácido butírico quando a combinação de ambos os aditivos foi utilizada (Repetto et al. 2025). Com esses relatos, demonstram a necessidade de ajustes pontuais, com relação aos tipos de combinações entre as variedades de óleos essenciais com monensina.

Em dietas com baixo teor de fibra e alta disponibilidade de amido, o ambiente ruminal apresenta menor pH e fermentação direcionada à produção de propionato, sendo dominado por microrganismos menos sensíveis à ação dos óleos essenciais, o que reduz a possibilidade de modulação adicional da microbiota (Benchaa et al., 2008). Nesse contexto, mesmo que ocorram alterações pontuais na digestibilidade, elas podem não se refletir em ganhos produtivos mensuráveis. O elevado nível de concentrado utilizado neste experimento (superior a 80% da dieta) possivelmente contribuiu para essa ausência de efeito, uma vez que dietas com maior proporção de

volumoso, entre 60 e 70% de concentrado, têm apresentado respostas mais relevantes ao uso de óleos essenciais, atribuídas à maior diversidade microbiana e ao potencial de modulação da fermentação ruminal (Benchaa et al., 2008; Zhang et al., 2021). Embora os óleos essenciais tenham aumentado a digestibilidade do amido nos animais suplementados, esse efeito não resultou em incremento no ganho de peso ou na eficiência alimentar. O que pode explicar isso, é o fato que o animal mesmo digerindo melhor o amido, essa energia extra pode ser desviada para outros processos metabólicos ou não ser retida como tecido muscular devido a uma menor eficiência alimentar comparada ao efeito tradicional do grupo que recebeu não recebeu óleo essencial (Duffield et al., 2012).

Foi observado em um estudo, que embora poucos benefícios de desempenho tenham sido detectados com a adição de AM (α -amilase exógena) à dieta BEO (uma mistura de óleos essenciais), os benefícios de desempenho e os potenciais benefícios de digestibilidade foram frequentemente superiores para a combinação BEO+AM (uma mistura de óleos essenciais mais α -amilase exógena) em relação à combinação BEO+MON uma mistura de óleos essenciais mais monensina (Meschiatti, et al., 2019, onde não foram observadas vantagens ou efeitos sinérgicos positivos na combinação de BEO e MON. Isso reforça a hipótese de que, em dietas altamente concentradas e já otimizadas pela presença de monensina, o potencial de resposta dos OE é limitado a depender do seu modo de combinação.

A ausência de efeito no metabolismo proteico e energético entre os tratamentos pode estar relacionada à falta de um tratamento controle sem a inclusão de aditivos. Os parâmetros sanguíneos permaneceram dentro da normalidade, confirmando, o que ocorreu no estudo de Fonseca et al., (2023), avaliaram os efeitos de uma mistura de óleos essenciais, à base de cinamaldeído e dissulfeto de dialila, associada ou não a antibióticos, sobre parâmetros nutricionais e metabólicos de novilhos Nelore confinados, alimentados com dieta sem forragem que indicam que os óleos essenciais não afetam negativamente a saúde do gado de corte e que também não conferiu vantagens adicionais, sendo considerados alternativas potenciais no uso da substituição ou associação com antibióticos. Em outro estudo, conclui-se que a adição de uma mistura de óleos essenciais à dieta durante o período de transição melhorou

o estado imunológico e o metabolismo energético das vacas, sem afetar a saúde dos bezerros recém-nascidos (Uyarlar et al., 2024).

Do mesmo modo, as características de carcaça, incluindo AOL, EGS e marmoreio, foram mantidas dentro dos padrões da indústria, sem efeito da suplementação. Vários estudos indicam que, embora os óleos essenciais possam melhorar certos aspectos do desempenho do gado, eles não afetam adversamente as métricas de qualidade da carcaça, indicando que a adição de óleos essenciais na dieta de bovinos terminados em confinamento e alimentados com uma dieta de alta densidade energética não apresenta efeito sobre as características da carcaça (Benchaar et al., 2006; Cruz et al., 2014; Fugita et al., 2017; Rivaroli et al., 2017).

Em síntese, os resultados indicam que a inclusão do Agolin Ruminant® em dietas de terminação com elevado teor de concentrado (acima de 80%) e suplementadas com monensina, não promoveu ganhos adicionais em desempenho ou nas características de carcaça de bovinos Nelore. A ausência de efeitos negativos reforça a segurança de uso do aditivo, porém a falta de resposta produtiva sugere que, em dietas já altamente otimizadas quanto à fermentação ruminal e eficiência alimentar, o potencial de ação do produto é limitado. A melhora observada na digestibilidade do amido indica possível efeito metabólico, mas que, nas condições experimentais empregadas, marcadas por baixo teor de fibra e alta disponibilidade de amido, não se traduziu em benefícios zootécnicos mensuráveis.

7. CONCLUSÃO

Sob as condições desse experimento, o uso dos óleos essenciais (Agolin Ruminant® 1 g/animal/dia) em dietas de confinamento com monensina aumenta a digestão do amido, mas não resulta em benefícios metabólicos nem em maior desempenho animal em bovinos Nelore não castrados em terminação.

8. REFERÊNCIAS

Abiec – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – **Beef Report** 2024.

Akram MZ, Asghar MU, Jalal H (2021) Essential oils as alternatives to chemical feed additives for maximizing livestock production. **Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society** 72:2595-2610.

Al-Khayri JM, Banadka A, Nandhini M, Nagella P, Al-Mssallem MQ, Alessa FM (2023) Essential oil from *Coriandrum sativum*: A review on its phytochemistry and biological activity. **Molecules** 28:696.

AOAC (2000) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 17th edn. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

Bach A, Elcoso G, Escartín M, Spengler K, Jouve A (2023) Modulation of milking performance, methane emissions, and rumen microbiome on dairy cows by dietary supplementation of a blend of essential oils. **Animal** 17:100825.

Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M (2008) Biological effects of essential oils—a review. **Food and Chemical Toxicology** 46:446–475.

Batley RJ, Romanzini EP, Silva KD, Souza WL, Quigley SP, Harper KJ, Costa DF (2024) The essential oil blend Agolin Ruminant L reduces methane production in vitro and in vivo when included in the drinking water of cattle. **Journal of Animal Science** 102:315.

Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Abdalla AL, Alvarez C, Arndt C, Becquet P, Kebreab E (2022) Invited review: Current enteric methane mitigation options. **Journal of Dairy Science** 105:9297-9326.

Beauchemin KA, McGinn SM (2006) Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. **Journal of Animal Science** 84:1489-1496.

Belanche A, Newbold C, Morgavi D, Bach A, Zweifel B, Yáñez-Ruiz D (2020) A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend Agolin Ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. **Animals** 10:620.

Benchaar C, Greathead H (2011) Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. **Animal Feed Science and Technology** 166–167:338–355.

Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA (2008) A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology** 145:209-228.

Benchaar C, Petit HV, Berthiaume R, Ouellet DR, Chiquette J, Chouinard PY (2007) 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** 90:886-897.

Benchaar C, Duynisveld JL, Charmley E (2006) Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science** 86:91-96.

Brasil (2000) **Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico de Métodos de Insuflação para o Abate Humanitário de Animais de Açougue**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Bta - Add Innovation (2025) **Sobre a BTA**. Disponível em: <https://www.btaaditivos.com.br/br/sobre-a-bta/>.

Brawner WR, Hentges JF, Moore JE, Neal FC, Himes JA (1969) Naturally-induced bovine lactic acidosis. **Journal of Animal Science** 28:126.

Brugger D, Salzmann J, Liesegang A, Schick M, Bolt R (2025) The effects of a blend of coriander oil, eugenol, geranyl acetate, and geraniol on bull fattening and carcass quality. **Italian Journal of Animal Science** 24:642-647.

Bürger PJ, Pereira JC, Queiroz AC, Silva JFC, Valadares Filho SE, Cecon PR, Casali ADP (2000) Fermentação ruminal e eficiência microbiana em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia** 29:367-375.

Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C (2006) Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science** 89:761–771.

Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo P, Castillejos L, Ferret A (2007) Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science** 90:2580–2595.

Canuto NGD, Fernandes HJ, Ítavo LCV, Vedovatto M, Oliveira DM, Silva THR, Silva AG (2025) Natural feed additives in high-concentrate diets fed to Angus× Nellore finishing steers. **Animal Feed Science and Technology** 116233.

Cardozo PW, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C (2005) 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 of Animal Science** 83:2572–2579.

Chao SC, Young DG, Oberg CJ (2000) Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. **Journal of Essential Oil Research** 12:639-649.

Chen H, Wang C, Hu L, Nie X, Zhao G (2021) Effects of dietary forage to concentrate ratio on nutrient digestibility, ruminal fermentation and rumen bacterial composition in Angus cows. **Scientific Reports** 11:1-12.

Chen W, Viljoen AM (2022) Geraniol—a review update. **South African Journal of Botany** 150:1205-1219.

Cobellis GM, Trabalza-Marinucci M, Yu Z (2016) Avaliação crítica de óleos essenciais como modificadores ruminais na nutrição de ruminantes: uma revisão. **Science of The Total Environment** 545:556–568.

Colombo EA, Cooke RF, Brandão AP, Wiegand JB, Schubach KM, Sowers CA, Duff GC, Block E, Gouvêa VN (2021) Performance, health, and physiological responses of newly received feedlot cattle supplemented with pre- and probiotic ingredients. **Animal** 15:1–8.

Correa LAT (2024) **Uso do óleo essencial de orégano em dietas para bovinos de corte confinados**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia nos Trópicos) - Universidade Federal do Norte do Tocantins, Araguaína.

Cottle DJ, Nolan JV, Wiedemann SG (2011) Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science** 51:491-514.

Cruz OTB, Valero MV, Zawadzki F, Rivaroli DC, Prado RM, Lima BS, Prado IN (2014) Effect of glycerine and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. **Italian Journal of Animal Science** 13:3492.

Cui H, Zhang C, Su K, Fan T, Chen L, Yang Z, Liu J (2024) Oregano essential oil in livestock and veterinary medicine. **Animals** 14:1532.

Duffield TF, Merrill JK, Bagg RN (2012) Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science** 90:4583-4592.

Elam CJ (1976) Acidosis in Feedlot Cattle: Practical Observations. **Journal of Animal Science** 43:898-901.

Ferracini JG; Pauly JF; Freire HR; Saraiva BR; Vital ACP; Prado IN (2024) Diferentes sistemas de produção de bovinos de corte em pastagem, confinamento convencional e confinamento a partir do desmame sobre desempenho animal, características de carcaça e custo de produção. **Pubvet** 9:e1660.

Foggi G, Terranova M, Daghighi M, Amelchanka SL, Conte G, Ineichen S, Mele M (2024) Evaluation of ruminal methane and ammonia formation and microbiota composition as affected by supplements based on mixtures of tannins and essential oils using Rusitec. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 15:48.

Fonseca ASR, Mota LG, Costa AC, Andrade TS, Costa Abreu ML, Dal Pont MS, Galati RL (2023) Assessing the impact of essential oil blends as antibiotic alternatives on nutritional and metabolic parameters in non-forage-based diet-fed Nellore steers. **Dataset Reports** 2:61.

Fouts JQ, Grossi S, Tricarico JM, Kebreab E (2025) Effects of pulse-dosing an essential oil blend to dairy cows on enteric methane emissions and productivity. **Translational Animal Science** 9:56.

Franz C, Baser KHC, Windisch W (2010) Essential oils and aromatic plants in animal feeding—a European perspective. A review. **Flavour and Fragrance Journal** 25:327-340.

Fugita CA, Prado RM, Valero MV, Bonafé EG, Carvalho CB, Guerrero A, Prado IN (2017) Effect of the inclusion of natural additives on animal performance and meat quality of crossbred bulls (Angus× Nellore) finished in feedlot. **Animal Production Science** 58:2076-2083.

Geraci JI, Garciarena AD, Gagliostro GA, Beauchemin KA, Colombatto D (2012) Plant extracts containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diets: Ruminant environment, short term intake pattern and animal performance. **Animal Feed Science and Technology** 176:123-130.

Goodrich RD, Garrett JE, Gast DR, Kirick MA, Larson DA, Meiske JC (1984) Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science** 58:1484–1498.

Gheorghe-Irimia R, Sonea C, Tapaloaga D, Tapaloaga PR (2023) Exploring the synergy: essential oils in animal nutrition and their role in enhancing production. **Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series** 53:1.

Gusmão J, Silva J, Oliveira T, Silva L, Gouvêa VN, Santos FA (2025) Utilizing By-products to replace high moisture corn in a large pen trial: A circular economy strategy for finishing nellore bulls in a tropical feedlot system. **Journal of Animal Science** 103:296-297.

Hart KJ, Jones HG, Waddams KE, Worgan HJ, Zweifel B, Newbold CJ (2019) An essential oil blend decreases methane emissions and increases milk yield in dairy cows. **Open Journal of Animal Science** 09:259–267.

Hart KJ, Yáñez-Ruiz DR, Duval SM, McEwan NR, Newbold CJ (2008) Plant extracts to manipulate rumen fermentation. **Animal Feed Science and Technology** 147:8-35.

Honan M, Feng X, Tricarico JM, Kebreab E (2021) Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: Modes of action, effectiveness and safety. **Animal Production Science** 61:1.

Hristov AN, Bannink A, Battelli M, Belanche A, Sanz MCC, Fernandez-Turren G, Lund P (2025) Feed additives for methane mitigation: Recommendations for testing enteric methane-mitigating feed additives in ruminant studies. **Journal of Dairy Science** 108:322-355.

Hristov AN, Ropp JK, Zaman S, Melgar A (2008) Effects of essential oils on in vitro ruminal fermentation and ammonia release. **Animal Feed Science and Technology** 144:55-64.

Hubbart JA, Blake N, Holásková I, Mata Padrino D, Walker M, Wilson M (2023) Challenges in Sustainable Beef Cattle Production: A Subset of Needed Advancements. **Challenges** 14:14.

IPCC (2021) **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Jahani-Azizabadi H, Danesh Mesgaran M, Vakili AR, Rezayazdi K, Hashemi M (2011) Effect of various medicinal plant essential oils obtained from semi-arid climate on rumen fermentation characteristics of a high forage diet using in vitro batch culture. **African Journal of Microbiology Research** 5:4812-4819.

Kačániová M, Galovičová L, Ivanišová E, Vukovic NL, Štefániková J, Valková V, Tvrdá E (2020) Antioxidant, antimicrobial and antibiofilm activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil for its application in foods. **Foods** 9:282.

Kelly L (2025) **Investigating feed additives and energy models for sustainable cattle production**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - University of California, Davis.

Kelzer JM, Kononoff PJ, Gehman AM, Tedeschi LO, Karges K, Rusche WC (2009) Effects of feeding three types of corn-milling coproducts on milk production and ruminal fermentation of lactating Holstein cattle. **Journal of Dairy Science** 92:5120-5132.

Khamisabadi H, Ahmadpanah J (2020) The effect of diets supplemented with *Coriandrum sativum* seeds on carcass performance, immune system, blood metabolites, rumen parameters and meat quality of lambs. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** 43:e52048.

Khiaosa-ard R, Zebeli Q (2013) Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. **Journal of Animal Science** 91:1819–1830.

Kholif AE, Olafadehan OA (2021) Essential oils and phytogetic feed additives in ruminant diet: chemistry, ruminal microbiota and fermentation, feed utilization and productive performance. **Phytochemistry Reviews** 20:1087–1108.

Klop G, Dijkstra J, Dieho K, Hendriks WH, Bannink A (2017) Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. **Journal of Dairy Science** 100:3563-3575.

Krause KM, Oetzel GR (2006) Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. **Animal Feed Science and Technology** 126:215-236.

Ku-Vera JC, Castelán-Ortega OA, Galindo-Maldonado FA, Arango J, Chirinda N, Jiménez-Ocampo R, Solorio-Sánchez FJ (2020) Estratégias para mitigação do metano entérico em bovinos alimentados com forragens tropicais. **Animal** 14:453-463.

Lileikis T, Nainienė R, Bliznikas S, Uchockis V (2023) Dietary ruminant enteric methane mitigation strategies: current findings, potential risks and applicability. **Animals** 13:2586.

Lopreiato V, Mezzetti M, Cattaneo L, Ferronato G, Minuti A, Trevisi E (2020) Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 11:96.

Martins TS, Martins LF, Silva LFP, Lanna DPD, Monteiro WCL (2015) Óleos funcionais na dieta de vacas leiteiras: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e emissão de metano entérico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 67:1505–1514.

Mazzafera P (2003) Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol. **Revista Brasileira de Botânica** 26:231-238.

Meschiatti MA, Gouvêa VN, Pellarin LA, Batalha CD, Biehl MV, Acedo TS, Santos FA (2019) Feeding the combination of essential oils and exogenous α -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science** 97:456-471.

Meyer NF, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Greenquist MA, Luebbe MK, Williams P, Engstrom MA (2009) Effect of Essential Oils, Tylosin, and Monensin on Finishing Steer Performance, Carcass Characteristics, Liver Abscesses, Ruminal Fermentation, and Digestibility. **Journal of Dairy Science** 92:2346–2354.

Miguel G, Cruz C, Faleiro ML, Simões MTF, Figueiredo AC, Barroso JG, Pedro LG (2011) *Salvia officinalis* L. essential oils: effect of hydrodistillation time on the chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. **Natural Product Research** 25:526-541.

Miguel MG (2010) Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Essential Oils: A Short Review. **Molecules** 15:9252-9287.

Miller GA, Bowen J, Dewhurst R, Zweifel B, Spengler K, Duthie CA (2023) Enteric methane emissions from dairy–beef steers supplemented with the essential oil blend Agolin Ruminant. **Animals** 13:1826.

Mimica-Dukić N, Orčić D, Lesjak M, Šibul F (2016) Essential oils as powerful antioxidants: Misconception or scientific fact?. In: **Medicinal and Aromatic Crops:**

Production, Phytochemistry, and Utilization. American Chemical Society, p. 187-208.

Monsalve JG, Millen DD (2025) A snapshot of nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil in 2023. **Frontiers in Veterinary Science** 12:1518571.

Nabi MHB, Ahmed MM, Mia MS, Islam S, Zzaman W (2025) Essential Oils: Advances in Extraction Techniques, Chemical Composition, Bioactivities, and Emerging Applications. **Food Chemistry Advances** 101048.

Nasem (2016) **Nutrient requirements of Beef Cattle.** 8. ed. Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering, and medicine.

Nehme R, Andrés S, Pereira RB, Ben Jemaa M, Bouhallab S, Ceciliani F, Abdennebi-Najar L (2021) Essential oils in livestock: From health to food quality. **Antioxidants** 10:330.

Oh J, Harper M, Lang CH, Wall EH, Hristov AN (2018) Effects of phytonutrients alone or in combination with monensin on productivity in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science** 101:7190-7198.

Ojo AO, Mulim HA, Campos GS, Junqueira VS, Lemenager RP, Schoonmaker JP, Oliveira HR (2024) Exploring Feed Efficiency in Beef Cattle: From Data Collection to Genetic and Nutritional Modeling. **Animals** 14:3633.

Orzuna-Orzuna JF, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Miranda-Romero LA, Mendoza-Martínez GD, Santiago-Figueroa I (2022) A meta-analysis of essential oils use for beef cattle feed: Rumen fermentation, blood metabolites, meat quality, performance and, environmental and economic impact. **Fermentation** 8:254.

Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR (1998) Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science** 76:275-286.

Patra AK, Yu Z (2015) Essential oils affect populations of some rumen bacteria in vitro as revealed by microarray (RumenBactArray) analysis. **Frontiers in Microbiology** 6:297.

Patra AK (2011) Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances** 6:416-428.

Patra AK, Yu Z (2012) Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. **Applied and Environmental Microbiology** 78:4271-4280.

Pereira AM, Nunes Enes Dapkevicius ML, Borba AE (2022) Alternative pathways for hydrogen sink originated from the ruminal fermentation of carbohydrates: Which

microorganisms are involved in lowering methane emission?. **Animal Microbiome** 4:5.

Perna Júnior F, Vásquez DCZ, Gardinal R, Meyer PM, Berndt A, Toyoko R, Frigueto S, Demarchi JJAA, Rodrigues PHM (2020) Short-term use of monensin and tannins as feed additives on digestibility and methanogenesis in cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia** 49:1–9.

Pirondini M, Colombini S, Malagutti L, Rapetti L, Galassi G, Zanchi R, Crovetto GM (2015) Effects of a selection of additives on in vitro ruminal methanogenesis and in situ and in vivo NDF digestibility. **Animal Science Journal** 86:59-68.

Plaizier JC, Li S, Danscher AM, Derakhshani H, Andersen PH, Khafipour E (2017) Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. **Animal Feed Science and Technology** 172:9–21.

Potter EL, Wray MI, Muller RD, Grueter HP, McAskill J, Young DC (1985) Effect of monensin and tylosin on average daily gain, feed efficiency and liver abscess incidence in feedlot cattle. **Journal of Animal Science** 61:1058–1065.

Ranathunga SD, Kalscheur KF, Herrick KJ (2019) Ruminal fermentation, kinetics, and total tract digestibility of lactating dairy cows fed distillers dried grains with solubles in low- and high-forage diets. **Journal of Dairy Science** 102:7943-7957.

Ratika K, James Singh RK (2018) Plant derived essential oil in ruminant nutrition-A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 7:1747-1753.

Repetto JL, Ciancio E, Castro G, Santana A, Cajaville C (2025) Daily Gain, Feed Conversion, and Rumen Fermentation in Finishing Steers Fed a Total Mixed Ration Supplemented with a Blend of Essential Oils, Tannins, and Bioflavonoids or Monensin. **Animals** 15:594.

Rivaroli DC, Ornaghi MG, Mottin C, Prado RM, Ramos TR, Guerrero A, Prado IN (2017) Essential oils in the diet of crossbred (½ Angus vs. ½ Nellore) bulls finished in feedlot on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics. **Journal of Agricultural Science** 9:205-212.

Romanzini EP, McCollum V, Mcilveen S, Ferreira EM, Souza WLD, Castro MAO, Costa DFA (2025) Water-Based Supplementation Technology for Grazing Cattle in the Tropics: A Large-Scale Commercial Case Study. **Applied Sciences** 15:851.

Rossi CAS, Grossi S, Dell’Anno M, Compiani R, Rossi L (2022) Effect of a blend of essential oils, bioflavonoids and tannins on in vitro methane production and in vivo production efficiency in dairy cows. **Animals** 12:728.

Samuelson KL, Hubbert ME, Galyean ML, Löest CA (2016) Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science** 94:2648-2663.

Santos FAP, Pereira EM, Pedroso AM (2004) Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: **Simpósio sobre Bovinocultura de Corte**, 5., Piracicaba. Anais: FEALQ, p. 262-297.

Schelling GT (1984) Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science** 58:1518–1527.

Steele MA, Vandervoort G, AlZahal O, Hook SE, Matthews JC, McBride BW (2011) Rumen epithelial adaptation to high-grain diets involves the coordinated regulation of genes involved in cholesterol homeostasis. **Physiological Genomics** 43:308-316.

Terry SA, Beauchemin KA (2025) Essential oil blend and monensin for feedlot steers consuming backgrounding and finishing diets: growth performance, methane emissions using the GreenFeed system, and feeding behavior. **Translational Animal Science** 9:182.

Tomé D, Benoit S, Azzout-Marniche D (2021) Protein metabolism and related body function: mechanistic approaches and health consequences. **Proceedings of the Nutrition Society** 80:243-251.

USDA - United States Department of Agriculture (2025) **Livestock and Products Annual, Brazil**.

Uyarlar C, Rahman A, Gultepe EE, Cetingul IS, Bayram I (2024) Effect of a dietary essential oil blend in dairy cows during the dry and transition period on blood and metabolic parameters of dams and their calves. **Animals** 14:150.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (2021) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science** 74:3583-3597.

Virgínio Júnior GF, Loregian K, Millen DD (2025) Distillers grains as alternative feed resources for beef cattle: a comprehensive review. **Animal Bioscience** 39(4) 250771.

Wang J, Deng L, Chen M, Che Y, Li L, Zhu L, Feng T (2024) Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. **Animal Nutrition** 17:244-264.

Wells CW (2024) Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: A comprehensive review. **Animal Nutrition** 16:1-10.

Williams P, Clark J, Bean K (2021) Evaluation of Agolin®, an essential oil blend, as a feed additive for high producing cows. **Open Journal of Animal Science** 11:231–237.

Zhang R, Wu J, Lei Y, Bai Y, Jia L, Li Z, Lei Z (2021) Óleos essenciais de orégano promovem a capacidade digestiva do rúmen modulando desenvolvimento epitelial e a composição da microbiota em gado de corte. **Frontiers in Nutrition** 8:722557.

Zhang R, Zhu W, Jiang L, Mao S (2017) Comparative metabolome analysis of ruminal changes in Holstein dairy cows fed low-or high-concentrate diets. **Metabolomics** 13:74.

Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ, Ahn DU (2010) Improving functional value of meat products. **Meat Science** 86:15-31.

Zhao K, Zhao K, Chen Y, Penner GB, Oba M, Guan LL (2017) Transcriptome analysis of ruminal epithelia revealed potential regulatory mechanisms involved in host adaptation to gradual high fermentable dietary transition in beef cattle. **BMC Genomics** 18:976.

Zinn RA, Barreras A, Corona L, Owens FN, Ware RA (2007) Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science** 85:1727-1730.