

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, LARANJA E
MISTURA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE MILHO**

Autora: Daisa Mirelle Borges Dias

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kátia Cylene Guimarães

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araújo Neto

RIO VERDE – GO

Abril - 2024

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, LARANJA E
MISTURA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE MILHO**

Autora: Daisa Mirelle Borges Dias

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kátia Cylene Guimarães

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araújo Neto

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

RIO VERDE – GO

Abril – 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

D541u Dias, Daisa Mirelle Borges Dias
USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, LARANJA E
MISTURA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE MILHO / Daisa
Mirelle Borges Dias Dias; orientadora Kátia Cylene
Guimarães Kátia; co-orientadora Francisco Ribeiro de
Araújo Neto Araújo Neto. -- Rio Verde, 2024.
54 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de pós Graduação
em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus
Rio Verde, 2024.

1. perdas fermentativas. 2. Zea mays. 3.
Ruminantes. 4. Silos. 5. Óleos essenciais. I. Kátia,
Kátia Cylene Guimarães, orient. II. Araújo Neto,
Francisco Ribeiro de Araújo Neto, co-orient. III.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:
Matrícula:
Título do Trabalho:

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ___/___/___


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 08/07/2024
Local Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

katia cyllene guimarães
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, LARANJA E MISTURA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE MILHO

Autora: Daisa Mirelle Borges Dias da Costa
Orientadora: Kátia Cylene Guimarães

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 10 de maio de 2024.

Dra. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dr. Adriano Jakelaitis
Avaliador externo
IF Goiano/RV

Dra. Kátia Cylene Guimarães
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Ana Paula Cardoso Gomide, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/05/2024 19:53:33.
- Adriano Jakelaitis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/05/2024 17:58:40.
- Katia Cylene Guimaraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/05/2024 17:57:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/04/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 591886

Código de Autenticação: 89bd0aa4b8



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Grata a Deus por permitir chegar até aqui, sustentando-me em todas as dificuldades, pela saúde e perseverança em buscar mais conhecimento e qualificação.

Aos meus pais, João Dias e Iracy Maria, por me guiarem sempre no melhor caminho, por todo o incentivo aos estudos, amor e carinho ao longo deste processo.

À minha irmã Alline Laiane, que sempre me incentivou e esteve comigo encorajando e colaborando nos meus estudos.

Ao meu esposo Thiago Araújo, pelo apoio e compreender minha ausência durante esse período de dedicação e desenvolvimento.

À minha filha Laísa, que foi um presente de Deus na fase final da pós-graduação, que mesmo pequena me incentivava a ser uma pessoa melhor.

À minha sogra Itamar Pereira e Adelaide, que sempre colaboraram na minha ausência para que eu pudesse me dedicar aos estudos.

À orientadora Dra. Kátia Cylene, que sempre foi uma amiga, um ser humano de coração enorme, que fez com que todo esse processo fosse leve e prazeroso, uma inspiração para quem tem o prazer de conhecê-la.

À minha amiga Vitória Cássia e Felipe, que fizeram presentes em todo o tempo, ajudando nas análises laboratoriais com muita paciência e comprometimento.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida e apoio financeiro ao programa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade. Em especial, aos professores pelo empenho e conhecimentos transmitidos.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Daisa Mirelle Borges Dias, filha de Iracy Maria de Jesus Silva e João Dias da Silva, natural de Iporá-GO, nascida em 12 de janeiro de 1992, criada no interior e sempre em contato com os animais na fazenda dos avós, onde despertou a paixão pela medicina veterinária. Técnica em Zootecnia em 2008 pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, campus Rio Verde – Goiás. Em 2014 graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade de Rio Verde, tendo o primeiro contato com pesquisas e trabalhos científicos como bolsista PIBIC/CNPq. Em outubro de 2020, iniciou no curso de pós-graduação *stricto-sensu* em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, campus Rio Verde – Goiás, submeteu-se em abril de 2024, a banca avaliadora, sua dissertação com o título: Uso de óleos essenciais de cravo, laranja e mistura como aditivo em silagem de milho.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	xi
ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xii
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
Introdução.....	15
REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
Conservação de forragem.....	16
Ensilagem.....	17
Silagem de milho planta inteira.....	17
Aditivos.....	18
Utilização de óleos essenciais em animais e humanos.....	20
Óleo essencial de cravo-da-índia (<i>Syzygium aromaticum</i>).....	21
Óleo essencial de laranja doce (<i>Citrus sinensis L. Osbeck</i>).....	21
REFERÊNCIAS.....	23
Objetivos.....	33
CAPÍTULO I: Artigo científico: USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, LARANJA E MISTURA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE MILHO.....	34
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
Introdução.....	37
Material e Métodos.....	37
Resultados.....	40

Discussão.....	46
Conclusão.....	51
REFERÊNCIAS.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para a qualidade nutricional da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos.....	41
Tabela 2. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para a fração carboidrato da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos. Resultados em % MS.....	41
Tabela 3. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para a fração proteína da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos. Resultados em % MS.....	42
Tabela 4. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para o pH, perda por gases e a produção de efluentes da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos.....	43
Tabela 5. Comparação de médias entre as doses de óleo essencial com os demais tratamentos para as variáveis da composição química da silagem e pH.....	44
Tabela 6. Comparação de médias entre as doses de óleo essencial com os demais tratamentos para as variáveis da fração carboidrato. Resultados em % MS.....	45
Tabela 7. Comparação de médias entre as doses de óleo essencial com os demais tratamentos para as variáveis da fração proteína. Resultados em % MS.....	46

ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

CF - Carboidratos fibrosos	MM - Matéria mineral
CNF - Carboidratos não fibrosos	mm - Milímetro
CO ₂ - Gás carbônico	MS - Matéria Seca
CT - Carboidratos Totais	NDT - Nutrientes digestíveis totais
DIVMS - Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	NIDA - Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
EE - Extrato Etéreo	NIDN - Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
FDA - Fibra em detergente ácido	N-NH ₃ - Nitrogênio amoniacal
FDN - Fibra em detergente neutro	PB - Proteína bruta
FDN _{cp} - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína	pH - Potencial hidrogeniônico
mg - Miligrama	RMS - Recuperação de matéria seca
	TCA - Ácido tricloroacético

RESUMO

Um dos principais componentes das dietas dos ruminantes é a silagem, de fácil armazenamento e disponibilidade o ano todo, mesmo com a variação sazonal. A ensilagem é realizada para preservar a energia e os nutrientes da cultura após a colheita até que seja fornecida ao animal. Os óleos essenciais tem sido uma proposta promissora como aditivos na pecuária, pois melhoram a eficiência alimentar e a produtividade animal, por causa dos efeitos antimicrobianos, anti-inflamatórios, antioxidantes e moduladores digestivos no metabolismo ruminal. O objetivo neste trabalho foi avaliar os efeitos do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), laranja doce (*CitrusX sinensis*) e mistura de óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce (*CitrusX sinensis*) e 50% de óleo de cravo da-índia (*Syzygium aromaticum*), nas dosagens (250,500, 750 mg/kg), 100% silagem e inoculante comercial, no perfil fermentativo, bromatológico e digestibilidade *in vitro*. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, com onze tratamentos e cinco repetições. As doses 500 e 750mg/kg do óleo essencial de cravo, 500 e 750mg/kg do óleo essencial de laranja e a dose de 750mg/kg do mix aumentaram o teor de MM em relação a silagem sem aditivo. A MO teve os valores reduzidos com a adição do OE de laranja. OE de cravo elevou os valores de EE. A respeito dos valores do pH, observou-se que o OE de laranja e o MIX, reduziram este parâmetro em relação a silagem controle. Os óleos essenciais usados no presente estudo provocaram alterações na qualidade nutricional da silagem de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, perfil fermentativo, ruminantes

ABSTRACT

One of the main components of ruminant diets is silage, which is easy to store and is available during the all year, even with seasonal variation. Ensiling is carried out to preserve the energy and nutrients of the crop after harvest until it is fed to the animal. Essential oils have been a promising proposal as additives in livestock farming, as they improve feed efficiency and animal productivity, this is due to their antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant and digestive modulating effects on ruminal metabolism. The objective of this work was to evaluate the effects of clove essential oil (*Syzygium aromaticum*), sweet orange (*Citrus X sinensis*) and an essential oil mixture consisting of 50% sweet orange oil (Citrus % of clove oil (*Syzygium aromaticum*), in dosages (250, 500, 750 mg/kg), also the treatment 100% silage and commercial inoculant, in fermentative, bromatological and *in vitro* digestibility parameters. The design used was completely randomized, with eleven treatments and five replications. The 500 and 750mg/kg doses of clove essential oil, 500 and 750mg/kg of orange essential oil and the 750mg/kg dose of the mix increased the MM content in relation to silage without additives. MO had its values reduced with the addition of orange EO. Clove EO increased EE values. Regarding pH values, it was noted that orange EO and MIX reduced this parameter in relation to control silage. The essential oils used in the present study caused changes in the nutritional quality of corn silage.

Keywords: *Zea mays*, fermentative profile, ruminants

INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido pelas importantes regiões agrícolas, possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, presente em sua maioria na região Centro-Oeste e Sudeste do País (DOS SANTOS *et al.*, 2022). Porém, durante a estação seca gramíneas tropicais apresentam alto teor de fibra em detergente neutro e baixo teor de proteína bruta, resultando em fermentação limitada da matéria seca, longa retenção da digesta e baixa absorção de ácidos graxos voláteis do rúmen, conseqüentemente apresentando baixo ganho de peso na criação bovina durante esse período (KU-VERA *et al.*, 2020).

A ensilagem é realizada para preservar a energia e os nutrientes da cultura após a colheita até que seja fornecida ao animal (BANDLA *et al.*, 2023). A ensilagem derivada principalmente da silagem de milho é caracterizada pelo alto teor de amido, energia fermentável para microflora ruminal, além disso diminui a produção e as emissões de metano (SARABI *et al.*, 2023).

Os aditivos químicos são importantes neste processo, conhecidos pelos efeitos positivos como a melhora na fermentação, aumento da matéria seca, recuperação de nutrientes, estabilidade aeróbica. QUEIROZ *et al.*, 2018).

Os óleos essenciais tem sido uma proposta promissora como aditivos na pecuária, melhorando a eficiência alimentar e a produtividade animal. Os óleos essenciais (OE) são compostos naturais extraídos das plantas, substâncias lipofílicas que nas plantas estão relacionadas à proteção contra predadores (RIVAROLI *et al.*, 2016; TORRECILHAS *et al.*, 2021).

Diante disto, objetivou-se com o trabalho avaliar o uso de óleos essenciais de cravo, laranja e mistura como aditivo em silagem de milho planta inteira no perfil fermentativo, bromatológico e digestibilidade *in vitro*.

REFERENCIAL TEÓRICO

Conservação de forragem

O milho (*Zea mays*) pertence à família Poaceae (gênero *Zea*) possui altura média de 2,5 m, seus grãos são amarelos ou brancos granulados. A cada ano a produção de milho aumenta, previsões apontam que em 2050 terá ultrapassado a produção de trigo e arroz. Na alimentação humana, o milho é utilizado em diversos produtos como farinhas, amidos, xaropes, enquanto os talos, grãos e espigas são utilizados na indústria farmacêutica e biocombustíveis. Mas, é na alimentação animal que é amplamente consumido (VELJKOVIĆ *et al.*, 2018).

O processamento de grãos é caracterizado por métodos de preparação para a alimentação e visa principalmente o aumento da digestibilidade e da palatabilidade dos alimentos ou inativação de fatores antinutricionais. O sistema digestivo dos ruminantes é eficiente e promove a biotransformação, sendo facilitado pela ruminação e o desenvolvimento do rúmen. Para os ruminantes, esse processamento do milho potencializa a fermentação do amido no rúmen e diminuem as limitações da digestão no intestino delgado, favorecendo a digestibilidade em ambos os compartimentos. O aumento da degradação do amido no rúmen favorece o suprimento de proteína microbiana e a produção de energia, na forma de ácidos graxos voláteis (MAKIZADEH *et al.*, 2020; HAN *et al.*, 2023).

Para diminuir o impacto da estacionalidade na produção animal (carne, leite) realiza-se uma reserva do excedente de forragem para fornecimento aos animais na época de déficit. Utilizando as técnicas de conservação das forragens por meio da ensilagem aumentar a preservação original dos nutrientes encontrados na forragem fresca, fazendo assim o armazenamento com o mínimo de perdas de nutrientes possível (DE CARVALHO SOBRAL *et al.*, 2024).

Entre as tecnologias que contribuem para incrementar os índices produtivos, principalmente aqueles com limitações de área, a técnica de conservação do excedente das forragens produzidas na época chuvosa é utilizada na época seca, sendo uma estratégia viável, solucionando um problema da exploração pecuária sob pastejo, a elevada estacionalidade da produção forrageira. Os processos de conservação de forragem têm como objetivo proporcionar um alimento de bom valor nutritivo com o mínimo de perdas para uso posterior (BALEHEGN *et al.*, 2022).

Ensilagem

Uma das práticas de conservação de forragem mais utilizada no mundo é a ensilagem. Essa prática envolve algumas etapas como a colheita no estágio ideal de maturidade, corte, carregamento em silo, compactação, selagem para exclusão de ar, armazenamento e disponibilidade para alimentação animal (DUNIÈRE *et al.*, 2013).

Para a produção da silagem a espécie vegetal que predomina é o milho, responsável em combinar produção em massa com composição química favorável a fermentação. Na ensilagem de grãos faz necessário seguir os processos como umidade adequada, compactação e selagem para diminuição do pH, evitando danos aos grãos ensilados (GERVÁSIO *et al.*, 2023; ARAUJO *et al.*, 2023).

Um método simples para acondicionar a silagem é em silos horizontais, do tipo trincheira ou de superfície, possuem custo baixo, armazenam e fermentam grandes volumes, uma alternativa que contribui no período seco, época em que há a redução das pastagens. Desta forma, fatores como densidade da embalagem, tipo de aditivo utilizado, comprimento do corte, manejo da cobertura e manejo do silo durante a alimentação podem alterar a fermentação da silagem e consequentemente na qualidade (KUNG *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2023).

Sob condições anaeróbicas, organismos como leveduras, bactérias e fungos transformam as fontes de energia das plantas em ácido orgânico. A forragem sofre fermentação ácida quando as bactérias produzirem ácidos láctico, acético e butírico a partir de açúcares presentes no material vegetal. O ácido é produzido suficiente para baixar o pH para aproximadamente 4, e a maioria das ações metabólicas encerram-se e a forragem é preservada (MBATHA e BAKARE.,2018). É essencial manter o valor nutricional como energia, teor de matéria seca e qualidade da colheita durante o período de armazenamento. (GUAMÁN *et al.*, 2023).

Silagem de milho planta inteira

O milho é um ingrediente importante para a nutrição animal. Possui matriz proteica densa e compacta, além da alta proporção de endosperma. Incluir silagem de milho planta inteira resulta em grande quantidade de nutrientes essenciais e fibra digestível de baixo custo (GUO *et al.*,2022).

Sendo este boa opção para ensilar, apresentando boa produção de MS por hectare e elevado valor nutritivo. Em seu momento ideal ao corte, apresenta adequado teor de matéria seca e carboidratos solúveis, agregando ótimas condições para a conservação na forma de silagem, resultando em alimento de ótima qualidade e boa aceitação pelos animais (POSSENTI *et al.*, 2005).

Disponíveis no mercado de cultivo de plantas, com grande potencial de produção de massa verde, encontrando condições agrônômicas satisfatórias para serem produzidas em grande parte do país. Permitindo o balanceamento de dietas com níveis satisfatórios de FDN, FDA e de NDT. Podendo também ser produzida em dois períodos distintos do ano: aproveitando o período de chuvas de verão e a partir dos plantios de safrinha, com ou sem irrigação (DANTAS *et al.*, 2010).

A determinação de perdas de matéria seca e os demais componentes na ensilagem é difícil, exige metodologias específicas, e as coletas de amostras precisam ser representativas as condições do silo. As perdas de um material ensilado são calculadas a partir da constituição bromatológica, a matéria seca sendo o principal componente mensurado para calcular as perdas no processo. As perdas de energia são menores que as perdas de matéria seca, sendo o critério determinante de qualidade da silagem (MARAFON *et al.*, 2015).

O processo fermentativo da massa é um dos fatores que pode influenciar a qualidade da silagem, porque durante a ensilagem pode ocorrer a redução do valor nutritivo pela respiração, fermentação aeróbica, processos de decomposição ou perdas de efluentes. Entre os fatores que determinam boa fermentação, estão o monitoramento dos valores de pH e concentração de nitrogênio amoniacal (ROSA *et al.*, 2004).

O processo de ensilagem tem como objetivo manter o valor nutricional mais próximo possível ao material antes de ser ensilado. Após o fechamento do silo, ocorre reações bioquímicas relacionadas as características químicas e microbiológicas da planta, e as reações são endógenas que envolvem a respiração e lise celular, proteólise, degradação enzimática de oligossacarídeos aos açúcares simples, ação aeróbia de fungos, leveduras e enterobactérias, ações anaeróbias controlada por lactobacilos ou por bactérias clostrídicas, reação de Maillard e a hidrólise da hemicelulose da planta, todos esses fatores estão envolvidos nas perdas e manutenção da qualidade da silagem (MARAFON *et al.*, 2015).

Aditivos

Os aditivos naturais, como os óleos essenciais, são alternativas sem os efeitos adversos como resíduos e microrganismos resistentes. Estes aditivos podem ser usados

na forma bruta ou a partir do princípio ativo, dependendo dos mecanismos de ação e outros compostos presentes que podem atuar de forma sinérgica (WELLS., 2023).

São compostos naturais extraídos de plantas, contribuem para a conservação dos alimentos, a utilização melhora as funções antifúngicas e antibacterianas do alimento. Nos últimos anos, aumentou o interesse por óleos essenciais e seus compostos ativos, por parte de pesquisadores e indústria de nutrição animal. Esses compostos naturais vêm sendo analisados para a inclusão na alimentação de ruminantes e não ruminantes (WELLS., 2023).

A inadequada fermentação da silagem favorece o desenvolvimento de microrganismos patogênicos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus* spp., *Salmonella* e *Clostridium* spp. Como forma de solucionar essa problemática inoculantes bacterianos e aditivos químicos são utilizados por possuírem efeito benéfico na fermentação, aumentam a matéria seca, recuperam nutrientes e extensão da estabilidade aeróbica (QUEIROZ *et al.*, 2018).

Os aditivos podem beneficiar o processo fermentativo de várias formas, como inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios, como leveduras assimiladoras de lactato, evitando o crescimento de organismos anaeróbios indesejáveis, e inibindo a atividade de proteases e desaminases vegetais e microbianas. Possuem a capacidade de melhorar o fornecimento de substâncias que são fermentadas por bactérias produtoras de ácido láctico, fornecendo nutrientes para o crescimento dos microrganismos benéficos. Agindo também como produtos absorventes de umidade, otimizando a fermentação (ZANELLA *et al.*, 2023).

Aditivos em silagem são para diminuir as perdas de matéria seca e preservar os nutrientes durante ou após a fermentação, além de outros fatores, como inibir o crescimento de microrganismos aeróbio, diminuir o crescimento de organismos indesejáveis anaeróbio, fornecer ou liberar nutrientes para estimular o crescimento de microrganismos benéficos, mudar as condições de ensilagem para melhorar a fermentação, formar produtos finais benéficos que estimulam o consumo e a produtividade animal, melhorar a recuperação de nutrientes e de matéria seca (LALA *et al.*, 2010).

Utilização de óleos essenciais em animais

Os estudos com produtos naturais vêm crescendo nos últimos anos por ser fonte de novas moléculas medicinais. Os óleos essenciais podem ser extraídos de diferentes partes da planta, são misturas de hidrocarbonetos saturados e insaturados, óxidos, fenóis, álcool, ésteres, éteres e aldeídos. (DONSÍ e FERRARI, 2016; MAIA *et al.*, 2015; CASTELANI *et al.*, 2023).

Os óleos essenciais apresentam diversas atividades biológicas, tais como: Antiprotozoária, anti-inflamatória, antibacteriana, antimutagênica, antioxidante, antifúngica, anticâncer e dentre outras (RAUT e KARUPPAYIL 2014). Na medicina veterinária os estudos com óleos essenciais são explorados para o controle contra ectoparasitas e como aditivos. Podem ser utilizados de forma isolada ou agregados a compostos químicos sintéticos (LAKYAT *et al.*, 2023; DAS E CHAUDHARI, 2023).

Os compostos comuns encontrados nos óleos essenciais como o timol e vanilina demonstraram ser capazes de alterar a permeabilidade da membrana celular bacteriana, assim como efeitos na microbiota intestinal atraindo a atenção de pesquisadores, é crescente o número de bactérias multirresistentes pelo uso de antibióticos (STAMILLA *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2020).

Óleos essenciais de capim-limão, canela, orégano e laranja doce utilizados como aditivos durante a ensilagem, demonstraram melhora na estabilidade aeróbia, redução da degradação, bolores e leveduras na silagem de cevada e cana-de-açúcar. Diferentes níveis de timol, eugenol e cinamaldeído, também reduziram a proteólise e desaminação na ensilagem de azevém (JÚNIOR *et al.*, 2020).

Os óleos essenciais e extratos de espécies vegetais atuam sobre microrganismos que estão presentes no processo de silagem, como o *Cuminum cyminum* L. (estimulou a produção e crescimento de ácido láctico), *Lactobacillus plantarum* (estimulou a fermentação da silagem), *Clostridium botulinum* - *Saccharomyces cerevisiae* - *Debaryomyces hansenii* (inibiu o crescimento destas espécies) (KUNG *et al.*, 2008).

No entanto, os compostos dos OEs podem ter diversas variações na mesma espécie de planta, resultando em diferentes percentuais dos compostos, produzindo novos quimiotipos, ou seja, óleos com diferentes propriedades terapêuticas. Fatores como o solo e horário de colheita também influenciam, região de origem, métodos de extração, clima, idade da planta, diferentes partes da planta (folhas, casca, flores, raízes, sementes), e entre outros, favorecendo desta forma a ampliação das diferentes propriedades (COBELLIS *et al.*, 2016; NASCIMENTO, 2020).

Óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*)

Syzygium é um dos principais gêneros da família Myrtaceae, uma das famílias com maior número de espécies e gêneros presentes em todas as regiões do país. (GOVINDARAJAN e BENELLI, 2016; RAPOSO *et al.*, 2018; FARAG *et al.*, 2018). Este gênero é muito utilizado na medicina tradicional. Muitos extratos e óleos essenciais pertencentes a essa família são alvo de estudos relacionados ao potencial antiespasmódico, antifúngico, inseticida, antibacteriano, antitumoral, anti-inflamatório e dentre outras aplicações. Enquanto os botões florais eram utilizados para tratamento de gastrites e outros problemas intestinais (DONADO-PESTANA *et al.*, 2018; DAVARI e EZAZI., 2017).

O mecanismo de ação do eugenol sobre microrganismos atua como ferramenta importante no combate a infecções. Em bactérias, a atuação da membrana pelo eugenol causou aumento da penetração de antibióticos administrados ou outros componentes do óleo essencial. Em fungos, o eugenol tem efeito na morfologia do envelope e interfere na adesividade e na transição para a forma de hifa, impossibilitando a colonização e também causa a parada do ciclo celular (CORRÊA, 2023).

O eugenol é o principal constituinte do óleo essencial de cravo sendo amplamente utilizado como conservante, em perfumes, infecções dentárias, potencialmente letal contra ácaros e carrapatos. Formulações contendo eugenol e carvacrol inibiram o crescimento *E. coli* O157:H7, *Listeria monocitogenes* e contra cepas multirresistentes de *Salmonella* (ALIMI *et al.*, 2023; CORTÉS-ROJAS *et al.*, 2014; ZAHLI *et al.*, 2023).

Em outro estudo com óleos essenciais, a maior atividade antibacteriana testada contra 25 cepas de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas foi do cravo, orégano e tomilho. Além de apresentar diversas aplicações, o OE de cravo representa mais de 10% de concentração total na planta, sendo que nas demais espécies raramente ultrapassa 1% (DORMAN *et al.*, 2000; OMAR *et al.*, 2022).

Óleo essencial de laranja doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck)

O gênero *Citrus* L. Osbeck pertence à família Rutaceae, é a variedade mais cultivada e comercializada no mundo como planta de jardim e uma das mais importantes frutíferas comerciais. A superfície externa (colorida) da laranja é chamada de flavedo, esta região contém óleo essencial, tendo o limoneno como o composto majoritário (DONGRE *et al.*, 2023).

Citrus sinensis L. Osbeck possui muitos compostos importantes e amplamente utilizados pelos seus efeitos benéficos. Pode ser classificado como mistura de terpenos, hidrocarbonetos e compostos oxigenados, considerados quimicamente instáveis. O óleo essencial de laranja doce é composto por aproximadamente 98% de R- limoneno sendo os 2% restantes referentes a mistura de outros terpenos e aldeídos (EVERTON *et al.*, 2021).

Estudos relatam atividade antifúngica, propriedades antivirais e preventivas contra diabetes e inflamações, atividade antimicrobiana, antioxidante, antiproliferativa, antiparasitária, hipocolesterolêmica, inseticida e dentre outras (AYALA *et al.*, 2017; BARRECA *et al.*, 2014; CAMARDA *et al.*, 2007; BAGAVAN *et al.*, 2011; WU *et al.*, 2009).

Estudos relatam sobre as propriedades do OE da laranja na medicina e farmacologia humana, porém nos ruminantes os estudos são escassos. *In vitro* demonstraram que o limoneno foi eficaz na síntese de metano, apresentou melhora na digestibilidade da fibra. Testes *in vivo* em bovinos reduziu concentrações de *Fusobacterium necrophorum* (Soares *et al.*, 2023).

REFERÊNCIAS

AYALA JR, MONTERO G, CAMPBELL HE, GARCÍA C, CORONADO MA, LEÓN JA, ... & PÉREZ LJ (2017). Extraction and characterization of orange peel essential oil from Mexico and United States of America. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v. 20, n. 4, p. 897-914.

<https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1364173>

ALIMI, D., HAJRI, A., JALLOULI, S., & SEBAI, H (2023). Toxicity, repellency, and anti-cholinesterase activities of bioactive molecules from clove buds *Syzygium aromaticum* L. as an ecological alternative in the search for control *Hyalomma scupense* (Acari: Ixodidae). *Heliyon*, v. 9, n. 8, 2023.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.heliyon.2023.e18899>

ARAUJO CMC, GALEANO ESJ, JUNIOR MAO, FERNANDES T, ALVES JP, RETORE M & MACHADO LA (2023). Fermentative parameters and chemical composition of mixed silages from corn-crotalaria intercropping. *Animal Feed Science and Technology*, v. 305, p. 115779.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115779>

BAGAVAN A, RAHUMAN AA, KAMARAJ C, KAUSHIK NK, MOHANAKRISHNAN D, & SAHAL D. (2011). Antiplasmodial activity of botanical extracts against *Plasmodium falciparum*. *Parasitology Research*, v. 108, p. 1099-1109.

<https://doi.org/10.1007/s00436-010-2151-0>

BALEHEGN M, AYANTUNDE A, AMOLE T, NJARUI D, NKOSI B D, MÜLLER F L., ... & ADESOGAN A T (2022). Forage conservation in sub-Saharan Africa: Review of experiences, challenges, and opportunities. *Agronomy Journal*, v. 114, n. 1, p. 75-99.

<https://doi.org/10.1002/agj2.20954>

BANDLA N, SÜDEKUM SKH, & GERLACH, K (2023). Role of silage volatile organic compounds in influencing forage choice behavior and intake in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, p. 115853.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115853>

BARRECA D, BELLOCCO E, LEUZZI U, & GATTUSO G (2014). First evidence of C- and O-glycosyl flavone in blood orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice and their influence on antioxidant properties. *Food Chemistry*, v. 149, p. 244-252.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.096>

CAMARDA L, DI STEFANO V, DEL BOSCO SF, & SCHILLACI D. (2007). Antiproliferative activity of Citrus juices and HPLC evaluation of their flavonoid composition. *Fitoterapia*, v. 78, n. 6, p. 426-429.

<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.02.020>

CASTELANI L, PFRIMER K, GIGLIOTI R, VAN CLEEF EHCB, SALLES MSV, & JÚNIOR LCR (2023). Effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil supplementation on the microbiological quality of raw milk of lactating dairy cows. *Research in Veterinary Science*.

<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.06.013>

COBELLIS G, TRABALZA-MARINUCCI M, & YU Z (2016). Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *Science of the Total Environment*, v. 545, p. 556-568.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.103>

CORRÊA OB, MELO AR, MARQUES CRM (2023). Análise de diferentes métodos de extração de óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). *Revista Vincci—Periódico Científico da UniSATC*, v.8, n. 2, p.261-281.

CORTÉS-ROJAS DF, DE SOUZA CRF, & OLIVEIRA WP (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, v. 4, n. 2, p. 90-96.

[https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X)

DANTAS C C O, & DE MATTOS NEGRÃO F (2010). Fenação e ensilagem de plantas forrageiras. *Pubvet*, v. 4, n. 39.

<https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2434>

DAS S & CHAUDHARI AK (2023). A review on the efficacy of essential oils and their nanoencapsulated formulations against aflatoxins contamination of major cereals with emphasis on mode of action. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, p. 102861.
<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.bcab.2023.102861>

DAVARI M, EZAZI R (2017). Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Zhumeria majdae*, *Heracleum persicum* and *Eucalyptus sp.* against some important phytopathogenic fungi. *Journal de mycologie medicale*, v. 27.4, p. 463-468.
<https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.06.001>

DE CARVALHO SOBRAL G., DE OLIVEIRA J S, SANTOS E M, DE ARAÚJO G G. L, DE SOUSA SANTOS F N, CAMPOS F S, ... & VIANA N B (2024). Optimizing silage quality in drylands: Corn stover and forage cactus mixture on nutritive value, microbial activity, and aerobic stability. *Journal of Arid Environments*, v. 220, p. 105123.
<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jaridenv.2024.105123>

DE SOUZA CHAGAS AC, DE SENA OLIVEIRA MC, GIGLIOTI R, SANTANA RCM, BIZZO HR, GAMA PE, & CHAVES FCM (2016). Efficacy of 11 Brazilian essential oils on lethality of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 7, n. 3, p. 427-432.
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.01.001>

DONADO-PESTANA CM, MOURA MHC, DE ARAUJO RL, DE LIMA SANTIAGO G, DE MORAES BARROS HR, GENOVESE MI (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current Opinion in Food Science*, v. 19, p. 42-49.
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.001>

DONGRE P, DOIFODE C, CHOUDHARY S, & SHARMA N (2023). Botanical Description, Chemical Composition, Traditional Uses and Pharmacology of *Citrus sinensis*: An Updated Review. *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*, p. 100272.
<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.prmcm.2023.100272>

DONSÌ F, FERRARI G (2016). Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food. *Journal of biotechnology*, v. 233, p. 106-120.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.07.005>

DUNIÈRE L, SINDOU J, CHAUCHEYRAS-DURAND F, CHEVALLIER I, & THÉVENOT-SERGENTET D (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, v. 182, n. 1-4, p. 1-15.

<https://doi.org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.006>

DORMAN HD, & DEANS SG (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, v. 88, n. 2, p. 308-316.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>

DOS SANTOS ML, SANTOS PM, BOOTE KJ, PEQUENO DNL, BARIONI, LG, CUADRA SV, & HOOGENBOOM G (2022). Applying the CROPGRO Perennial Forage Model for long-term estimates of Marandu palisadegrass production in livestock management scenarios in Brazil. *Field Crops Research*, v. 286, p. 108629.

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108629>

EVERTON GO, ARAÚJO RJP, SANTOS ABS, ROSA PVS, CARVALHO JÚNIOR RGO, TELES AM, GOMES PRB & MOUCHREK FILHO VE (2023). Chemical characterization, antimicrobial activity, and toxicity of the essential oils of *Pimenta dioica* L. and *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja doce). *Rev. colomb. cienc. quim. farm.* vol.49 no.3 Bogotá Sep./Dec.

<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v49n3.91253>

FARAG NF, EL-AHMADY SH, ABDELRAHMAN EH, NAUMANN A, SCHULZ H, AZZAM SM, EL-KASHOURY ESA (2018). Characterization of essential oils from Myrtaceae species using ATR-IR vibrational spectroscopy coupled to chemometrics. *Industrial Crops and Products*, v. 124, p. 870-877.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.066>

FERRARETTO LF, SHAVER RD, & LUCK, BD (2018). Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of dairy science*, v. 101, n. 5, p. 3937-3951.

<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>

GERVÁSIO JRS, DA SILVA NC, PRADOS LF, TRIVELATO MJL, DANIEL JLP, RESENDE FDD, & SIQUEIRA GR (2023). Effects of particle size and storage length on the fermentation pattern and ruminal disappearance of rehydrated corn grain silage hammer mill processed. *Animal Feed Science and Technology*, p. 115810.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115810>

GOVINDARAJAN M, E BENELLI G (2016). α -Humulene and β -elemene from *Syzygium zeylanicum* (Myrtaceae) essential oil: highly effective and eco-friendly larvicides against *Anopheles subpictus*, *Aedes albopictus*, and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology research*, v. 115.7, p. 2771-2778.

DOI 10.1007/s00436-016-5025-2

GUAMÁN SA, ALBANELL E, AJENJO O, CASALS R, ELHADI A, SALAMA AA, & CAJA G (2023). Performances and nutritional values of a new hooded barley (cv. Mochona) and a high yield triticale (cv. Titania) as hay or silage for sheep under Mediterranean conditions. *Animal Feed Science and Technology*, v. 305, p. 115784.

GUO W, GUO XJ, XU LN, SHAO LW, ZHU BC, LIU H & GAO KY (2022). Effect of whole-plant corn silage treated with lignocellulose-degrading bacteria on growth performance, rumen fermentation, and rumen microflora in sheep. *Animal*, v. 16, n. 7, p. 100576.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.animal.2022.100576>

HAN Y, CHANG X, XIANG H, FANG Y, HAO L, GU Y, ... & ZHONG R (2023). Exploring biomimetic potential of ruminant digestion strategies for lignocellulosic biomass utilization: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 188, p. 113887.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.rser.2023.113887>

HARTINGER T, GRUBER T, FLIEGEROVÁ K, TERLER G, & ZEBELI Q (2024). Mixed ensiling with by-products and silage additives significantly valorizes drought-impaired whole-crop corn. *Animal Feed Science and Technology*, v. 309, p. 115899.
<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.anifeedsci.2024.115899>

JÚNIOR RC, CAPUCHO E, GARCIA TM, DEL VALLE TA, CAMPANA M, ZILIO EM & MORAIS JP (2020). Lemongrass essential oil in sugarcane silage: Fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. *Animal Feed Science and Technology*, v. 260, p. 114371

KUNG JRL, WILLIAMS P, SCHMIDT RJ & HU W. (2008). A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows. *Journal of Dairy science*, v. 91, n. 12, p. 4793-4800.
<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1402>

KUNG JRL, SHAVER RD, GRANT RJ & SCHMIDTRJ (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 4020-4033.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

KU-VERA J, CASTELÁN-ORTEGA OA, GALINDO-MALDONADO FA, ARANGO, J, CHIRINDA N, JIMÉNEZ-OCAMPO R, ... & SOLORIO-SÁNCHEZ FJ (2020). Review: strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages. *Animal* 14 (3), s453–s463. 2020.
<https://doi.org/10.1017/S1751731120001780>

LAKYAT A, PUMNUAN J, DOUNGNAPA T, PHUTPHAT S, KRAMCHOTE S, THIPMANEE K (2023). Nanoemulsion-Based Plant Essential Oil Formulations: In Vitro Evaluation of Pesticidal Activity against Ectoparasites in Poultry. *Poultry Science*, 103245.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103245>

LALA B, PEREIRA V V, POSSAMAI A P S, DINIZ P P, SILVA S C C, & GRANDE P A (2010). Aditivos no processo de ensilagem. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 4, n. 3, p. 175-183.

<https://doi.org/10.18011/bioeng2010v4n3p175-183>

LI P, LIAO C, YAN L, ZHANG C, CHEN L, YOU M & CHEN C. (2023) Effects of small-scale silo types and additives on silage fermentation and bacterial community of high moisture alfalfa on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Animal Feed Science and Technology*, v. 299, p. 115594.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115594>

MAIA TF, DONATO A, FRAGA ME (2015). Atividade antifúngica de óleos essenciais de plantas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 17, n. 1, p. 105-116.

https://web.archive.org/web/20190430062534id_/http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/RBPA/v17n01/v17n01a11.pdf.

MAKIZADEH H, KAZEMI-BONCHENARI M, MANSOORI-YARAHMADI H, FAKHRAEI J, KHANAKI H, DRACKLEY J K, & GHAFARI M H (2020). Corn processing and crude protein content in calf starter: Effects on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites. *Journal of dairy science*, v. 103, n. 10, p. 9037-9053.

<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18578>

MBATHA KR & BAKARE AG (2018). Browse silage as potential feed for captive wild ungulates in southern Africa: A review. *Animal Nutrition*, v. 4, n. 1, p. 1-10.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.aninu.2017.12.003>

MARAFON F, NEUMANN M, CARLETTO R, WROBEL FL, MENDES ED, SPADA CA & FARIA MV (2015). Nutritional characteristics and losses on fermentation of corn silage, harvested in different reproductive stages with different grain processing. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 2, p. 917-932.

doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n2p917

NASCIMENTO, ALEXSANDRA (2020). Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais. ObservaPICS. (33 p.). Publicação do ObservaPICS | Nº 2 - 2020 ISBN 978-65-88180-01-3

OMAR ZA, ABDULJABAR RS, SAJADI SM, MAHMUD SA, & YAHYA RO (2022). Recent progress in eco-synthesis of essential oil-based nanoparticles and their possible mechanisms. *Industrial Crops and Products*, v. 187, p. 115322.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115322>

POSSENTI RA, FERRARI JÚNIOR E, BUENO MS, BIANCHINI D, LEINZ FF & RODRIGUES CF (2005). Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. *Ciência Rural*, Santa Maria, v35, n.5, p.1185-1189.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000500031>

QUEIROZ OCM, OGUNADE IM, WEINBERG Z & ADESOGAN AT (2018). Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *Journal of dairy science*, v. 101, n. 5, p. 4132-4142.
<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.3168/jds.2017-13901>

RAPOSO JDA, FIGUEIREDO PLB, SANTANA RL, DA SILVA JUNIOR AQ, SUEMITSU C, DA SILVA R, E MAIA JGS (2018). Seasonal and circadian study of the essential oil of *Myrcia sylvatica* (G. Mey) DC., a valuable aromatic species occurring in the Lower Amazon River region. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 79, p. 21-29.
<https://doi.org/10.1016/j.bse.2018.04.017>

RAUT JS, KARUPPAYIL SM (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial crops and products*, v. 62, p. 250-264.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>

RIVAROLI DC, GUERRERO A, VALERO MV, ZAWADZKI F, EIRAS CE, DEL MAR CAMPO M, ... & DO PRADO IN (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. *Meat Science*, v. 121, p. 278-284.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.017>

ROSA JRP, SILVA JHS, RESTLE J, PASCOAL LL, BRONDANI IL, ALVES FILHO DC, & FREITAS AK (2004). Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L). *Revista Brasileira de Zootecnia*.

<https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000200005>

SARABI ST, FATTAH A, PAPI N, & MAHMOUDABAD SRE (2023). Impact of corn silage substitution for dry alfalfa on milk fatty acid profile, nitrogen utilization, plasma biochemical markers, rumen fermentation, and antioxidant capacity in Mahabadi lactating goats. *Veterinary and Animal Science*, v. 22, p. 100323.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.vas.2023.100323>

SOARES LCB, PIRES AV, JUNIOR PCGD, DOS SANTOS IJ, DE ASSIS RG, JUNIOR FP., ... & POLIZEL DM (2023). Doses of orange (*Citrus sinensis*) essential oil for Nellore steers fed with a forage-based diet. *Livestock Science*, v. 277, p. 105357.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.livsci.2023.105357>

STAMILLA A, RUSSO N, MESSINA A, SPADARO C, NATALELLO A, CAGGIA C & LANZA, M (2020). Effects of microencapsulated blend of organic acids and essential oils as a feed additive on quality of chicken breast meat. *Animals*, v. 10, n. 4, p. 640.

<https://doi.org/10.3390/ani10040640>

TORRECILHAS JA, ORNAGHI MG, PASSETTI RAC, MOTTIN C, GUERRERO A, RAMOS TR., DO PRADO IN (2021). Meat quality of young bulls finished in a feedlot and supplemented with clove or cinnamon essential oils. *Meat Science*, v. 174, p. 108412.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108412>

VELJKOVIĆ VB, BIBERDŽIĆ MO, BANKOVIĆ-ILIĆ IB, DJALOVIĆ IG, TASIĆ MB, NJEŽIĆ ZB, & STAMENKOVIĆ OS (2018). Biodiesel production from corn oil: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 91, p. 531-548.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.024>

Wells C W (2023). Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: A comprehensive review. *Animal Nutrition*.

<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.05.017>

WU Z, LUO Y, BAO J, LUO Y, & YU Z (2020). Additives affect the distribution of metabolic profile, microbial communities and antibiotic resistance genes in high-moisture sweet corn kernel silage. *Bioresource Technology*, v. 315, p. 123821.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123821>

WU SC, WU SH, & CHAU CF (2009). Improvement of the hypocholesterolemic activities of two common fruit fibers by micronization processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, n. 12, p. 5610-5614.

<https://doi.org/10.1021/jf9010388>

ZAHLI R, ABRINI J, EL BAABOUA A, BELMEHDI O, EL MAADOUDI M, SOUHAIL B, ... & SENHAJI NS (2023). Synergistic action of *Thymus capitatus* or *Syzygium aromaticum* essential oils and antibiotics combinations against multi-resistant *Salmonella* strains. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, p. 102752.

<https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.bcab.2023.102752>

ZANELLA JB, ROMMEL AA, TURMINA A, COLOMBO JP, TAVARES JFM & CATTELAM J (2023). Fermentative profile of corn silages with the inclusion of chemical additives or bacterial inoculant. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 74, n. 6, p. 1143-1150.

OBJETIVOS

Geral

O objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleos essenciais de cravo-da-índia, laranja doce e mistura na silagem de milho planta inteira. Com análises de parâmetros fermentativos, bromatológico e digestibilidade *in vitro*.

Específicos

Avaliar a influência dos óleos essenciais na qualidade bromatológica da silagem (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina), a digestibilidade *in vitro*, pH, as perdas por gases, efluentes, fração carboidratos e fração proteína nos diferentes tratamentos.

CAPÍTULO I

**Artigo redigido de acordo com as normas da revista científica: Spanish Journal
of Agricultural Research**

**USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, LARANJA E
MISTURA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE MILHO**

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), laranja doce (*Citrus X sinensis*) e mistura de óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce (*Citrus X sinensis*) e 50% de óleo de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), nas dosagens (250, 500, 750 mg/kg) nos diferentes tratamentos, e os efeitos no perfil fermentativo, bromatológico e digestibilidade *in vitro*. O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, conduzido nas dependências do laboratório de Nutrição Animal. Com coordenadas geográficas de 17°71'82'' de latitude sul e 48°14'35'' de longitude oeste, com altitude média de 748m. O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), considerando os diferentes tratamentos, contendo 5 repetições e totalizando 55 unidades experimentais. O milho utilizado foi colhido de forma manual a 15cm do solo, e em seguida triturado em ensiladeira forrageira, ensilado em minissilos experimentais de PVC e a abertura foi realizada 30 dias após a data de ensilagem. Após a abertura foram coletadas as amostras para as análises químico-bromatológicas da silagem. Para os teores de MS, PB, FDN, FDA e a DIVMS, CNF, fração A (fração proteína), PPG e a PDE não houve efeito de tratamento. Em relação ao conteúdo de MM, MO, EE, lignina, na fração carboidratosos CT, fração B2, fração C, e na fração proteína a fração B1, B2, C e Ph o efeito de tratamento foi significativo.

Palavras-chave: perfil fermentativo, digestibilidade *in vitro*, ensilagem.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of clove essential oil (*Syzygium aromaticum*), sweet orange (*Citrus* % of clove oil (*Syzygium aromaticum*), in dosages (250, 500, 750 mg/kg) in different treatments, and its effects on the fermentative, bromatological profile and *in vitro* digestibility. The experiment was carried out at the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, conducted on the premises of the Animal Nutrition laboratory. With geographic coordinates of 17°71'82'' south latitude and 48°14'35'' west longitude, with an average altitude of 748m. The experiment was established in a completely randomized design (DIC), considering the different treatments, containing 5 replications and totaling 55 experimental units. The corn used was harvested manually at 15cm from the ground, and then crushed in a forage harvester, ensiled in mini experimental PVC silos and opened 30 days after the ensiling date. After opening, samples were collected for chemical-bromatological analysis of the silage. For the contents of DM, CP, NDF, FDA and DIVMS, CNF, fraction A (protein fraction), PPG and PDE there was no treatment effect. In relation to the content of MM, MO, EE, lignin, in the carbohydrate fraction the CT, fraction B2, fraction C, and in the protein fraction the fraction B1, B2, C and Ph, there were the treatment effect.

Keywords: fermentation profile, *in vitro* digestibility, ensiling.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é amplamente utilizado na alimentação de ruminantes, a silagem de milho é excelente estratégia para os períodos de escassez de forragem nos períodos secos (Sharma *et al.*, 2023). Devido as características é a forrageira mais utilizada para a produção de silagem, com teor de matéria seca de 30 a 35% na ensilagem, mais de 3% de carboidratos solúveis e apresenta baixo poder tampão (Meirelles Júnior *et al.*, 2023).

Os aditivos utilizados na silagem possuem a função de melhorar a silagem, a fermentação, recuperação de nutrientes, qualidade e prazo de validade. Possuem vários aditivos avaliados com o intuito de evitar a deterioração aeróbica, melhorar a perfil fermentativo e valor nutricional da silagem (Cantoia Júnior *et al.*, 2020).

Os óleos essenciais são encontrados nos materiais vegetais, são líquidos oleosos aromáticos e possuem grande variedade antimicrobiana (Kung Júnior *et al.*, 2008). Os óleos essenciais possuem características benéficas na utilização na pecuária, como propriedades antibacterianas, antivirais e antifúngicas. Na produção bovina podem implementar com o objetivo de controlar doenças que levam as perdas econômicas. Os óleos essenciais caracterizam-se por apresentarem ação sinérgica ou antagônico no animal de acordo com a combinação (Wells, 2023).

As características do óleo de cravo são a ação antifúngica, inseticida, bacteriano seletivo e antioxidante, em alimentos como componente aromatizante e antimicrobiano (Pandey, 2024). A hipótese era que o OE de laranja causaria alteração no processo de fermentação ruminal, melhorando o aproveitamento de nutriente (Carolina *et al.* 2023). O presente estudo foi realizado para determinar os efeitos do óleo essencial de cravo-da-índia, laranja doce e mistura de óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce e 50% de óleo de cravo da-índia, nas dosagens (250, 500, 750 mg/kg).

MATERIAL E MÉTODOS

Localização geográfica e divisão de tratamentos

O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, região do sudoeste do Estado de Goiás, conduzido nas dependências do laboratório de Nutrição Animal.

com coordenadas geográficas de 17°71'82'' de latitude sul e 48°14'35'' de longitude oeste, com altitude média de 748 m.

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), considerando os onze tratamentos, contendo 5 repetições e totalizando 55 unidades experimentais. Todos os tratamentos possuem como base a silagem de milho de planta inteira picada. Os óleos essenciais utilizados foram de cravo-da-índia, laranja doce e o mix de óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce e 50% de óleo de cravo-da-índia.

Os tratamentos foram divididos em:

- T1 100% de silagem de milho de planta inteira;
- T2 silagem de milho de planta inteira e adição de inoculante comercial;
- T3 silagem de milho de planta inteira e adição de 250 mg/kg de óleo essencial de cravo-da-índia;
- T4 silagem de milho de planta inteira e adição de 500 mg/kg de óleo essencial de cravo-da-índia;
- T5 silagem de milho de planta inteira e adição de 750 mg/kg de óleo essencial de cravo-da-índia;
- T6 silagem de milho de planta inteira e adição de 250 mg/kg de óleo de laranja doce;
- T7 silagem de milho de planta inteira e adição de 500 mg/kg de óleo de laranja doce;
- T8 silagem de milho de planta inteira e adição de 750 mg/kg de óleo de laranja doce;
- T9 silagem de milho de planta inteira e adição de 250 mg/kg de mix do óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce e 50% de óleo de cravo-da-índia;
- T10 silagem de milho de planta inteira e adição de 500mg/kg de mix do óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce e 50% de óleo de cravo-da-índia;
- T11 silagem de milho de planta inteira e adição de 750 mg/kg de mix do óleo essencial constituído por 50% de óleo de laranja doce e 50% de óleo de cravo-da-índia.

Colheita, ensilagem e abertura

O milho utilizado foi colhido de forma manual a 15cm do solo, no Instituto Federal Goiano – Rio Verde – GO, e em seguida triturado em ensiladeira forrageira com partículas

finais de 10 a 30mm. A silagem de milho de planta inteira foi ensilada em minissilos experimentais de PVC com 100mm de diâmetro e 50cm de comprimento. No fundo de cada minissilo foram colocados 400g de areia fina e seca, separada do subproduto por pano tipo TNT. O conjunto (tubo + areia seca + pano) foi pesado antes da ensilagem e depois de cheios e tampados. Os mesmos foram vedados com lona dupla face e fita adesiva e armazenados em área coberta em temperatura ambiente até o momento da abertura. Os silos foram abertos aos 30 dias após a ensilagem. Posteriormente, foi retirado o peso novamente dos tubos, areia e pano. E, a perda por gases e efluentes foi realizada por diferença de peso.

Na abertura dos silos, foram coletadas amostras descartando a camada superior e inferior, dez centímetros no início e no final. Em seguida, a silagem foi homogeneizada em bandejas plásticas limpas e realizada a amostragem. Uma amostra de 500g retirada, levada a estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, posteriormente moída em moinho do tipo Willey equipado com peneira de malha de 1mm, para realizar as análises químico- bromatológicas. Também foi retirado da silagem no momento da abertura amostra para determinação do pH da silagem (AOAC, 1990).

Análises químicas-bromatológicas

As análises químico-bromatológicas da silagem, teores de matéria seca (MS) (Método 934,01; AOAC, 1990); matéria mineral (MM) (Método 924,05; AOAC, 1990); proteína bruta (PB), obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica de micro-Kjeldahl (Método 920,87; AOAC, 1990) e o fator de conversão fixo (6,25); extrato etéreo (EE), determinado por gravimetria, após extração com éter de petróleo (Método 920,85; AOAC, 1990); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) conforme metodologia descrita por (MERTENS, 2002); fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) (Método 973,18; AOAC, 1990); e lignina em ácido sulfúrico (VAN SOEST e ROBERTSON, 1985).

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi utilizada a técnica descrita por (TILLEY e TERRY, 1963), adaptada ao rúmen artificial, desenvolvido pela ANKON, usando o instrumento “Daisy incubator” da Ankon Technology (*in vitro true digestibility* – IVTO).

Os teores de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e as frações B2 e C foram determinados de acordo com (SNIFFEN *et al.*, 1992). A fração A das proteínas foi

determinada após tratamento da amostra com ácido tricloroacético (TCA) a 10%, conforme (LICITRA *et al.*, 1996). A fração B3 será obtida pela diferença entre os teores de NIDN e NIDA, enquanto a proteína verdadeira (frações B1 + B2) obtida pela diferença entre a fração A e o teor de NIDN. A fração C será considerada nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA).

A fim de verificar a existência de diferença entre o conjunto de dados, as médias dos efeitos de tratamentos foram submetidas à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância. As variáveis foram testadas para verificar a ocorrência de distribuição normal antes de proceder à análise de variância. Utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA *et al.*, 2018), avaliou o efeito de tratamento, foram analisados em delineamento inteiramente ao acaso, utilizando a função DIC realizando a análise entre todos os tratamentos, foi realizado o teste de normalidade dos resíduos com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, e teste de homogeneidade de variância utilizando o teste de Bartlett a 5% de significância, após foi realizado o teste F indicando se o tratamento apresentou ou não efeito significativo, tendo efeito sobre o tratamento foi realizado o teste de comparação de médias pelo teste de tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no programa computacional R Core Team (2020).

RESULTADOS

Na Tabela 1 consta o resultado da análise de variância referente a qualidade nutricional das silagens produzidas, a comparação de médias para as variáveis nas quais houve efeito de tratamento. Para os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca não houve efeito de tratamento. Já em relação ao conteúdo de matéria mineral, matéria orgânica, extrato etéreo e lignina, o efeito de tratamento foi significativo. Nota-se que a presença do óleo essencial de laranja na silagem aumentou os níveis de matéria mineral quando comparados com a testemunha, sem aditivo. Esse mesmo óleo essencial proporcionou o menor teor de matéria mineral, comparado as silagens com aditivo comercial e sem aditivo que proporcionaram os maiores valores desta variável. O óleo essencial de cravo e o comercial elevaram o conteúdo de extrato etéreo em relação a silagem sem aditivo. Não houve diferença entre os tratamentos com óleos essenciais e sem aditivo para os teores de lignina, e o menor valor foi obtido na silagem com o comercial.

Tabela 1. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para a qualidade nutricional da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos.

Variável	Comparação de médias					P-valor	EP
	Aditivo						
	Cravo	Laranja	MIX	CO	SA		
MS	25.50	25.60	25.90	26.00	25.60	0.2683	0.200
MM	4.83ab	5.47 ^a	4.92ab	4.42b	4.06b	0.0006*	0.215
MO	95.17ab	94.53b	95.08ab	95.58a	95.94a	0.0006*	0.215
PB	7.27	7.41	7.14	6.63	6.76	0.2846	0.287
EE	3.04a	1.50c	1.80bc	2.77ab	1.55c	8.60E-03*	0.253
FDN	74.30	74.10	76.10	73.70	75.50	0.5735	1.241
FDA	37.80	39.80	40.40	39.40	39.10	0.0921	1.818
Lignina	2.88a	3.45a	3.27a	1.44b	2.58ab	0.0026*	0.311
Digestibilidade	68.10	69.20	67.10	66.90	65.90	0.4135	1.262

* - significativo a 5%; MS – matéria seca; MM – matéria mineral (%MS); MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta (%MS); EE – extrato etéreo (%MS); FDN – fibra em detergente neutro (%MS); FDA – fibra em detergente ácido (%MS); CO – aditivo comercial; SA – sem aditivo; MIX – mistura entre cravo e laranja; EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 2 consta o resultado da análise de variância referente a fração carboidrato e a comparação de médias para as variáveis significativas. Apenas para os teores de CNF não houve efeito de tratamento, para as demais esse efeito foi significativo. Os tratamentos com OE de cravo e o MIX apresentaram os menores teores de carboidratos totais, em comparação com o tratamento controle, SA (sem aditivo). Já o OE de laranja não diferiu da silagem controle. A fração B2 não teve os valores diferentes entre os tratamentos com OE e o controle. E, para a fração C, os tratamentos com OE não diferiram da silagem SA, sendo o menor teor proporcionado pelo aditivo comercial (CO).

Tabela 2. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para a fração carboidrato da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos. Resultados em %MS.

Fração Carboidrato	Comparação de médias					P-valor	EP
	Aditivo						
	Cravo	Laranja	MIX	CO	SA		
Totais	85.4b	86.2ab	85.8b	86.7ab	88.3 ^a	0.0248*	0.541

CNF	77.30	77.40	75.90	78.90	80.00	0.0764	0.932
B2	1.50b	2.49ab	3.21ab	4.37a	3.27ab	0.0048*	0.550
C	6.92a	8.29a	7.84 ^a	3.47b	6.19ab	0.0026*	0.743

* - significativo a 5%; CNF – carboidratos não fibrosos; EP – erro padrão da média. CO - Aditivo comercial; SA – sem aditivo; EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 3 consta o resultado da análise de variância referente a fração proteína, a comparação de médias para as variáveis significativas. Apenas para a fração A não houve efeito de tratamento, para as demais esse efeito foi significativo. Com exceção da fração B3, que não está na tabela porque os valores apresentando foram próximo a zero nos tratamentos. Os tratamentos com MIX dos óleos essenciais apresentaram os menores valores da fração B1 em comparação com o tratamento controle, SA (sem aditivo). Já o OE de cravo e laranja não diferiram da silagem controle. A fração B2 teve maior valor com a adição do MIXe do OE de laranja em comparação com a silagem SA, e os demais tratamentos não diferiram do controle. E, para a fração C, os tratamentos com OE de cravo e laranja não diferiram da silagem SA, e o maior teor foi proporcionado pelo MIX dos óleos essenciais.

Tabela 3. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para a fração proteína da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos. Resultados em %MS.

Fração Proteína	Comparação de médias					P-valor	EP
	Aditivo						
	Cravo	Laranja	MIX	CO	AS		
A	4.12	3.64	3.88	2.83	4.10	0.2290	0.359
B1	2.06ab	2.35a	1.68b	2.56a	2.51a	0.0045*	0.181
B2	0.32c	0.71b	0.97a	0.38bc	0.15c	2.33E-06*	0.090
C	2.59b	2.83b	4.21a	2.07b	2.29b	0.0002*	0.351

* - significativo a 5%; EP – erro padrão da média. CO - aditivo comercial; SA – sem aditivo; EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 4 consta o resultado da análise de variância referente ao pH, perda por gases e a produção de efluentes, a comparação de médias para as variáveis significativas. Apenas para o pH houve efeito de tratamento, para as demais o efeito não foi significativo. A silagem com OE de cravo não diferiu da silagem controle, SA (sem aditivo). Já os tratamentos com OE de laranja e o MIX reduziram o pH.

Tabela 4. Análise de variância e comparação de médias considerando os efeitos de aditivo para o pH, perda por gases e a produção de efluentes da silagem de milho aditivada com diferentes aditivos.

Variável	Comparação de médias					P valor	EP
	Aditivo						
	Cravo	Laranja	MIX	CO	SA		
pH	3.52a	3.39b	3.26c	3.61a	3.58 ^a	4.80E-09*	0.028
PPG	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.6374	0.004
PDE	7.77	8.37	8.70	6.46	8.06	0.5961	0.951

* - significativo a 5%; PPG – perda por gases; PDE – produção de efluente; EP – erro padrão da média. CO - Aditivo comercial; SA – sem aditivo; EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 5 consta a comparação das doses dos OEs em relação a testemunha para as variáveis de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e pH. Para MM, foi visto anteriormente que o óleo essencial (OE) de laranja elevou os teores desta variável em relação ao controle. Porém nesta nova comparação pode-se notar que apenas as doses mais baixas (250) dos OEs, (cravo, laranja e MIX), e que a dose intermediária (500) do MIX não diferiram da silagem controle. Todas as demais doses aumentaram o teor de MM em relação a silagem sem aditivo.

Comparação das doses dos óleos essenciais

Nesta seção foram selecionadas apenas as variáveis cujo efeito dos óleos essenciais (OEs) foram estatisticamente diferentes da testemunha, sem aditivo. Na Tabela 5 consta a comparação das doses dos OEs em relação a testemunha para as variáveis de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e pH. Para MM, foi visto anteriormente que o óleo essencial (OE) de laranja elevou os teores desta variável em relação ao controle. Porém nesta nova comparação pode-se notar que apenas as doses mais baixas (250) dos OEs, (cravo, laranja e MIX), e que a dose intermediária (500) do MIX não diferiram da silagem controle. Todas as demais doses aumentaram o teor de MM em relação a silagem sem aditivo.

A MO teve os valores reduzidos com a adição do OE de laranja, como notado previamente. Já na comparação das doses apenas as doses mais baixas dos OEs de cravo e laranja, e as doses mais baixa e intermediária do MIX foram semelhantes a silagem controle. As outras doses, de ambos os OEs e do MIX, reduziram o aporte de MO em relação ao controle.

Como observado na Tabela 1, de maneira geral, o OE de cravo elevou os valores de EE. Esse aumento foi proporcionado pelas doses mais baixas e a intermediária. As demais doses, e os outros tratamentos continuaram não diferindo da silagem sem aditivo.

A respeito dos valores do pH, foi notado que o OE de laranja e o MIX, reduziram este parâmetro em relação a silagem controle. Apenas a dose mais baixa do OE de laranja não diferiu da testemunha. As demais doses e todas as doses do MIX reduziram o pH da silagem de milho.

Tabela 5. Comparação de médias entre as doses de óleo essencial com os demais tratamentos para as variáveis da composição química da silagem e pH.

Tratamento	Comparação de médias			
	MM	MO	EE	pH
Cravo/250	4.52 cde	95.48 abc	3.13 ab	3.55 a
Cravo/500	4.88 cd	95.12 bc	3.71 a	3.55 a
Cravo/750	5.10 cd	94.90 bc	2.27 abc	3.46 abc
Laranja/250	4.68 cde	95.32 ac	1.32 c	3.49 ab
Laranja/500	5.32 bc	94.68 cd	1.93 bc	3.37 cd
Laranja/750	6.40 a	93.60 e	1.25 c	3.30 cd
MIX/250	4.38 de	95.62 ab	1.44 c	3.24 d
MIX/500	4.82 cde	95.18 abc	1.60 c	3.25 d
MIX/750	6.25 ab	93.75 de	2.30 abc	3.28 d
Comercial	4.42 de	95.58 ab	2.77 abc	3.61 a
Sem aditivo	4.06 e	95.94 a	1.55 c	3.58 a
p valor	0.0003*	0.0003*	0.0006 *	0.0002*
EP	0.167	0.167	0.317	0.033

* - significativo a 5%; MS – matéria seca; MM – matéria mineral (%MS); MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta (%MS); EE – extrato etéreo (%MS); FDN – fibra em detergente neutro (%MS); FDA – fibra em detergente ácido (%MS); DIG – digestibilidade (%MS); EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma coluna foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 6 consta a comparação das doses dos OEs em relação a testemunha para a fração carboidrato. Como observado anteriormente, de maneira geral o MIX reduziu os teores de carboidratos totais da silagem e os demais OEs não diferiram da silagem controle. Porém, com a comparação entre as doses, verificou-se que as doses mais baixas e a intermediária do

OE de cravo, a intermediária e a mais alta (750) do OE de laranja, e a dose mais alta do MIX reduziram os carboidratos totais da silagem em comparação ao tratamento sem aditivo.

Os teores da fração B2 não foram diferentes entre os tratamentos com OE e controle como visto na Tabela 2. Na comparação das doses, também não foram identificadas diferenças. Na fração C as silagens tratadas com OE não diferiram da silagem sem aditivo. O mesmo comportamento foi observado na comparação entre as doses.

Tabela 6. Comparação de médias entre as doses de óleo essencial com os demais tratamentos, para as variáveis da fração carboidrato. Resultados em % MS.

Tratamento	Comparação de médias		
	Fração carboidrato		
	Totais	B2	C
Cravo/250	86.00 bc	1.80 a	5.54 cd
Cravo/500	84.20 cd	0.91 a	7.28 abcd
Cravo/750	86.10 abc	1.66 a	7.94 abc
Laranja/250	87.70 ab	3.37 a	5.76 bcd
Laranja/500	85.60 bc	1.79 a	9.06 abc
Laranja/750	85.40 bc	1.43 a	10.05 a
MIX/250	87.60 ab	3.67 a	5.24 cd
MIX/500	87.10 ab	2.70 a	8.13 abc
MIX/750	83.00 d	3.11 a	9.62 ab
Comercial	86.70 ab	4.37 a	3.47 d
Sem aditivo	88.30 a	3.27 a	6.19 abcd
p valor	0.0009 *	0.0498 *	0.0005 *
EP	0.474	0.862	0.830

* - significativo a 5%; CNF – carboidratos não fibrosos; EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma coluna foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 7 consta a comparação das doses de OE em relação a testemunha para a fração proteína. Como visto na Tabela 3, o MIX reduziu os teores da fração B1. O OE de laranja e o MIX aumentaram o conteúdo da fração B2. E, o MIX elevou os valores da fração C.

Para a fração B1 não houve diferença entre as doses do MIX e a testemunha. Em relação a fração B2 as doses intermediária e alta e todas as doses do MIX elevaram os valores deste parâmetro. E, para a fração C não foi constatada diferença entre as doses do MIX e a testemunha.

Tabela 7. Comparação de médias entre as doses de óleo essencial com os demais tratamentos para as variáveis da fração proteína. Resultados em % MS.

Tratamento	Comparação de médias		
	Fração proteína		
	B1	B2	C
Cravo/250	1.96 ab	0.42 cd	3.16 ab
Cravo/500	2.19 ab	0.32 cd	1.83 b
Cravo/750	2.03 ab	0.20 cd	2.77 ab
Laranja/250	2.76 a	0.46 cd	2.98 ab
Laranja/500	1.96 ab	0.63 bc	2.26 ab
Laranja/750	2.35 ab	1.07 a	3.26 ab
MIX/250	1.68 ab	1.08 a	4.16 ab
MIX/500	1.51 b	0.91 ab	4.08 ab
MIX/750	1.84 ab	0.97 ab	4.39 a
Comercial	2.56 ab	0.39 cd	2.07 b
Sem aditivo	2.51 ab	0.15 d	2.29 ab
p valor	0.0217*	0.0001 *	0.0025*
EP	0.247	0.089	0.474

* - significativo a 5%; EP – erro padrão da média. Médias com letras diferentes na mesma coluna foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância.

DISCUSSÃO

Os teores de matéria seca dos componentes da planta variam de acordo com a interação genótipo ambiente, resultando sobre o acúmulo de matéria seca da planta inteira. O teor de MS ideal no momento da ensilagem seria 30 e 35%, para evitar perdas pela formação de efluentes e processos biológicos que produzem calor, água e gases, com o objetivo de adequada fermentação láctica para a manutenção do valor nutritivo da silagem (Rosa *et al.*, 2004). No presente trabalho, não foram verificadas perdas de líquidos na silagem em nenhum tratamento, embora o teor de MS tenha sido 25,50 a 26,00% nos diferentes aditivos. Chaves *et al.* (2012)

encontraram resultados semelhantes ao atual estudo em relação aos teores de MS. Os autores não observaram diferenças entre os tratamentos para essa variável ao adicionarem OE de laranja, orégano e de canela na silagem de cevada. Kung *et al.* (2008) também não encontraram diferenças entre as silagens de milho com e sem OE para os teores de MS. Igualmente, Silva (2021) não relatou diferença estatística pela inclusão de OE de laranja na silagem de grão de milho reidratado. Já Juniora *et al.* (2020) encontraram aumento no conteúdo de MS com a adição do OE de capim-limão na silagem de cana-de-açúcar, sendo atribuído pelos autores as menores perdas por gás e efluente.

Com relação aos valores de MO, a adição do OE de laranja à silagem de milho, reduziu os teores deste parâmetro em relação a silagem sem aditivo (SA), e, não houve diferença entre os tratamentos com OE de cravo e o MIX, em relação ao controle. Chaves *et al.* (2012) relataram que a dose mais alta do OE de laranja e a mais baixa do OE de orégano diminuíram o conteúdo de MO na silagem de cevada, porém a silagem com OE de canela não diferiu do controle. Juniora *et al.* (2020) relatou maiores valores desta variável com a inclusão de OE de capim-limão na silagem.

Os valores de MM foram aumentados com a inclusão dos óleos essenciais na silagem. Silva (2021) ao incluir OE de laranja na silagem de grão milho reidrato observou aumento do conteúdo de MM.

De acordo com Susanto *et al.* (2023) a adição de OE nas silagens causa alterações na qualidade nutricional deste alimento volumoso. Tais como aumento nos teores de PB, EE e carboidratos solúveis, além da redução nos teores da porção fibrosa do alimento, FDN, FDA e lignina.

Os resultados do atual estudo divergem da afirmação dos autores, sendo que apenas para a variável de EE foi encontrado resultado concordante com eles, em que a presença do OE de cravo elevou os teores de EE, porém o OE de laranja e a mistura entre eles não diferiram da silagem sem aditivo. Chaves *et al.* (2012) encontraram maior teor de EE na silagem de cevada com a dose mais alta de OE de orégano, porém, as outras doses e os tratamentos com OE de canela e laranja não diferiram da testemunha. A presença de OE na silagem não aumentou o teor de PB, e não reduziu os conteúdos de FDN, FDA e lignina, como sugerido pelos autores. Não houve diferença entre as silagens com OE e a silagem SA para essas variáveis.

Não houve diferença ($P=0,05$) no teor de PB entre os aditivos avaliadas, sendo que os teores de PB variaram entre 6,63 e 7,0 %. Uma silagem de boa qualidade apresenta perto de 7,1 a 8,0% de PB (Pegoraro *et al.*, 2016). Os resultados de Hodjatpanah-Montazeri *et al.* (2016) e Juniora *et al.* (2020) estão alinhados com a afirmação de Susanto *et al.* (2023) em que o uso de óleos essenciais de hortelã-pimenta e orégano e OE de capim-limão foi capaz de aumentar os teores de PB e EE na silagem de milho e de cana-de-açúcar, respectivamente, em comparação com a silagem controle. Chaves *et al.* (2012) observaram maiores teores de PB nas silagens com OE de canela e laranja, porém a silagem com OE de orégano não diferiu da testemunha. Igualmente, Silva (2021) relatou maiores valores de PB e EE na silagem de grão de milho reidratado com a adição de OE de laranja. Além disso, Foskolos *et al.* (2016) avaliaram o uso dos óleos essenciais timol, eugenol e cinamaldeído na silagem de azevém, e observaram que foram capazes de atuar como inibidores da de aminação e prevenir a proteólise, justificando a capacidade dos óleos essenciais em aumentar o teor de PB das silagens em relação as silagens sem adição.

O teor de FDN é indicativo da quantidade total de fibra do volumoso, diretamente relacionada ao consumo pelos animais. Teores ótimos de FDN estão entre 38 e 45%, os valores encontrados foram 73,70 a 76,10%. A FDA representa as frações de celulose + lignina + pectina + sílica, a parte fibrosa que não é digestível. Sendo assim, quanto menor o teor de FDA maior a digestibilidade e qualidade da silagem. Seu valor ideal entre 23 a 35% (Rosa, 2004). Os valores encontrados de FDA foram 37,80 a 40,40%. Chaves *et al.* (2012) também não observaram diferença nos teores de FDN com o uso de OE de canela, orégano e laranja na silagem de cevada. Em relação ao conteúdo de FDA, foi relatado o aumento utilizando as doses mais altas de OE de canela e laranja, porém os valores encontrados no tratamento com OE de orégano não diferiram da testemunha. No atual estudo não foi observado diferença estatística para os valores desta variável. Silva (2021) igualmente notou o observado por Chaves *et al.* (2012), em que a autora relatou que não houve efeito do uso de OE de laranja na variável de FDN e os valores de FDA foram aumentados. Já Juniora *et al.* (2020) notaram que ambos os conteúdos de FDN, FDA, e também de lignina foram reduzidos pela adição do OE de capim-limão na silagem de cana, estando de acordo com o relatado por Susanto *et al.* (2023).

Em relação aos teores de lignina, Silva (2021) encontrou resultados semelhantes ao atual estudo. A autora relatou que este parâmetro não teve os valores alterados pela adição do OE

de laranja na silagem. No presente estudo também não houve diferença entre as silagens tratadas com OE e SA.

O limoneno é o principal componente do óleo essencial de laranja, sendo relatado que poderia aumentar a digestibilidade da matéria seca (Rofiq e Gorgulu, 2014). No atual estudo os valores de digestibilidade *in vitro* da MS não foram alterados por nenhum dos tratamentos. Rofiq e Gorgulu (2014) relataram aumento na digestibilidade *in vitro* da MS com a adição de OE de cravo em uma mistura de ração total, porém o OE de laranja e a mistura dos dois afetaram negativamente este parâmetro. E, Juniora *et al.* (2020) observaram aumento na digestibilidade *in vitro* da MS da silagem de cana-de-açúcar com a adição de OE de capim- limão.

Com os resultados acima descritos e os achados no atual estudo, fica claro que nem sempre a adição de OE em silagens aumentará os resultados de PB, EE, ou reduzirá a porção fibrosa deste volumoso, como relatado por Susanto *et al.* (2023). Os efeitos podem variar de acordo com o tipo e dose de OE e o material ensilado. E, de acordo com Susanto *et al.* (2023), o uso de óleos essenciais é mais eficaz em minimizar a influência de microrganismos deteriorantes da qualidade da silagem durante o processo fermentativo. Logo, as alterações na qualidade das silagens provocadas pelo uso dos óleos essenciais é principalmente pela ação antimicrobiana desses óleos.

A determinação e caracterização dos carboidratos são cruciais por causa da classificação das bactérias ruminais, em relação à utilização dos componentes da parede celular vegetal e do conteúdo celular. Isso desempenha papel fundamental na formulação de dietas destinadas a otimizar o crescimento microbiano ruminal e, por conseguinte, o desempenho dos animais (Alves *et al.*, 2016). Esses carboidratos desempenham papel central como principal fonte de substrato para a fermentação microbiana, resultando na produção de ácidos graxos de cadeia curta (Neumann *et al.*, 2017).

A fração B2 equivale à porção disponível da fibra. Tal fração pode ser usada com intuito de indicar a digestão ruminal e digestibilidade intestinal da fibra, e a parte que escapa do rúmen pode chegar até 20% de digestibilidade (Alves *et al.*, 2016). Já a fração C representa a porção indigestível dos carboidratos. E, juntamente com a fração B2, pela baixa degradabilidade, podem interferir no consumo de animais ruminantes através do enchimento ruminal, resultando em menor desempenho animal (Mertens, 1987).

A fração B1 da proteína representa peptídeos e oligopeptídeos. Tal fração é reconhecida por ser considerada na totalidade como degradável no rúmen (Sniffen *et al.*, 1992). Sendo o menor teor dessa fração proporcionado pelo MIX, podendo reduzir a disponibilidade de fontes proteicas aos microrganismos ruminais.

A fração B2 constitui de proteína verdadeira (Viana *et al.*, 2012). Essa porção da proteína é crucial para os microrganismos do rúmen responsáveis pela fermentação dos carboidratos não fibrosos, uma vez que usam aminoácidos como fonte de energia e nitrogênio para o seu próprio metabolismo, com ótimo crescimento e desenvolvimento (Ribeiro *et al.*, 2014). O maior aporte dessa fração observado nos tratamentos com OE de laranja e no MIX, significa dizer que os microrganismos responsáveis pela digestão dos carboidratos não fibrosos, teriam maior acesso aos aminoácidos, tendo melhor crescimento e desenvolvimento.

E, a fração C é obtida a partir da determinação do nitrogênio insolúvel em detergente ácido, sendo assim, indigestível (Viana *et al.*, 2012). Ela representa a proteína associada à lignina, complexos taninoproteína e produtos provenientes da reação de Maillard, que apresentam alta resistência às enzimas microbianas e por conseguinte, indigestíveis ao longo do trato gastrintestinal (Licitra *et al.*, 1996).

O alto pH está associado à fermentação indesejável de clostrídios que leva a má qualidade da silagem e perdas fermentativas (Juniora *et al.*, 2020). Os autores relataram aumento do pH com o uso de OE de capim-limão na silagem de cana-de-açúcar, enquanto no atual estudo o OE de laranja e o MIX reduziram esta variável, em comparação com a silagem SA. Semelhantemente ao atual estudo, Ghorbani *et al.* (2016) relataram que o OE de cominho e orégano reduziram o pH da silagem de milho. Chaves *et al.* (2012) e Kung *et al.* (2008) não encontraram alterações nos valores de pH com o uso de óleos essenciais nas silagens de cevada e milho respectivamente.

É normal que ocorra de 1 a 2% de perdas por gases durante o processo de ensilagem (McDonald *et al.*, 1991). Não houve diferença entre os tratamentos para essa variável, sendo os valores encontrados situados abaixo do normal, e nem para produção de efluente. Silva (2021) relatou menores perdas por gases e efluentes com a inclusão de OE de laranja na silagem. Já Juniora *et al.* (2020) relataram menores perdas por gás e perdas totais com a inclusão de OE de capim-limão na silagem. Os autores atribuíram o fato ao aumento dos carboidratos solúveis proporcionado pela adição do OE de capim-limão.

CONCLUSÃO

As doses 500 e 750mg/kg do óleo essencial de cravo, 500 e 750mg/kg do óleo essencial de laranja e a dose de 750mg/kg do mix aumentaram o teor de MM em relação a silagem sem aditivo. A MO teve os valores reduzidos com a adição do OE de laranja. OE de cravo elevou os valores de EE. A respeito dos valores do pH, foi observado que o OE de laranja e o MIX, reduziram este parâmetro em relação a silagem controle.

Os óleos essenciais usados no presente estudo provocaram alterações na qualidade nutricional da silagem de milho. Indicando que os efeitos causados por eles dependem muito do óleo usado, da dose utilizada e do material ensilado. Sendo assim, mais estudos são necessários para compreender melhor os efeitos dos óleos essenciais na qualidade nutricional das silagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akinci Y and Soycan-Onenc S, 2021. The effect of cumin essential oil on the fermentation quality, aerobic stability, and in vitro digestibility of vetch-oat silages. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg*, 58 217-228.

Alves A R., Pascoal, LAF, Cambuí GB, Trajano JS, Silva C M, Gois GC, 2016. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. *PUBVET* v.10, n.7, p.568-579.

AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis*, (15th edn.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Bolsen KK, Lin C, Brent BE, Feyerherm AM, Urban JE e Aimutis WR, 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.11, p.3066-3083.

Cantoia Júnior R, Capucho E, Garcia TM, Dell Valle T., Capucho E, Garcial TM, Del valle T, Campana M, Zilo, Elissandra MC, Azevedo E B. e Morais, 2020. Lemongrass essential oil in sugarcane silage: Fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. *Animal Feed Science and Technology*. Volume 260.

Carolina LB, Pires, SAV, Dias Júnior PCG, Santos JJ, Assis, RG, Perna PJ, Henrique P, Biava JS, Ferreira EM e Polizel D.M. 2023. Doses of orange (*Citrus sinensis*) essential oil for Nellore steers fed with a forage-based diet. *Livestock Science* Volume 277, November.

Chaves, A. V.; Baah, J.; Wang, Y.; McAllistera, T. A.; Benchaarc C, 2012. Effects of cinnamon leaf, oregano and sweet orange essential oils on fermentation and aerobic stability of barley silage. *J Sci Food Agric* 92: 906–915.

Ferreira E.B, Piscitelli PCP, Cavalcanti and Nogueira DA, 2018. *ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese)*. R package version 1.2.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>

Foskolos, A., Cavini, S., Ferret, A., Calsamiglia, S., 2016. Effects of essential oil compounds addition on ryegrass silage protein degradation. *Can. J. Anim. Sci.* 96, 100–103.

Ghorbani, H.; Vakili, S. A.; Mesgaran, M. D. 2016. Effects of Oregano, Cumin and Sweet orange Essential oils on Chemical Composition and Degradability Coefficients Corn silage in in-vitro Condition. Iranian Journal of Animal Science Research, Vol. 8, No. 3, 415-427.

Hodjatpanah-Montazeri A, Mesgaran, M.D, Vakili, A, Tahmasebi A.M. 2016. Effect of essential oils of various plants as microbial modifier to alter corn silage fermentation and in vitro methane production. Iran. J. Appl. Anim. Sci. 6, 269–276.

Júniora RC, Capuchoa, E., Garciaa TM, Del Valle TA, Campanaa M, Zilio EMC, Azevedo EB, Moraisa JPG, 2020. Lemongrass essential oil in sugarcane silage: Fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. Animal Feed Science and Technology 260, 114371.

Kung JrL, Williams P., Schmidt, RJ, Hu, W, 2008. A Blend of Essential Plant Oils Used as an Additive to Alter Silage Fermentation or Used as a Feed Additive for Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci., 91:4793–4800.

Licitra G, Hernandez TM e Van Soest, PJ, 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, v.57, n.4, p.347-358.

Malafaia PAM, Valadares Filho SC, Vieira RAM, Silva JFC e Pereira JC, 1998. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. Revista Brasileira de Zootecnia, v.27, n.4, p.790-796.

McDonald P, Henderson AR, Heron SJE, 1991. The Biochemistry of Silage, 2nd ed. Chalcomb Publications, Marlow, UK.

Meirelles Júnior JR; Oliveira TS; Silva IN, Aniceto ES, Mozelli Filho E JL, Fernandes A. M, Souza Filho GA e Gressley T, 2024. Evaluation of treated shrimp shells from artisanal fishing on preservation quality of corn silage. Animal Feed Science and Technology, Volume 310, abril de 2024 , 115926.

Mertens DR, 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. Journal of Animal Science, v.64, n.5, p.1548-1558.

- Mertens DR**, 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p.1217-1240.
- Neumann M, Nornberg JL, Leão GFM, Horts EH e Figueira DN**, 2017 Chemical fractionation of carbohydrate and protein composition of corn silages fertilized with increasing doses of nitrogen. *Ciência Rural*, v.47: 05, e20160270.
- Pandey VK, Srivastava SA, Traço kk, Singh R, Dar AH, Shingh T, Farooqui A, Shaikh AM e Kovacs B**, 2024. Bioactive properties of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil nanoemulsion: A comprehensive review. *Heliyon* 10 e 22437.
- Pegoraro PL, Krahl G & Mantovani**, 2016. Composição bromatológica de silagem de milho durante o período de utilização em diferentes níveis tecnológicos. *Unoesc & Ciência - ACBS Joaçaba*, v. 7, n. 1, p. 39-46.
- R Core Team**, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ribeiro PR, Macedo GL e Silva SP**, 2014 Aspectos nutricionais da utilização da proteína pelos ruminantes. *Veterinária Notícias* v.20, n. 2, p.1-14.
- Rofiq MN, Gorgulu M**. 2014. Combination Effect of Clove and Orange Peel Oils on in Vitro Digestion of Dairy Total Mixed Ration Using ANKOM DAISYII Incubator. *Journal of Advanced Agricultural Technologies* Vol. 1, No. 1.
- Rosa JRP, Silva JHS, Restle J, Pascoal LL, Brondani IL, Alves Filho & Freitas AK**, 2004. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33 (2) <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000200005>
- Sharma J, Sharma S, Karnatam KS, Raigar OP; Lankar C, Saini DK, Kunar S, Singh .A, Kunar A, Sharma P e Kumar R**, 2023. Surveying the genomic landscape of silage- quality traits in maize (*Zea mays* L.). *The Crop Journal* 11, 1893–1901.
- Silva TN**, 2021. Uso do óleo essencial de laranja doce em silagem de grãos de milho reidratado. Monografia. 31 p. Rio Verde, Goiás.

Sniffen CJ, O'connor JD, Van Soest PJ, Fox DG e Russel JB, 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577.

Susanto I, Rahmadani M, Wiryawan KG. Jayanegara, 2023. A. A meta-analysis on the influence of essential oils on chemical composition and fermentative quality of silage. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1183 012006

Tilley JMA, Terry RA, 1963. A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society, Oxford*, v.18, n.2, p.104-111.

Van Soest, PJ.; Robertson, JB. 1985. *Analysis of forages and fibrous foods*. Ithaca: Cornell University, 202p.

Viana PT, Pires AJV, Oliveira LB, Carvalho GGP, Ribeiro LSO, Chagas DMT, Filho CSN e Carvalho AO, 2012. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.41, n.2, p.292-297.

Wells CW, 2023. Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: a comprehensive review, *Animal Nutrition Journal*.