

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Zootecnia**

DANIEL CHIARE ALVES

**ASPECTOS FERMENTATIVOS E PERDAS EM SILAGEM DE SOJA
ADITIVADA COM ÓLEOS ESSENCIAIS**

Dourados - MS

2021

DANIEL CHIARE ALVES

**ASPECTOS FERMENTATIVOS E PERDAS EM SILAGEM DE SOJA
ADITIVADA COM ÓLEOS ESSENCIAIS**

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Mábio Silvan José Da Silva

Dourados - MS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A474a Alves, Daniel Chiare
ASPECTOS FERMENTATIVOS E PERDAS EM SILAGEM DE SOJA ADITIVADA COM
ÓLEOS ESSENCIAIS [recurso eletrônico] / Daniel Chiare Alves. -- 2022.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Prof. Dr. Mábio Silvan José Da Silva.
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. carvacrol. 2. cinamaldeído. 3. efluentes. 4. estabilidade aeróbia. 5. microrganismos. I. Silva,
Prof. Dr. Mábio Silvan José Da. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

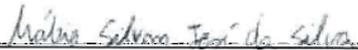
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ASPECTOS FERMENTATIVOS E PERDAS EM SILAGEM DE SOJA ADITIVADA COM ÓLEOS ESSENCIAIS

AUTOR: Daniel Chiare Alves

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mábio Silvan José Da Silva

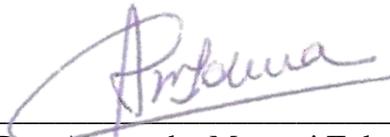
Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



Prof. Dr. Mábio Silvan José Da Silva
(Orientador)



Prof. Dr. Eduardo Lucas Terra Peixoto



Profª. Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovise

Data de realização: 29 de novembro de 2021



Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à Deus, por sempre guiar meus caminhos, por me dar forças e coragem para sempre seguir em frente.

Aos meus pais, Edimilson José Alves e Lucy Aparecida Chiare, por todo apoio durante esses muitos anos, todo o amor e orgulho que sempre tiveram por mim.

A Sofia Cáceres Chiare, por ser meu motivo e minha força para continuar e me esforçar para ser um bom pai.

Ao meu orientador, prof. Dr. Mábio Silvan José Da Silva, pelos ensinamentos, paciência e disposição, pelo apoio e disposição.

A todos os professores, por contribuírem na minha formação profissional, serem mais que educadores, e principalmente pelos conselhos e puxões de orelha ao longo da graduação.

Aos colegas de curso, principalmente a Enzo Marchetto (*in memorian*), Paulo López, Giuliano Muglia, Augusto Bevilacqua e Karine Tenório, pela ajuda nos estudos e nos experimentos, momentos de descontração e amizade.

Aos amigos que conquistei nesses anos de faculdade, Lenner Rischard, André Ventura e Weslei Diniz, pelo companheirismo, rodas de truco e tereré e amizade.

A Giuliana Cáceres, mãe da nossa filha, por todo o auxílio durante a graduação, pelo companheirismo nos anos em que estivemos juntos e dedicação com a nossa princesa.

Ao Núcleo de Estudos em Pastagens e Autonomia Forrageira (NEPAF) e aos colegas que conheci lá, por todo auxílio no decorrer do experimento.

Aos membros da banca, por aceitarem fazer parte deste momento especial e contribuírem com o trabalho.

A Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de formação em Zootecnia.

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar silagens de planta inteira de soja, aditivada com níveis crescente de óleos essenciais, quanto a contagem de microrganismos, perdas fermentativas e estabilidade aeróbia. Para isso, foram produzidos 25 minisilos, com silagens de soja aditivadas com as concentrações de 0, 1.000, 1.500 e 2.000 e 2.500 mg de óleos essenciais (blend de carvacrol - 75% e cinamaldeído - 25%) por kg^{-1} de massa de forragem verde, num delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições de cada tratamento. Após 120 dias da ensilagem, os silos foram abertos e as silagens avaliadas quanto ao perfil microbiológico, calculadas as perdas de matéria orgânica, matéria seca, gases e efluentes, bem como calculada a recuperação da matéria seca. A estabilidade aeróbia da silagem, foi avaliada através do acompanhamento dos valores de pH e temperatura. A contagem de bactérias totais foi maior no tratamento controle, e seguiu uma efeito linear negativo, de acordo com o nível de inclusão de óleo essencial nas silagens. Efeito linear negativo também foi verificada na contagem de bactérias ácido lácticas. A contagem de bactérias aeróbias aumentou com a adição de óleos essenciais a silagem. Entretanto, níveis acima de 1.500 mg kg^{-1} reduziu a contagem de fungos totais. Houve interação entre os tratamentos e o tempo de exposição da silagem, onde os níveis de inclusão de óleos essenciais mais elevados reduziram a diferença de temperatura e mantiveram a silagem mais estável no decorrer do tempo. A inclusão de 1.000 e 1.500 mg kg^{-1} ocasionou silagens com pH maior, porém, no nível de inclusão de 2.500 mg kg^{-1} os valores de pH foram os mais baixos, independentemente do tempo de exposição ao ar, além das perdas por efluentes serem menores. A inclusão de óleos essenciais em concentrações mais elevadas é capaz de reduzir a população de fungos e bactérias totais, mantém os valores de pH mais baixos e a temperatura mais estável, além de reduzir perdas por efluentes, garantindo maior qualidade da silagem.

Palavras-chave: carvacrol, cinamaldeído, efluentes, estabilidade aeróbia, microrganismos.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate whole soybean plant silages, with increasing levels of essential oils, in terms of microorganism count, fermentation losses and aerobic stability. For this, 25 minisilos were produced, with soybean silages with additives at concentrations of 0, 1,000, 1,500 and 2,000 and 2,500 mg of essential oils (blend of carvacrol - 75% and cinnamaldehyde - 25%) per kg^{-1} of mass of green forage, in a completely randomized design, with five replications of each treatment. After 120 days of ensiling, the silos were opened and the silages evaluated for microbiological profile, the losses of organic matter, dry matter, gases and effluents were calculated, as well as the dry matter recovery calculated. The aerobic stability of the silage was evaluated by monitoring the pH and temperature values. The count of total bacteria was higher in the control treatment, and followed a negative linear effect, according to the level of inclusion of essential oil in the silages. Negative linear effect was also verified in the lactic acid bacteria count. The aerobic bacteria count increased with the addition of essential oils to silage. However, levels above 1500 mg kg^{-1} reduced the total mold count. There was an interaction between treatments and silage exposure time, where higher levels of inclusion of essential oils reduced the temperature difference and kept the silage more stable over time. The inclusion of $1,000$ and $1,500 \text{ mg kg}^{-1}$ caused silages with higher pH, however, at the inclusion level of $2,500 \text{ mg kg}^{-1}$ the pH values were the lowest, regardless of the time of exposure to air, in addition to losses by effluents be smaller. The inclusion of essential oils at higher concentrations is able to reduce the population of fungi and total bacteria, maintain lower pH values and more stable temperature, in addition to reducing effluent losses, ensuring better quality of the silage.

Key Words: carvacrol, cinnamaldehyde, effluent, microorganisms, stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contagem de bactérias totais em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.	22
Figura 2. Contagem de bactérias ácido lácticas (BAL) em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.	22
Figura 3. Contagem de bactérias aeróbicas em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.	23
Figura 4. Contagem de fungos totais em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.	24
Figura 5. Diferença de temperatura (Δ) em relação ao tempo de exposição ao ar em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.	26
Figura 6. Alteração do pH em relação ao tempo de exposição ao ar em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perdas de matéria orgânica (MOp), matéria seca (PMS), recuperação da matéria seca (RMS), perdas por gases e efluentes da silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de óleos essenciais.	25
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Estacionalidade das forrageiras.....	12
2.2 Ensilagem.....	13
2.3 Características das leguminosas	14
2.4 Aditivos na silagem.....	15
2.5 Óleos essenciais como aditivos	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4. CONCLUSÃO.....	28
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma leguminosa de grande importância na alimentação animal, seja seu grão ou seus produtos (óleo de soja e farelo de soja), e até a planta inteira. A utilização da soja ensilada no Brasil é uma alternativa viável em relação a outras leguminosas, devido à necessidade nutricional e hídrica das cultivares de soja brasileiras serem bem conhecidas, e as plantas serem adaptadas as condições tropicais (GANDRA et al., 2020). Por apresentar alto teor proteico e alta concentração de minerais, reduz a necessidade de suplementação com ração e/ou sal proteinado, e tem como vantagem a larga escala de produção e possuir porte ereto, facilitando a mecanização (RIGUEIRA et al., 2015). Assim sendo, o uso da planta de soja na ensilagem apresenta características vantajosas para o pecuarista.

Porém, apresenta algumas características que não são desejáveis a produção de silagem, como alto teor de umidade quando em ponto de corte, baixo teor de carboidratos solúveis e alto poder tamponante, que comprometem a qualidade da ensilagem (DANIEL et al., 2019). Devido ao alto teor de umidade, silagens de soja tendem apresentar maior fermentação butírica, característica de microorganismos indesejados, além de apresentar maior perda por efluentes e menor aceitabilidade pelos animais (VARGAS-BELLO-PÉREZ et al. 2008; GANDRA et al., 2018; ZANINE et al., 2020).

O uso de aditivos pode melhorar essas características indesejáveis da soja, visando produzir uma silagem de melhor qualidade (VIEIRA et al, 2004). Os óleos essenciais podem ser adicionados a silagem pois apresentam comprovada atuação no controle de diversos microorganismos, podendo ter potencial de melhorar ou estabilizar as silagens com baixa capacidade fermentativa, como as de leguminosas. Para a ensilagem, os óleos essenciais com características antioxidativa, antifúngica, antibacterianas e antissépticas são os mais recomendados. Dentre eles estão o carvacrol e o cinamaldeído, oriundos do orégano e da canela, respectivamente.

O carvacrol apresenta características antibacteriana e antioxidante, e seu uso, sozinho ou em combinação com outros compostos orgânicos é eficaz na estabilidade de alimentos (KACHUR; SUNTRES, 2019). Abbaszadeh et al. (2014) demonstraram que o carvacrol também efeito no controle de fungos em alimentos. Em pesquisa com silagem de cevada, Chaves et al. (2012) verificaram que a inclusão de óleos essenciais, entre eles o carvacrol, diminuiu o crescimento de leveduras durante exposição da silagem ao ar por até 7 dias.

O cinamaldeído apresenta boas características antifúngicas. Pesquisas consideráveis comprovam que o óleo essencial de canela é capaz de inibir o crescimento de fungos, incluindo os generos *Fusarium ssp* e *Aspergillus ssp*, também reduzindo a produção de micotoxinas, incluindo aflatoxina e ocratoxina (HUA et al., 2014; XING et al., 2016). Além disso, apresenta características conservantes e anti-séptica satisfatória, podendo ser aplicada a alimentos para prevenir sua deterioração (ATARÉS; CHIRALT, 2016; GÓMEZ et al., 2018).

Soycan-Önenc et al. (2015) demonstraram que o uso de óleos essenciais como aditivo em silagem de leguminosa aumentou os teores de proteína bruta e matéria seca e reduziu a quantidade de CO₂, além de inibir a formação de mofos pós abertura da silagem. Embasado nessas informações, a hipótese do trabalho é que a adição de diferentes doses de blend de óleos essenciais na silagem de soja melhora a capacidade fermentativa, através da modulação na população de microrganismos, bem como, melhora a estabilidade aeróbia, devido a ação antifúngica dos óleos essenciais. Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar a silagem de soja, aditivada com doses crescentes de óleos essenciais, em relação a população de microrganismos, estabilidade aeróbia da silagem e perdas fermentativas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estacionalidade das forrageiras

A criação extensiva de animais ruminantes, baseada na produção a pasto, é a forma mais pratica e econômica de produção, assim, sendo este o sistema de criação predominante na pecuária brasileira (DANTAS et al., 2016; VITOR et al., 2019). Porém, o maior problema deste sistema é a susceptibilidade a estacionalidade na produção das forrageiras.

O termo estacionalidade das forragens é utilizado para distinguir a alternância de produtividade entre períodos chuvosos (primavera-verão), onde as forrageiras apresentam crescimento vigoroso, e períodos em que o crescimento é reduzido (outono-inverno) (SANTANA et al, 2014). A ocorrência da estacionalidade está relacionada às oscilações climáticas, que se tornam desfavoráveis ao desenvolvimento das forrageiras em determinadas épocas do ano, principalmente precipitação pluviométrica, temperatura e luminosidade (TEIXEIRA et al., 2011).

Regiões tropicais, como a maioria do território brasileiro, possuem épocas de seca e de chuvas bem definidas e com isso, a oferta de forragens não é constante ao longo do ano, tornando-se um grande desafio ao produtor pecuarista. Com isso, decai a produtividade e diminui a qualidade da forragem disponível ao pastejo, o que ocasiona o chamado efeito “boi-sanfona”, nos animais, onde estes ganham peso na época da chuva e parte desse peso é perdido na seca, aumentando assim a idade de abate dos animais (CARDOSO et al., 1998).

Da produção total de forragem durante o ano, cerca de 80% estão concentrados nos períodos chuvosos e com alta temperatura (aproximadamente seis meses), enquanto apenas 20% da produtividade forrageira ocorre na época da seca (ANDRADE et al., 2010; GOMES et al., 2015). Para amenizar os efeitos da sazonalidade forrageira na nutrição dos animais, algumas técnicas têm sido utilizadas, que são capazes de atender as exigências nutricionais dos animais, aumentando a produtividade (MADZONGA; MOGOTSI, 2014).

A ensilagem e a fenação são as estratégias mais utilizadas, que possibilitam compensar a queda na produtividade forrageira na estação seca (RIGUEIRA et al., 2017). Além disso, a utilização de resíduos e subprodutos da agroindústria, consórcio entre forrageiras tropicais, temperadas e leguminosas, suplementação a pasto e a utilização de irrigação e adubos nitrogenados também auxiliam na redução dos efeitos da estacionalidade forrageira (VITOR et al., 2009; HOFFMANN et al., 2014; SILVEIRA et al., 2015; MORAIS et al., 2016).

A não adoção de alguma dessas técnicas costuma resultar em prejuízos econômicos diretos ao produtor, em função da menor produtividade animal, altas taxas de mortalidade, baixos níveis de fecundidade e natalidade (ANDRADE-MONTEMAYOR et al., 2011) além disso, pode ocasionar a degradação das pastagens na propriedade, devido à maior pressão de pastejo imposto pelos animais durante o período de escassez de forragens.

2.2 Ensilagem

As principais formas de conservar forragens são através da fenação ou da ensilagem, alternativamente, tem-se a produção de silagem de pré-secado, que é um processo intermediário a fenação e a silagem. O principal objetivo da adoção da conservação de forrageiras é a preservação dos nutrientes da planta, podendo ser armazenada por longos períodos, de modo a suprir as exigências nutricionais dos animais durante a entressafra forrageira (McDONALD et al., 1991; DANTAS; NEGRÃO, 2010). Apesar de ainda pouco utilizadas, em proporção de território brasileiro, a adoção destas técnicas vem se destacando e ganhando adeptos entre médios e grandes pecuaristas, pois atende à demanda crescente de volumosos.

A ensilagem é processo mais utilizado, pois destaca-se pela simplicidade e praticidade, podendo ser produzida em grande e pequena escala, sendo também viável para o pequeno produtor (FERNANDES et al., 2016; WILKINSON; RINNE, 2018). Quando confeccionada com o teor adequado de matéria seca e realizada boa compactação da massa verde, pode manter as características desejáveis originais da planta, suplementando os animais no período de déficit de crescimento das pastagens (LISOWSK et al., 2020).

Alguns critérios devem ser observados com atenção, quando o método de ensilagem é escolhido como forma de conservação, a citar: escolha da espécie forrageira e suas características para ensilagem; as instalações, equipamentos e custo; e a espécie animal a que se destina (COLLINS; OWENS, 2003). Dentre as plantas forrageiras, o milho se destaca como melhor espécie para ensilagem, seguido do sorgo, por apresentarem porcentagem adequada de carboidratos fermentáveis, que favorece a fermentação láctica (SANTIN et al., 2020). No entanto, outras espécies de forragem, sejam gramíneas ou leguminosas, também podem ser ensiladas, basta se atentar aos teores de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão das forragens. Em relação as leguminosas, estas apresentam alto teor de umidade e baixo teor de carboidratos solúveis, associada a um alto poder tamponante, que impede a queda de pH da silagem, comprometendo a qualidade da ensilagem (RAMOS et al., 2020).

2.3 Características das leguminosas

O uso de leguminosas na alimentação animal apresenta características vantajosas, visto que a planta inteira apresenta alto teor de proteína bruta, além de ser amplamente cultivada em todo o território brasileiro, podendo ser utilizada como fonte de proteína, reduzindo os custos com suplementação proteica (JAHANZAD et al., 2016; NI et al., 2017).

As leguminosas podem ser fornecidas aos animais através do pastejo direto, cortadas no cocho, ou armazenadas e conservadas como feno ou silagem, porém, a suscetibilidade ao pisoteio e altas perdas de matéria seca (MS) durante a produção do feno tornam uso de leguminosas forrageiras como alimento mais desafiador (PHELAN et al., 2015; CASTRO-MONTOYA et al., 2020). As limitações de quebra e perda de folhas, comuns na fenação, são minimizadas quando as forragens são conservadas como silagem, tornando esta provavelmente a opção mais adequada para alimentar ruminantes com leguminosas tropicais (CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2017).

O processo de ensilagem de leguminosas é limitado por apresentar características fisiológicas que influenciam na qualidade da silagem. A utilização das leguminosas na ensilagem foi iniciada na década de 70, mas não obteve grande adesão, pois, verificou-se que

silagens desse tipo de planta apresentavam pH final acima do desejável e baixa concentração de ácido láctico (PEREIRA et al., 2012). O resultado obtido nessas pesquisas é explicado por este tipo de planta não apresentar características iniciais necessárias para uma boa fermentação. O teor de matéria seca inicial ideal é próximo a 35%, com carboidratos solúveis por volta de 8%, baixo poder tampão, tornando o pH final da silagem próximo a 4, favorável a proliferação de bactérias lácticas (PAZIANI et al., 2012).

Segundo Lempp (2013), além do alto poder tamponante, as leguminosas apresentam concentração de tanino elevadas, que atuam como fatores antinutricionais, sendo correlacionados negativamente à degradação ruminal de matéria seca e proteínas. Em adição, dependendo da concentração, pode ocorrer ligação do tanino com proteínas e carboidratos (VAN SOEST, 1994), logo, durante o processo de ensilagem, os substratos para as bactérias se tornam indisponíveis, reduzindo a capacidade de fermentação bacteriana e redução de pH. Abdulrahman et al. (2018), relataram que os valores de pH de silagem de gramíneas e leguminosas de boa qualidade nos trópicos variam entre 4,3-4,7.

Para auxiliar no processo de fermentação, as leguminosas podem ser ensiladas juntamente com aditivos. Esses aditivos podem ser microbiológicos (adição direta de microorganismos na silagem); aditivos nutricionais, que forneçam o carboidrato fermentável como substrato aos microorganismos e; os aditivos químicos, que atuam na redução direta do pH ou controlam o crescimento de bactérias indesejáveis (WILKINSON; MURK, 2019).

2.4 Aditivos na silagem

As bactérias ácido lácticas (BAL) são as principais espécies responsáveis pela redução do pH das silagens. O ácido láctico produzido é o principal responsável pela preservação do material ensilado (AVILA; CARVALHO, 2019; CARVALHO et al., 2020). Para garantir uma boa fermentação láctica e, conseqüentemente, uma melhor qualidade da silagem, o uso de aditivos é recomendado e vem sendo amplamente utilizado. Porém, Pereira (2016) salienta que a adição de qualquer produto na silagem não possui função de resolver problemas relativos ao manejo errôneo durante o processo, e sim melhorar a qualidade do produto final, evitando ou diminuindo perdas.

Os aditivos são utilizados principalmente quando as forrageiras não apresentam características ideais para serem ensiladas (LIMA JÚNIOR et al., 2014). A adição desses compostos melhora o processo de fermentação, reduzindo as perdas de matéria seca, fermentação indesejada (que não seja láctica) e a deterioração aeróbia após a abertura do silo, o

que melhora a qualidade higiênica e com isso aumentam o valor nutritivo e a produção animal (YITBAREK; TAMIR, 2014; OLADOSU et al., 2016).

Dentro da classe dos aditivos químicos encontram-se os ácidos orgânicos, conservantes e mais especificamente os óleos essenciais (SCHMIDT et al., 2014). O uso de óleos essenciais como aditivo em silagens ainda é pouco estudado, em comparação a outros aditivos, como inoculantes microbianos, que são amplamente estudados, testando diferentes cepas e características de fermentação (KUNG JR. et al., 2000; MUCK et al., 2010; SCHMIDT et al., 2014).

2.5 Óleos essenciais como aditivos

Óleos essenciais são compostos presentes nas plantas que garantem, na natureza, a proteção contra agentes bacterianos, virais, fúngicos, ataques de insetos e até herbívoros, ou que atraíam insetos para auxiliar na propagação de pólen e sementes, garantindo a perpetuação da espécie (LEE et al., 2003; BURT, 2004).

Os óleos essenciais são sintetizados por diferentes estruturas da planta e a composição química depende do clima, estação do ano, período de colheita e técnica de extração. São compostos complexos naturais, lipossolúveis, voláteis, caracterizado por forte odor e raramente apresentam coloração, conhecidos pela atividade bactericida e fungicida (BURT, 2004; BAKKALI et al., 2008). Ainda não se tem informações concretas sobre os mecanismos de ação dos óleos essenciais, porém, acredita-se não haver apenas um mecanismo específico, mas sim diversos efeitos que são capazes de comprometer as ações do organismo afetado, como degradação da parede celular, alteração da permeabilidade da membrana, que comprometem os componentes intracelulares (LAMBERT et al., 2001).

Alguns óleos essenciais apresentam características vantajosas na utilização como aditivo, por apresentarem características antioxidativas, antimicóticas, antiviróticas, antibacterianas, antissépticas e antiinflamatórias, como o carvacrol e o cinamaldeído (BATISTA, 2018).

O carvacrol, óleo essencial extraído do orégano, já teve seu efeito antifúngico comprovado na conservação de alimentos, principalmente em leveduras do gênero *Candida*, *Pichia* e *Saccharomyces* (PAHLOW et al., 2003). A eficácia dos óleos essenciais timol, carvacrol, eugenol e mentol como agentes alternativos no controle de fungos em alimentos foi comprovada por Abbaszadeh et al. (2014), sendo que dentre estes quatro óleos o que apresentou maior eficácia foi o carvacrol.

Já o cinamaldeído, presente na canela, apresenta efeito antimicrobiano sobre uma variedade de bactérias e também sobre fungos (RANASINGHE et al., 2013), além disso, também apresenta ação mosquicida (SAMARASEKERA et al., 2005), sendo ambas características desejáveis na ensilagem.

Ainda pouco se sabe sobre como o uso destes aditivos pode melhorar a qualidade e o perfil fermentativo da silagem. Embasado nessas informações, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleos essenciais sobre a estabilidade aeróbia de silagens de soja planta inteira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Setor de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados, MS (latitude: 22°14'16" S, longitude: 54°49'2" W e altitude de 450 m). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2013). O clima da região é do tipo Cfa, Cwa e Aw (KÖPPEN; GEIGER, 1928), com temperatura média de 21 °C, atingindo valores máximos e mínimos de 28°C e 16°C, respectivamente, umidade relativa (UR) de 70% e precipitação média anual de 1.400 mm (SCHNEIDER; SILVA, 2014).

Foram avaliadas silagens de soja (cv. TMG 7062IPRO) aditivadas ou não com diferentes concentrações de um blend de óleos essenciais - OEs (carvacrol 75% e cinamaldeído 25%). O grau de pureza dos óleos essenciais utilizados foi de 99%. Os tratamentos adotados foram inclusões de 0, 1.000, 1.500 e 2.000 e 2.500 mg kg⁻¹ de massa de forragem verde (MV), sendo que para cada uma das inclusões foi confeccionado cinco minisilos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, cinco tratamentos e cinco repetições cada.

Foi realizada análise e correção prévia do solo, bem como a adubação de modo a suprir a demanda da soja. A soja foi semeada no mês de outubro de 2019 numa área de 1.000 m² (40x25 m), e o espaçamento entre linhas adotado foi de 0,4 m. Utilizou-se densidade de plantio de 300 mil plantas por ha, semeadas com uso de uma semeadora-adubadora equipada com facão para deposição do adubo e disco duplo defasado para a distribuição das sementes.

A colheita da soja aconteceu através de colheita mecânica a 10 cm do solo, quando esta atingiu o estágio fenológico R7 (início da maturação), 95 dias pós-plantio. A forragem produzida passou por trituração em moinho, com tamanho de partículas entre 1,5 e 2 cm. A adição do blend de óleos essenciais foi realizada por processo de pulverização de acordo com os tratamentos. Após a preparação das forragens para ensilagem, foram realizadas três amostragens em cada tratamento e, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, para posteriores análises de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), utilizadas para o cálculo de perdas fermentativas.

Para a ensilagem, foram utilizados 25 silos laboratoriais de polietileno (30 cm de diâmetro x 40 cm de altura) equipado com válvula de Bunsen. Após o material pronto (soja devidamente aditivada) foi realizado o enchimento e compactação da forragem. A compactação do material picado foi realizada com bastões de ferro e/ou madeira, objetivando atingir densidade de 600 kg m³ de MV. Após a compactação da forragem, os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados em galpão fechado, sem controle das variáveis ambientais.

Após 120 dias de ensilagem do material, os silos foram pesados para determinação das perdas por gases. Então, os silos foram abertos, sendo desprezada a camada superior, e uma amostra de cada silo foi coletada para posteriores análises. As amostras de forragens no momento da ensilagem e das silagens após a abertura foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 h, e após, moídas a 1 mm, em moinho de facas tipo Willey, para determinação dos teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) segundo métodos descritos por Silva e Queiroz (2002). Estes dados foram utilizados para os cálculos de perdas.

Durante a descarga do silo, amostras de 100 g foram coletadas, entre 10 a 20 cm de altura do silo, para análise de perfil microbiológico da silagem. Dez gramas das amostras foram diluídos em solução esterilizada de cloreto de sódio (0,9%). As contagens de microrganismos foram realizadas em triplicata através de séries de diluições decimais em placas com agar De Man, Rogosa, Sharpe (MRS) para bactérias ácido lácticas (BRICEÑO; MARTÍNEZ, 1995), ágar nutriente para bactérias totais e aeróbias (48 h de incubação a 30°C), e ágar potato dextrose (120 h de incubação a 26°C) para fungos e leveduras, conforme descrito por Rabie et al. (1997). Os valores absolutos foram obtidos como unidades formadoras de colônias e, a seguir, transformados em log.

O restante da massa de silagem foi transferido para outros recipientes, devidamente higienizados, que permaneceram expostos ao ar, para determinação da estabilidade aeróbia da silagem. Esta foi determinada em função do tempo, em horas, para que as silagens expostas ao ar, alcançassem temperaturas igual ou superior a 2°C, em relação a temperatura ambiente (KUNG JR. et al., 2001).

O conjunto silo, areia, tela e tecido foram pesados para a quantificação de perdas por efluentes.

A determinação das perdas por gases foi calculada pela fórmula:

$$PG = \frac{(PSi - PSf)}{MFi - MSi} \times 100$$

Onde:

PG = perdas por gases (% da MS inicial);

PSi = peso do silo inicial (kg);

PSf = peso do silo final (kg);

MFi = massa de forragem inicial e

MSf = teor de matéria seca da forragem ensilada.

Para determinação das perdas por efluentes foi utilizada a equação proposta por Schmidt (2006):

$$E = \left(\frac{Pab - Pen}{MVfe} \right) \times 1000$$

Onde:

E = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pab = Peso do conjunto (silotarefaia+tecido+tela) na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto (silo+areia+tecido+tela) na ensilagem (kg) e;

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

Para estimar as perdas de matéria orgânica (MOp) decorrentes dos processos fermentativos, seguiu o princípio proposto por Ashbell e Weinberg (1992), com utilização da equação:

$$MOp (\%) = \left[1 - \left(\frac{CF \times MOS}{CS \times MOFF} \right) \right] \times 100$$

Em que:

MOp = porcentagem de matéria orgânica perdida;

CF = porcentagem de cinza na forragem fresca;

CS = porcentagem de cinza na silagem;

MOFF = porcentagem de matéria orgânica na forragem fresca;

MOS = porcentagem de matéria orgânica na silagem.

Para a recuperação de matéria seca (RMS), utilizou-se a equação proposta por Paziani et al. (2006):

$$RMS = \left(\frac{MFa \times MSa}{MFf \times MSf} \right) \times 100$$

Em que:

RMS: porcentagem de recuperação de matéria seca (%);

MFa: massa de forragem na abertura (kg);

MSa: teor de matéria seca da forragem na abertura (%);

MFf: massa de forragem no fechamento (kg);

MSf: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%);

A estabilidade foi avaliada durante uma semana, por meio de mensuração da temperatura das silagens e do ambiente e dos valores de pH. As temperaturas foram mensuradas duas vezes ao dia (8h00 e 17h00), com uso de termômetro digital. Os valores de pH, do extrato aquoso das silagens, foram verificados uma vez por dia (8h00), pelo método do potenciômetro (KUNG JR. et al., 1984).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade do resíduo e homogeneidade da variância pelo PROC UNIVARIATE e as médias submetidas à análise de variância pelo PROC MIXED do programa estatístico SAS, versão 9.2 (SAS, 2009). Os dados referentes a microbiologia foram submetidos a análise de regressão e todas as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As silagens sem a adição de óleos essenciais apresentaram maiores valores médios na contagem de bactérias totais (Figura 1), com efeito linear negativo, em função do nível de inclusão de óleo essencial. Esse comportamento reflete o efeito dos óleos essenciais, em especial o cinamaldeído, em controlar a população de diferentes microrganismos, incluindo as bactérias (RANASINGHE et al., 2013).

A contagem de bactérias ácido lácticas (BAL) também apresentaram comportamento similar aos das bactérias totais, com efeito linear negativo, em função dos aumentos nos níveis de óleo essencial, de modo que a menor a contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) forma observadas no tratamento com 2.500 mg kg de MV (Figura 2).

Os microrganismos envolvidos no processo da ensilagem, podem ser divididos em dois grupos: os desejáveis e os indesejáveis. Os desejáveis são os microrganismos que produzem compostos favoráveis para manutenção da qualidade da forragem durante a fermentação, dentre estes, as BAL são os principais responsáveis pela conservação ideal da silagem. Elas constituem o principal grupo que atua no processo fermentativo, e é composta, principalmente, pelos gêneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* e *Streptococcus* (PAHLOW et al., 2003). Esse grupo de bactérias realiza a metabolização de carboidratos rapidamente fermentáveis, e o resultado metabólico é a produção de ácido lático, responsável pela queda do pH da silagem e conservação do material (MACÊDO et al., 2017).

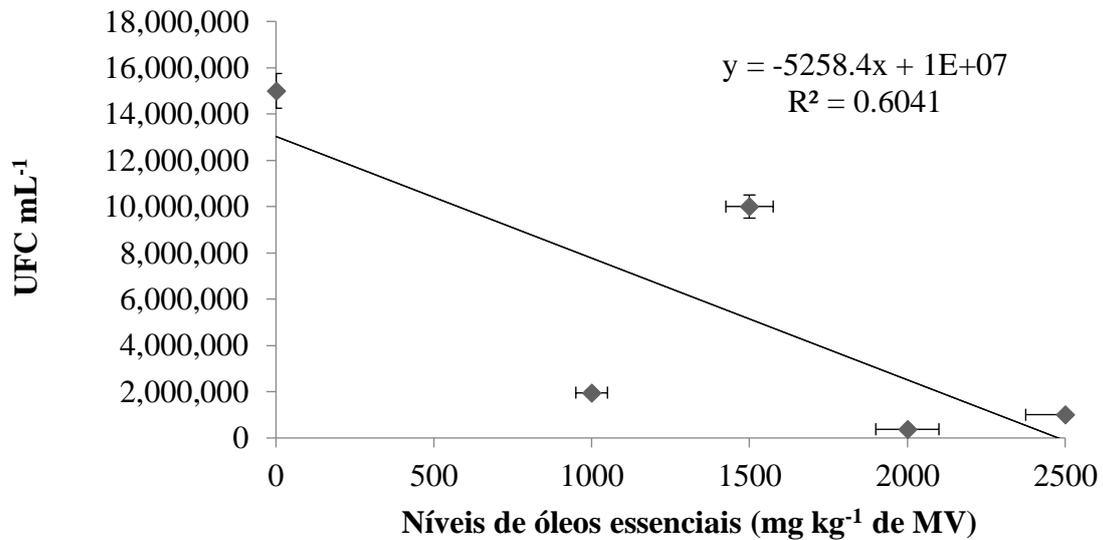


Figura 1. Contagem de bactérias totais em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.

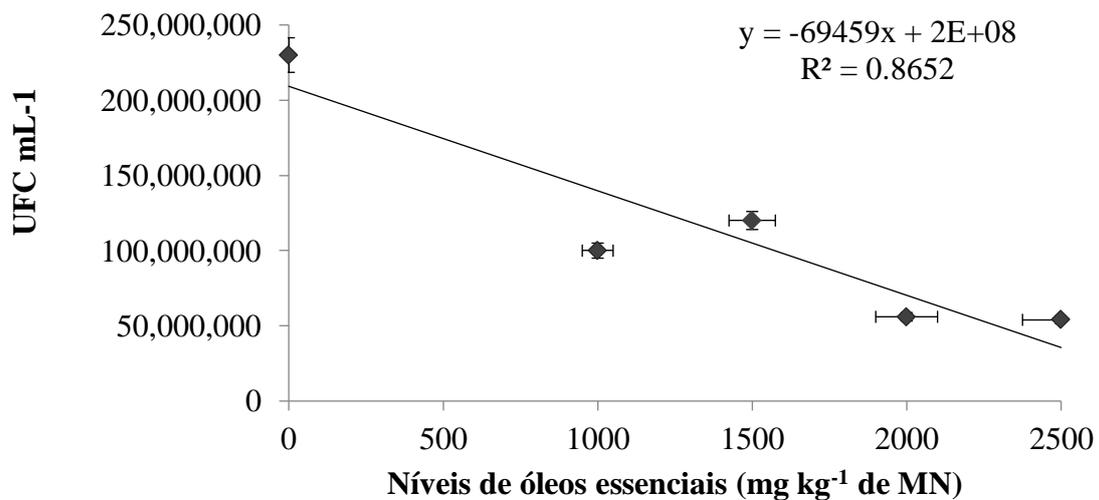


Figura 2. Contagem de bactérias ácido lácticas (BAL) em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.

A predominância de BAL homofermentativas na silagem proporciona rápido abaixamento do pH, reduzindo as perdas de matéria seca (MS) e inibindo a degradação protéica (ÁVILA et al., 2009). Porém, silagens com melhor qualidade apresentam maiores problemas de deterioração aeróbia, por terem mais substratos preservados para posterior uso dos microrganismos aeróbios facultativos, ocasionando aumento na temperatura e perdas de nutrientes das silagens (NISHINO et al., 2002).

Os microrganismos indesejáveis, portanto, competem com os outros microrganismos por substrato, metabolizando os carboidratos solúveis e produzindo substâncias que

comprometem a qualidade da silagem, como ácido acético, ácido butírico e álcool, além de degradarem proteínas (McDONALD et al., 1991). Dentre os microrganismos indesejáveis, tem-se as bactérias aeróbias.

As bactérias aeróbias são as principais responsáveis por perda de qualidade da silagem durante o armazenamento e após a abertura do silo, pois competem diretamente pela fermentação dos carboidratos solúveis no início da fermentação e, principalmente, quando o silo é aberto (MUCK, 2010). Nesse trabalho, foi possível observar que, com a adição de óleos essenciais, a contagem de bactérias aeróbias aumentou com a adição de óleos essenciais (Figura 3). Tal comportamento sugere uma maior seletividade dos óleos essenciais utilizados (blend de cinameldeído e carvacrol) na inibição das BAL, favorecendo o desenvolvimento das bactérias aeróbias, dentre as quais, pode-se também haver a presença de BAL pertencentes a grupos aeróbios e microaerófilos (LAHTINEN, 2011). De acordo com Condon (1987), citado por Muck (2010), muitas BAL podem crescer em condições aeróbias e, comumente, produzem peróxido de hidrogênio como resultado de sua atividade, podendo, este composto, inibir o crescimento de outros microrganismos, inclusive outros grupos de BAL.

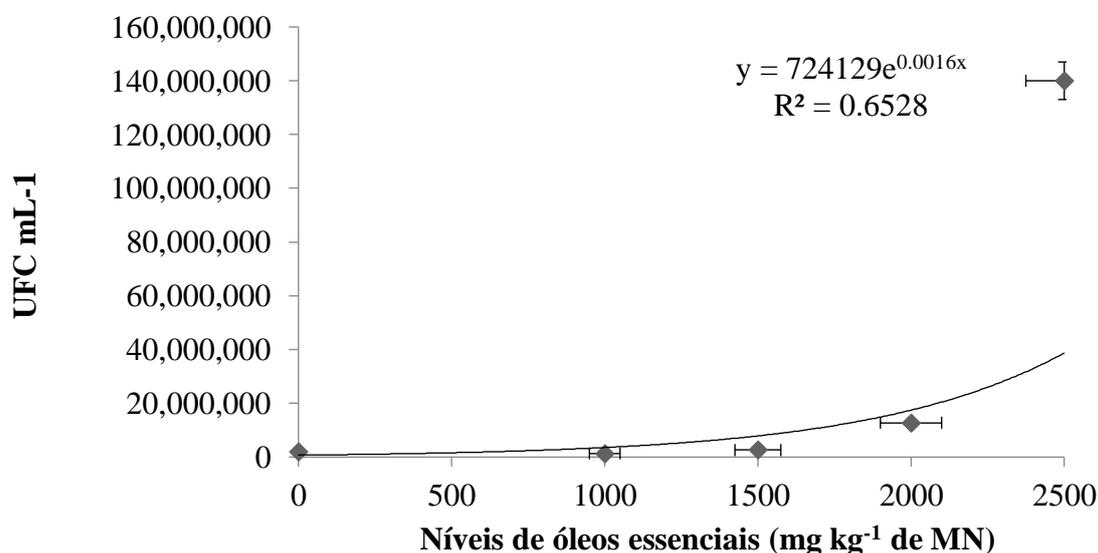


Figura 3. Contagem de bactérias aeróbicas em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.

A adição do blend de óleos essenciais, em níveis acima de 1.500 mg kg⁻¹, reduziu a contagem de fungos totais (Figura 4), o que se justifica pela forte ação no controle de desenvolvimento de fungos, já reportado para o carvacrol e cinameldeído (PAHLOW et al., 2003; RANASINGHE et al., 2013)

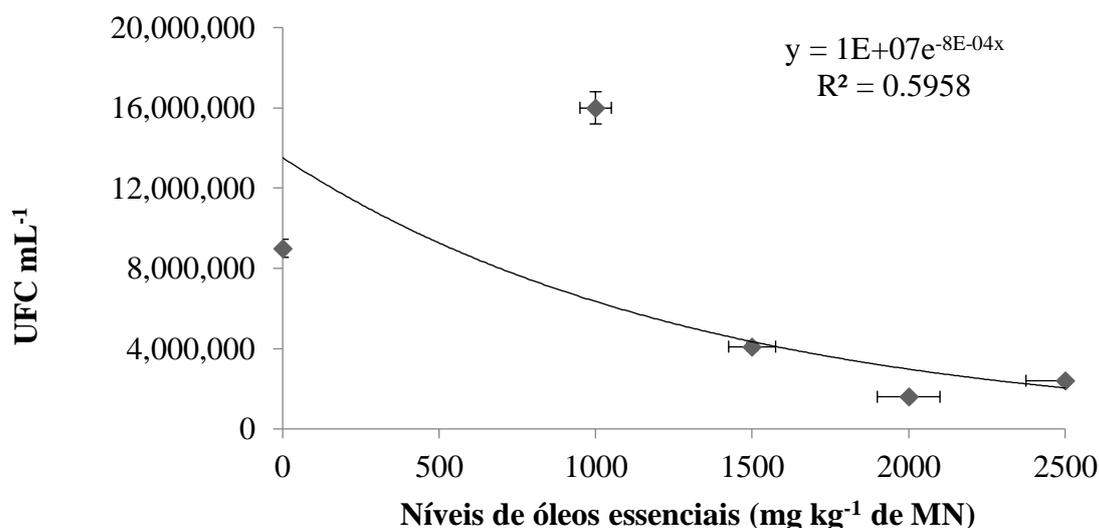


Figura 4. Contagem de fungos totais em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.

A presença de fungos na silagem não é desejável, pois podem produzir micotoxinas que comprometem a qualidade e segurança do alimento conservado, têm efeitos adversos na saúde animal e geram perdas na produção (O'BRIEN et al., 2008; DRIEHUIS, 2011). Gandra et al. (2018), relataram que a adição de inoculante bacteriano (4g/t de MV com *Lactobacillus plantarum* 4×10^{10} ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici* $2,6 \times 10^{10}$ ufc/g) na ensilagem de soja, diminui a contagem de fungos e mofos, e aumentou a degradação in vitro da MS, em relação a soja planta inteira ensilada sem aditivo.

A inclusão de blend de óleos essenciais não afetou ($p < 0,05$) as perdas de matéria orgânica, matéria seca, recuperação da matéria seca e a perda por gases (Tabela 1), apesar de apresentar uma tendência de diminuição de perda de matéria seca ($p = 0,05$) e por gases ($p = 0,06$), bem como aumento na recuperação da matéria seca ($p = 0,05$) nos tratamentos OE 2500 e OE 2000. O baixo reflexo nas perdas, com a adição de óleos essenciais, pode ser resultado da colheita do material para ensilagem no momento ideal, o que pode ter favorecido a redução das perdas mesmo no tratamento controle, não sendo observada assim diferença estatística.

Pereira (2016) observou que a adição de carvacrol a silagem de cana de açúcar reduziu os teores de perda de matéria seca em comparação ao controle. A autora associou essa redução nas perdas com a capacidade de o óleo essencial reduzir e manter estável o pH da silagem, inibindo o crescimento de leveduras. Nessa pesquisa, o pH mais baixo foi observado no tratamento OE 2500, o que também pode ser correlacionado com essa tendência de redução.

Para a variável perda por efluente, houve efeito dos tratamentos ($p=0,047$). A maior perda foi observada no tratamento OE 1500, que não diferiu estatisticamente dos tratamentos controle, OE 1000 e OE 2000 (Tabela 1). O tratamento OE 2500 apresentou menores perdas por efluente, porém, sem diferir dos tratamentos controle, OE 1000 e OE 2000. A produção de efluentes durante o processo de ensilagem é uma variável indesejada, pois carrega nutrientes da planta, como açúcares, proteínas, ácidos orgânicos, minerais, evidenciando perda de qualidade do material ensilado (McDONALD et al., 1991; PEREIRA, 2016). Júnior et al. (2020), utilizando óleo essencial de capim limão em silagem de cana de açúcar, observaram redução nas perdas por gases e efluentes, bem como melhoria na recuperação da MS.

Tabela 1. Perdas de matéria orgânica (MOp), matéria seca (PMS), recuperação da matéria seca (RMS), perdas por gases e efluentes da silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de óleos essenciais

Tratamentos	Perdas				
	MOp (%)	PMS (g kg^{-1})	RMS (g kg^{-1})	Gases (%)	Efluente (kg ton^{-1})
Controle	57,45	37,81	962,18	1,34	1,95 AB
OE1000	70,78	36,19	963,80	1,28	2,91 AB
OE1500	69,87	39,27	960,70	1,38	5,42 A
OE2000	65,79	31,16	968,83	1,09	3,58 AB
OE2500	62,99	27,78	972,21	0,95	1,20 B
EPM	12,641	6,235	6,235	0,247	2,076
Valor de P	0,4746	0,0507	0,0507	0,0623	0,0476

OE 1000: inclusão de 1000 mg de blend de óleo essencial por kg^{-1} de massa de forragem verde; OE 1500: inclusão de 1500 mg de blend de óleo essencial por kg^{-1} de massa de forragem verde; OE 2000: inclusão de 2000 mg de blend de óleo essencial por kg^{-1} de massa de forragem verde; OE 2500: inclusão de 2500 mg de blend de óleo essencial por kg^{-1} de massa de forragem verde; DP: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; MOp: Perda de matéria orgânica; PMS: Perda de matéria seca; RMS: Recuperação da matéria seca; Na coluna, médias seguidas por diferentes letras maiúsculas indicam diferença estatística para o teste de Tukey (0,05).

No presente experimento, foi possível observar a ocorrência de interação entre os tratamentos e o tempo de exposição da silagem ao ar ($p<0,0001$). Verificou-se que os tratamentos controle (sem adição de OE) e OE 1000 apresentaram menor diferença na temperatura, em relação a temperatura ambiente no primeiro horário avaliado (Figura 5), fornecendo indícios da proximidade de quebra de estabilidade aeróbia. Porém, após 24 horas de exposição ao ar, todas as silagens aumentaram sua temperatura, aproximando-se da temperatura ambiente. Após esse período, o comportamento de todos os tratamentos foi semelhante. Entretanto, pode-se observar que, independentemente do período avaliado, os diferenciais de temperatura nos tratamentos OE 2000 e OE 2500 mantiveram-se abaixo dos demais tratamentos, demonstrando uma maior estabilidade aeróbia (Figura 5). Independente

das variações de temperatura, todas as silagens apresentaram estabilidade aeróbia durante todo período de tempo avaliado (168 h), pois nenhuma ultrapassou os 2°C em relação a temperatura ambiente. Ressalta-se, no entanto, que a adição dos óleos essenciais melhorou essa estabilidade, por manter as temperaturas inferiores a silagem não aditivada.

Segundo Jobim et al. (2007) o conceito de estabilidade aeróbia da silagem nada mais é que a resistência desta à deterioração após a exposição ao ar, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após a abertura do silo. A elevação de temperatura após a abertura do silo e exposição ao ar indica o crescimento de microrganismos aeróbios, incluindo leveduras, bactérias e fungos filamentosos, que degradam os substratos produzidos durante a fermentação (ácidos orgânicos) e geram calor, resultando em perdas de matéria seca e aumenta a possibilidade de ocorrer reação de Maillard (PEREIRA, 2016). Chaves et al. (2012) observaram que, em comparação ao controle, a adição de 120 mg kg⁻¹ de um blend de óleos essenciais (eugenol, carvacrol e timol ou limoneno) foram eficientes em inibir o crescimento de leveduras na silagem de cevada durante a exposição aeróbia. Porém, em silagens de soja, planta inteira, não se tem relatos do uso de óleos essenciais para conservação.

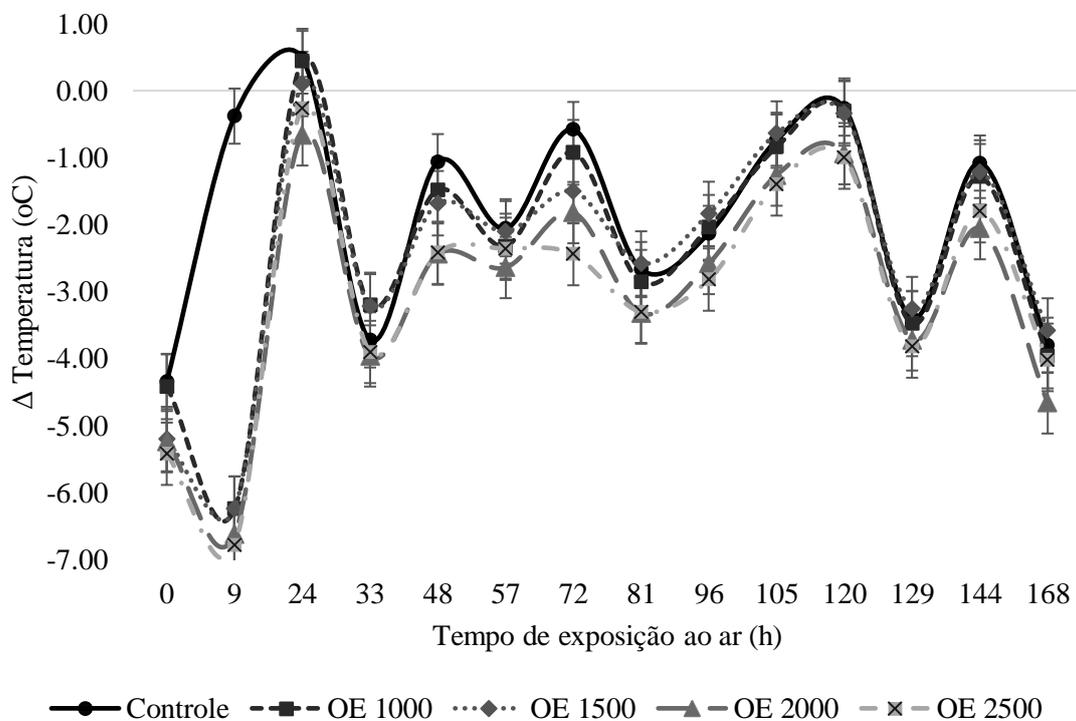


Figura 5. Diferença de temperatura (Δ) em relação ao tempo de exposição ao ar em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.

Não houve interação ($p > 0,05$) entre os tratamentos e tempos avaliados para a variável pH. No entanto, houve efeito de tratamento ($p < 0,0001$), onde o tratamento OE 2.500 apresentou o pH mais baixo, independentemente da idade avaliada (Figura 6). Os tratamentos OE 1000 e OE 1500 apresentaram o pH mais elevado em todas as idades avaliadas. O tempo de avaliação afetou ($p = 0,006$) a variável pH. Após 96 h de abertura do silo foi observado a média de pH mais elevado (5,58), não diferindo de 48 h (5,56), 24 h (5,55), 0 h (5,52) e 72 h (5,47). O pH mais baixo foi observado às 120 h (5,41) e 144 h (5,40), que não diferiram entre si. O tratamento que manteve o pH com menor oscilação durante o período avaliado foi o OE 1000, seguido do OE 1500 (Figura 6), que também foram os tratamentos com pH mais elevado observado. Observou-se também que a adição dos maiores níveis de óleos essenciais manteve os valores médios de pH mais baixo, durante todo o período de tempo avaliado, o que indica melhor estabilidade aeróbia destas silagens. Isto também corrobora com os dados observados para a diferença de temperatura.

Segundo Guim et al. (2002), a respiração dos microrganismos aeróbios pode ser considerada como um dos principais agentes que influenciam a qualidade das silagens. A quantidade de microrganismos aeróbios presentes na silagem é determinada pela presença deles na planta antes do corte, assim como do grau de desenvolvimento durante a fase aeróbia inicial (VILELA; VEIGA, 2003). A ação principal destes microrganismos consiste em degradar os ácidos orgânicos produzidos na fermentação, principalmente o ácido lático, que promove a elevação do pH quando em exposição ao ar (McDONALD et al., 1991). Guim et al. (2002) avaliando a estabilidade de silagem de capim-elefante emurchecido e tratado com inoculante microbiano observaram estabilidade de até 48h, onde não ocorreu uma variação significativa do pH. Os dados observados nesse trabalho também apresentaram uma variação de pH muito pequena entre os tratamentos, todos se mantendo entre 5 e 6, semelhantes aos observados por Gandra et al. (2018).

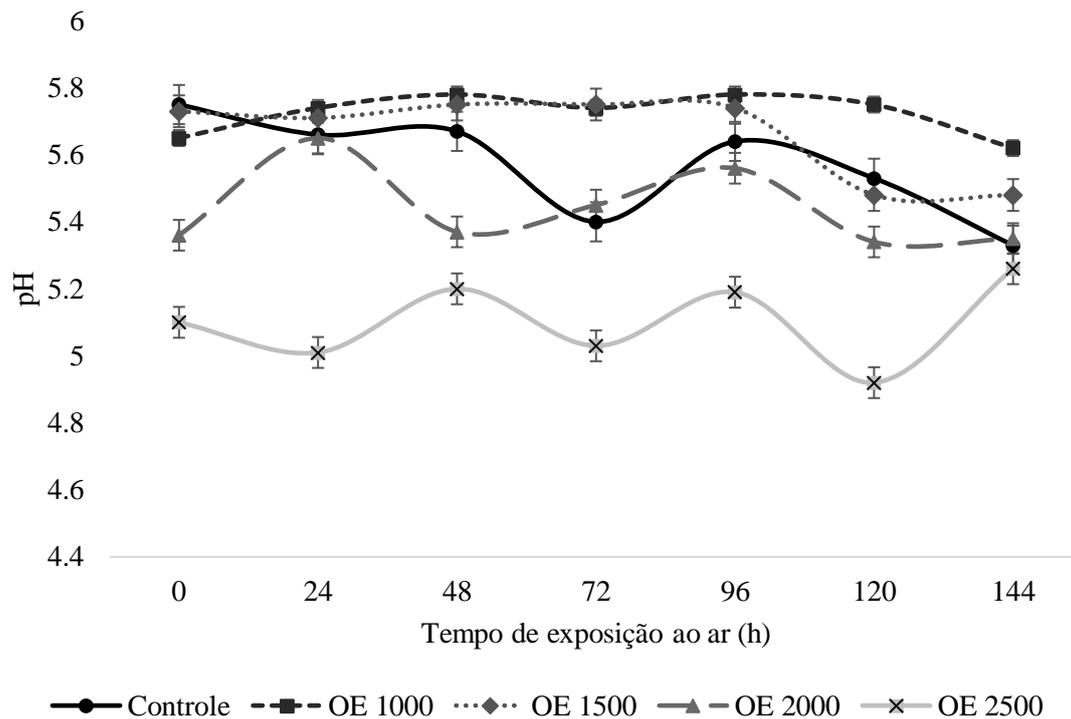


Figura 6. Alteração do pH em relação ao tempo de exposição ao ar em silagem de soja planta inteira, aditivada ou não com diferentes níveis de inclusão de blend de óleos essenciais.

4. CONCLUSÃO

A inclusão de óleos essenciais em concentrações mais elevadas (2000 e 2500 mg kg⁻¹ de massa de forragem verde) é capaz de reduzir a população de fungos e bactérias totais, além de manter, na estabilidade aeróbia, valores de pH baixos e a temperatura mais estáveis. A inclusão de 2500 mg de blend de óleos essenciais por kg de massa de forragem reduz perdas por efluentes, garantindo uma maior qualidade da silagem, além de apresentar tendência a reduzir perdas de matéria seca, perda por gases e aumentar a recuperação da matéria seca. Os resultados dessa pesquisa podem auxiliar produtores a melhorar a qualidade de silagens de leguminosas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASZADEH, S., SHARIFZADEH, A., SHOKRI, H., KHOSRAVI, A. R., ABBASZADEH, A. Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. **Journal de Mycologie Médicale/Journal of Medical Mycology**, v. 24, n. 2, p. e51-e56, 2014.

ABDURRAHAMAN, S. L., DAHIRU, M., SALISU, I. B., GUMEL, I. A., AHMAD, M. Y., MUHAMMAD, I. R. Effects of Inclusion Levels of Tropical Legumes on Ensiling Quality of Irrigated *Andropogon gayanus*. **Nigerian Journal of Applied Animal Science**, v. 1, n. 1, p. 67 – 74, 2018.

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P., Veloso, C. M. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2342-2348, 2010.

ANDRADE-MONTEMAYOR, H. M., CORDOVA-TORRES, A. V., GARCÍA-GASCA, T., KAWAS, J. R. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). **Small Ruminant Research**, v.98, v.1, p.83-92, 2011.

ASHBELL, G., WEINBERG, Z. G. Top silage losses in horizontal silos. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 34, n.2, p.171-175, 1992.

ATARÉS, L., CHIRALT, A. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. **Trends in food science & technology**, v. 48, p. 51-62, 2016.

ÁVILA, C. L. D. S., PINTO, J. C., FIGUEIREDO, H. C. P., MORAIS, A. R. D., PEREIRA, O. G., SCHWAN, R. F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 779-787, 2009.

BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Technology**. V. 46, n.2, p. 446-475, 2008.

BATISTA, E. B. **Óleos essenciais no desempenho de suínos em crescimento terminação**. 2018. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages, 2018.

BURT, S. Essential Oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. **International journal of food microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.

CARDOSO, A. G., VITTO, G., NOGUEIRA, M. P. A importância da suplementação protéica para os animais. **Revista Pecuária de Corte**, v.8, n.80, p.70-74, 1998.

CARVALHO, B. F., SALES, G. F. C., SCHWAN, R. F., ÁVILA, C. L. S. Criteria for lactic acid bacteria screening to enhance silage quality. **Journal of Applied Microbiology**, v. 130, n. 2, p. 341-355, 2021.

CASTRO-MONTOYA, J., DICKHOEFER, U. Effects of tropical legume silages on intake, digestibility and performance in large and small ruminants: A review. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 1, p. 26-39, 2018.

CHAVES, A. BAAH, J., WANG, Y., MCALLISTER, T. A., BENCHAAAR, C. Effects of cinnamon leaf, oregano and sweet orange essential oils on fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 4, p. 906-915, 2012.

COLLINS, M.; OWENS, V.N. Preservation of forage as hay and silage. In: BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; COLLINS, M.; MOORE, K.J. (Eds) **Forages: An introduction to grassland agriculture**, v.1, 6.ed., Iowa, Ames: Blackwell, 2003. p.443-471.

DANIEL, J. L. P., BERNARDES, T. F., JOBIM, C. C., SCHMIDT, P., NUSSIO, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 2, p. 188-200, 2019.

DANTAS, C. C. O., NEGRÃO, F. M. Fenação e ensilagem de plantas forrageiras. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.4, n.40, p.1-18, 2010.

DANTAS, G. F., FARIA, R. T. D., SANTOS, G. O., DALRI, A. B., PALARETTI, L. F. Produtividade e qualidade da *Brachiaria* irrigada no outono/inverno. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.3, p.469-481, 2016.

DRIEHUIS, F. Occurrence of mycotoxins in silage. IN: II International symposium on forage quality and conservation. São Paulo, 2011. **Anais...** São Paulo: II International, 2011. P.85-104.

FERNANDES, G. F., EVANGELISTA, A. F., BORGES, L. S. Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.13, n.3, p.4652-4656, 2016.

GANDRA J. R., et al. Soybean whole-plant ensiled with chitosan and lactic acid bacteria: Microorganism counts, fermentative profile, and total losses. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 9, p. 7871-7880, 2018.

GANDRA, J. R., et al. Soybean silage in dairy heifers' diets: ruminal fermentation, intake and digestibility of nutrients. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, p. 1-11, 2020.

GOMES, E. P., RICKLI, M. E., CECATO, U., VIEIRA, C. V., SAPIA, J. G., SANCHES, A. C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.317-323, 2015.

GÓMEZ, J. V., TARAZONA, A., MATEO-CASTRO, R., GIMENO-ADELANTADO, J. V., JIMÉNEZ, M., MATEO, E. M. Selected plant essential oils and their main active components, a promising approach to inhibit aflatoxigenic fungi and aflatoxin production in food. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 35, n. 8, p. 1581-1595, 2018.

GUIM, A., ANDRADE, P. D., ITURRINO-SCHOCKEN, R. P., FRANCO, G. L., RUGGIERI, A. C., MALHEIROS, E. B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurhecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2176-2185, 2002.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, n.1, p.35-56, 1993.

HOFFMANN, A., et al. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. **Nativa**, v.2, n.2, p.119-130, 2014.

HUA, H., et al. Inhibitory effect of essential oils on *Aspergillus ochraceus* growth and ochratoxin A production. **PloS one**, v. 9, n. 9, p. e108285, 2014.

JAHANZAD, E., SADEGHPOUR, A., HASHEMI, M., AFSHAR, R., HOSSEINI, M.B., BARKER, A. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. **Grass and forage science**. v. 71, n. 4, p. 584-594, 2016.

JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G., REIS, R. A., SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.

JÚNIOR, R. C., et al. Lemongrass essential oil in sugarcane silage: Fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, p. 114371, 2020.

KACHUR, K., SUNTRES, Z. The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 60, n. 18, p. 3042-3053, 2020.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KUNG JR, L., GRIEVE, D. B., THOMAS, J. W., HUBER, J. T. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 2, p. 299-306, 1984

KUNG JR., L. Aditivos microbianos e químicos para silagem: Efeitos na fermentação e resposta animal. In: **WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2.**, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.53-74.

KUNG JR., L. Silage fermentation and additives. **Science and Technology in the Feed Industry**, v. 17, p. 145-159, 2001.

LAHTINEN, S., OUWEHAND, A. C., SALMINEN, S., VON WRIGHT, A. **Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects** (4 ed.). Boca Raton, USA: CRC Press, 2011.

LAMBERT, R., SKANDAMIS, P. N., COOTE, P. J., NYCHAS, G. J. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**. v. 91, p. 453-462, 2001.

LEE, K.W., EVERTS, H., KAPPERT, H. J., FREHNER, M., LOSA, R., BEYNEN, A. C. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 44, n. 3, p. 450-457, 2003.

LEMPP, B. Anatomia de Plantas forrageiras. In: REIS, R.; BERNARDES, T. F. e SIQUEIRA, G. R. (Ed.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2013. p.26-49

LIMA JUNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; OLIVEIRA, J. P. F.; MACIEL, M. V. Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 01-11, abr - jun, 2014.

LISOWSKI, A., et al. Compaction of chopped material in a mini silo. *Biomass and Bioenergy*, v. 139, p. 105631, 2020.

MACÊDO, A. J., SANTOS, E. M., OLIVEIRA, J. S., PERAZZO, A. F. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 9, p. 1-11, 2017.

MADZONGA, Z., MOGOTSI, K. Production, harvest and conservation of *Lablab purpureus* (L.) sweet forage in semi-arid livestock regions: the case of east central Botswana. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v.24, n.4, p.1085-1090, 2014.

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2ed. Marlow: Chalcombe Publications, p. 340, 1991.

MORAIS, L. F., NEPOMUCENO, D.D., ALMEIDA, J. C. C. Tratamentos de volumosos de baixo valor nutritivo para ruminantes - uma revisão. **Acta Tecnológica**, v.11, n.1, p.1-15, 2016.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 408p.

NI, K., et al. Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. **Bioresource Technology**, v. 238, p. 706-715, 2017.

NISHINO, N., YOSHIDA, M., SHIOTA, H., SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1, 2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 94, n. 5, p. 800-807, 2003.

O'BRIEN, M., EGAN, D., O'KIELY, P., FORRISTAL, P. D., DOOHAN, F. M., FULLER, H. T. Morphological and molecular characterisation of *Penicillium roqueforti* and *P. paneum* isolated from baled grass silage. **Mycological research**, v.112(8), p.921-932, 2008.

OLADOSU, Y. et al. Fermentation quality and additives: a case of rice straw silage. **BioMed Research International**, p.1-14, 2016.

PAHLOW, G., MUCK, R. E., DRIEHUIS, F., ELFERINK, S. J. O., SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, p.31-94. 2003.

PAZIANI, S. F., JUSTO, C. L., PERES, R. M., HENRIQUE, W. Silagens de capim, cana-de-açúcar e sorgo como opções à silagem de milho. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 5, 2012.

PEREIRA, L. M. **Uso de óleos essenciais como aditivos em silagens de milho (*Zea mays*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)**. 2016. 74 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PEREIRA, O. G.; DA SILVA, T. C.; RIBEIRO, K. G. Tropical legume silages. IN: **VI Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem–VI SIMFOR**, Viçosa – MG, 2012, Anais..., p. 269-284, 2012.

RAMOS, A. F. et al. Alimentos e alimentação. Embrapa Rondônia-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2020.

RANASINGHE, P. PIGERA, S., PREMAKUMARA, G. S., GALAPPATHTHY, P., CONSTANTINE, G. R., KATULANDA, P. Medicinal properties of “true” cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2013.

RIGUEIRA, J. P. S., PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S. C., RIBEIRO, K. G., GARCIA, R., CEZÁRIO, A. S. (2015). Soybean silage in the diet for beef cattle. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 37, p. 61-65, 2015.

RIGUEIRA, J. P. S., et al. Níveis de glicerina bruta na ensilagem de capim Tifton 85 (*Cynodon dactylon*): perfil fermentativo e valor nutricional. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.3, p.655-663, 2017.

RODRIGUES, R. C. **Avaliação químico-bromatológica de alimentos produzidos em terras baixas para nutrição animal**. Pelotas: EMBRAPA, 2009. 31 p. (Documentos, 270). Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/747548/1/documento270.pdf>>

SAMARASEKERA R., KALHARI, K. S., WEERASINGHE, I. S. Mosquitocidal activity of leaf and bark essential oils of ceylon cinnamomum zeylanicum. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, n. 3, p. 301–303, 2005.

SANTANA, S.S., FONSECA, D. M. D., SANTOS, M. E. R., SOUSA, B. M. D. L., GOMES, V. M., NASCIMENTO JÚNIOR, D. D. Initial height of pasture deferred and utilized in winter and tillering dynamics of signal grass during the following spring. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.36, n.1, p.17-23, 2014.

SANTIN, T. P., et al. Características fermentativas e composição química da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) com uso de aditivos absorventes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 54931-54943, 2020.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHMIDT, P., NOVINSKI, C. O., JUNGES, D., ALMEIDA, R., DE SOUZA, C. M. Concentration of mycotoxins and chemical composition of corn silage. A farm survey using infrared thermography. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 9, p. 1-11, 2015.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SCHNEIDER, H., SILVA, C. A. O uso do modelo box plot na identificação de anos padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 27, p. 131-146, 2014.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVEIRA, L.P., SANTOS, T. M. C. Silagem de cana de açúcar acrescida com aditivos químicos e inoculante bacteriano. **Pubvet**, v.11, n.5, p.519-526, 2017.

SILVEIRA, M. F.; DIAS, A. M. O., DE MENEZES, L. F. G., MARTINELLO, C., VONZ, D., CAREGNATTO, N. E. Produção e qualidade da forragem de cornichão sobressemeado em diferentes densidades de semeadura em pastagem de estrela africana e azevém. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1801-1808, 2015.

SOYCAN-ÖNENÇ, S., KOC, F., COŞKUNTUNA, L., ÖZDÜVEN, M. L., GÜMÜŞ, T. The Effect of Oregano and Cinnamon Essential Oils on Fermentation Quality and Aerobic Stability of Field Pea Silages. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 28, n. 9, p. 1281, 2015.

TEIXEIRA, F. A., BONOMO, P., PIRES, A. J. V., SILVA, F. F. D., FRIES, D. D., HORA, D. S. D. Produção anual e qualidade de pastagem de *Brachiaria decumbens* diferida e estratégias de adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 241-248, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. 476 p.

VARGAS-BELLO-PÉREZ, E., MUSTAFA A. F., SEGUIN P. Effects of feeding forage soybean silage on milk production, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 91, n. 1, p. 229-235, 2008.

VILELA, D., VEIGA, V. M. O. A silagem e seus riscos. **Embrapa Gado de Leite- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, n. 33, p. 1-6, 2003.

VITOR, C. M. T., FONSECA, D. M., CÓSER, A. C., MARTINS, C. E., NASCIMENTO JÚNIOR, D. D., RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

WANG, C., et al. Effects of Gallic Acid on Fermentation Parameters, Protein Fraction, and Bacterial Community of Whole Plant Soybean Silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 962, 2021.

WILKINSON, J. M., MUCK, R. E. Ensiling in 2050: Some challenges and opportunities. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 2, p. 178-187, 2019.

WILKINSON, J. M., RINNE, M. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. **Grass and Forage Science**, v.73, p.40-52, 2018.

XING, Y., et al. Preservation mechanism of chitosan-based coating with cinnamon oil for fruits storage based on sensor data. **Sensors**, v. 16, n. 7, p. 1111, 2016.

YITBAREK, M. B., TAMIR, B. Silage Additives: Review. **Journal of Applied Sciences**, v.4, p.258-274, 2014.

ZANINE, A. M., et al. Fermentative profile, losses and chemical composition of silage soybean genotypes amended with sugarcane levels. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de silagem de soja como fonte de volumoso para a entressafra ainda é pouco estudada. Como muitas leguminosas, enfrenta entraves em sua produção, principalmente relacionado ao tipo de fermentação e poder de tamponamento. O uso de óleos essenciais, em concentrações elevadas, como aditivos de silagem parece promover melhoria na estabilidade aeróbica das mesmas e redução de perdas fermentativas. Porém, seu uso precisa de maior embasamento, sendo necessário trabalhos adicionais para a comprovação da sua eficácia.