



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIA AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

GIOVANI ANTONIO

**SILAGEM DE PLANTA INTEIRA DE SOJA: TEMPO DE
ARMAZENAMENTO, INOCULANTE MICROBIANO E ÁCIDOS
ORGANICOS**

**DOURADOS – MS
FEVEREIRO - 2021**

GIOVANI ANTONIO

Bacharel em Agroecologia

**SILAGEM DE PLANTA INTEIRA DE SOJA: TEMPO DE
ARMAZENAMENTO, INOCULANTE MICROBIANO E ÁCIDOS
ORGÂNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Rodrigues Gandra

Coorientador: Prof. Dr. Tiago Antonio Del Valle

**DOURADOS – MS
FEVEREIRO – 2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A635s Antonio, Giovani

Silagem de planta inteira de soja: Tempo de armazenamento, inoculante microbiano e ácidos orgânicos [recurso eletrônico] / Giovani Antonio. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Jefferson Rodrigues

Gandra. Coorientador: Tiago

Antonio Del Valle.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021. Disponível no Repositório

Institucional da UFGD em:

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.

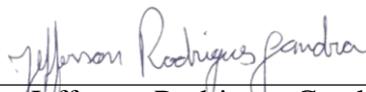
**SILAGEM DE PLANTA INTEIRA DE SOJA: TEMPO DE ARMAZENAMENTO,
INOCULANTE MICROBIANO E ÁCIDOS ORGÂNICOS**

por

GIOVANI ANTONIO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 24/02/2021



Dr. Jefferson Rodrigues Gandra
Orientador – UNIFESSPA



Dra. Mariana Campana
UFSCar



Dr. Tiago Antonio Del Valle
UNIPAMPA

BIOGRAFIA DO AUTOR

Giovani Antonio, natural do município de Miranda - MS, nascido em 6 de junho de 1994. Filho de Maurício Antonio e Luzia José, indígena da etnia Terena (Terra Indígena Cachoerinha). Concluiu o ensino médio em 2011, ingressando no curso de Bacharelado em Agroecologia pela Universidade Federal de São Carlos, *campus* Araras-SP, concluindo o curso em 2018. No ano de 2019 iniciou as atividades como aluno de mestrado regularmente matriculado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, na Universidade Federal da Grande Dourados, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

*Dedico aos meus pais,
Maurício e Luzia. A base de
tudo em minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pela vida, sempre guiando e iluminando o meu caminho. Ao meu povo Terena, minhas raízes.

A toda minha família pelo apoio e ensinamentos. Sempre serei grato pela base que me proporcionaram, me mostrando que o trabalho e honestidade nos fazem crescer. A construção começa com os alicerces firmes.

Meus pais Maurício e Luzia, por serem essa base, me ensinando as maiores virtudes e valores que um ser humano pode ter, nunca mediram esforços para ajudar. Às minhas irmãs Mari e Lu, por todo carinho, apoio e companheirismo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jefferson Rodrigues Gandra, pela confiança e oportunidade, acreditando no meu potencial, contribuindo para meu crescimento profissional e pessoal. Ao Prof. Dr. Tiago A. Del Valle, pela confiança desde a graduação, estimulando e incentivando a buscar novos conhecimentos.

Aos professores da Pós-Graduação, em especial ao Prof. Dr. Mábio Sivan e Prof. Dr. Euclides, pelo auxílio e ensinamentos repassados, sendo importante para realização desse trabalho.

A CAPES, pela bolsa concedida, e a Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realizar o mestrado.

A todas as pessoas, instituições, que fizeram e fazem parte da minha história, que eventualmente não as citei, não intencionalmente. Contribuindo de uma forma ou de outra para realização desse sonho e da minha formação como pessoa. Agradeço a Deus por fazer com que minha trajetória seguisse de forma a encontrar essas pessoas, que proporcionaram meu crescimento como ser humano e profissional. Minha eterna gratidão.

Grato a todos!

RESUMO

ANTONIO, Giovani. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados MS, novembro de 2020. **Silagem de planta inteira de soja: tempo de armazenamento, inoculação microbiana e ácidos orgânicos em silagem de soja planta inteira.** Orientador: Dr. Jefferson Rodrigues Gandra; Co-orientador: Dr. Tiago Antonio Del Valle.

Forragens conservadas na forma de silagem têm sido bastante utilizadas na alimentação animal e a qualidade desses alimentos conservados tem sido, a algum tempo, um dos principais desafios dos pecuaristas e pesquisadores. A planta inteira de soja (*Glycine max* L.), possui características que dificultam a sua ensilagem de forma exclusiva, necessitando uso de aditivos. Entretanto, o efeito de aditivos em diferentes tempos de armazenamento pode diferir sobre a qualidade da silagem. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da adição de inoculante bacteriano e ácidos orgânicos e do tempo de abertura sobre as perdas fermentativas, composição bromatológica, estabilidade aeróbia, microbiologia, perfil fermentativo e degradabilidade *in situ* da silagem de planta inteira de soja. A soja da cultivar GMX CANCHEIRO RR foi colhida no estágio R7 e foram utilizados 120 silos experimentais, com 4 tratamentos e 6 tempos de abertura (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias), compostos por balde de polietileno (30 cm de diâmetro e 30 cm de altura). Os tratamentos foram: 1- CON (sem aditivos), 2 - INO (4g / ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ cfu / g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2,6x10¹⁰ cfu / g Kera SIL grau umido, Kera Nutricao Animal, Bento Goncalves, Brazil), 3- AcF (inclusão de 2ml / kg de mistura de ácido orgânico 35- 45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formato de sódio); 4 - AcP (inclusão de mistura de ácido orgânico 2ml / kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio, 5% 1- propionato de glicerol; 15-25% de glicerol) ProMyr™ TMR. Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o PROC MIXED (versão 9.3, SAS Institute, Cary, NC). O tratamento INO, aumentou a perda por gás (%MS), a concentração de N-NH₃, porém diminuiu a contagem de fungos e mofos em relação ao tratamento CON. Nos tratamentos AcP e AcF houve redução do pH, e das concentrações de acetato, propionato e N-NH₃, em relação ao CON e INO. Ainda, os aditivos a base de ácidos orgânicos diminuíram as perdas da MS, aumentando a recuperação da MS, o teor de PB e CNF, com acréscimo da degradabilidade efetiva da MS da silagem de soja planta inteira tratada com os ácidos orgânicos. Aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento, há maiores variação de produtos da fermentação, ocorrendo também maior atividade de microrganismos deterioradores. A utilização dos aditivos AcF e AcP melhora a qualidade da silagem de planta inteira de soja, independente do tempo de armazenamento.

Palavras-chaves: *ácido fórmico, inoculante, silagem de leguminosa*

ABSTRACT

Forages conserved in the form of silage have been widely used in animal feed and the quality of these conserved foods has been, for some time, one of the main challenges for farmers and researchers. The whole soybean plant (*Glycine max* L.), has characteristics that hinder its silage exclusively, requiring the use of additives. However, the effect of additives at different storage times may differ on the quality of the silage. Thus, this study aims to evaluate the effects of the addition of bacterial inoculant and organic acids and storage time on fermentative losses, chemical composition, aerobic stability, microbiology, fermentative profile and in situ degradability of the whole soybean plant silage. The soybean cultivar GMX CANCHEIRO RR was harvested at the R7 stage and 120 experimental silos were used, with 4 treatments and 6 opening times (30, 60, 90, 120, 150 and 180 days), composed of a polyethylene bucket (30 cm in diameter and 30 cm high). The treatments were: 1- CON (without additives), 2 - INO (4g / ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ cfu / g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2.6x10¹⁰ cfu / g Kera SIL grão úmido, Kera Nutricao Animal, Bento Goncalves, Brazil) , 3- AcF (inclusion of 2ml / kg of organic acid mixture 35-45% formic acid; 15-45% propionic acid; 15-20% sodium formate); 4 - AcP (inclusion of a mixture of organic acid 2ml / kg of natural matter 50-60% propionic acid; 15-20% formic acid; 1-5% sodium propionate, 5% 1- glycerol propionate; 15 -25% glycerol) ProMyr™ TMR The data were subjected to analysis of variance using PROC MIXED (version 9.3, SAS Institute, Cary, NC). The INO treatment, increased the loss by gas (% DM), the concentration of N-NH₃, but decreased the count of fungi and molds in relation to the CON treatment. In the treatments AcP and AcF there was a reduction in pH, and in the concentrations of acetate, propionate and N-NH₃, in relation to CON and INO. In addition, organic acid-based additives decreased DM losses, increasing DM recovery, PB and CNF content, with an increase in the effective DM degradability of whole plant soybean silage treated with organic acids. At 30, 60 and 90 days of storage, there is greater variation in fermentation products, with greater activity of deteriorating microorganisms also occurring. The use of the additives AcF and AcP improves the quality of the silage of the whole soybean plant, regardless of the storage time.

Key-words: *formic acid, inoculant, legume silage*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Concentração de pH em relação ao tempo de armazenamento de acordo com os tratamentos experimentais	42
Figura 2. Concentração de N-NH ₃ em relação ao tempo de armazenamento de acordo com os tratamentos experimentais.....	43
Figura 3. Perdas totais (%MS) em função dos tratamentos ao longo do período experimental.....	44
Figura 4. Degradabilidade da MS (g/kg) nos diferentes periodos de armazenamento, de acordo com os tratamentos experimentais.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Descrição dos estádios reprodutivos da soja	21
Tabela 2. Composição química e degradabilidade efetiva da planta inteira de soja antes da ensilagem (g/kg MS, exceto quando especificado)	35
Tabela 3. Perfil microbiano da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais	39
Tabela 4. Perfil fermentativo da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.	41
Tabela 5. Perdas fermentativas de acordo com os tratamentos experimentais.....	45
Tabela 6. Composição físico-química da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.....	47
Tabela 7. Estabilidade aeróbia da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.....	49
Tabela 8. Frações A, B e C e degradabilidade efetiva da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.	51
Tabela 9. Desdobramento das Frações A, B e C e da Degradabilidade efetiva, de acordo com o tempo de abertura e dos tratamentos experimentais.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

AcF – Ácido Fórmico

AcP – Ácido Propiônico

BAL – Bactérias do ácido láctico CHO -

Carboidratos

CNF – Carboidrato não fibroso CO₂ –

Dióxido de carbono CON - Controle

EE – Extrato etéreo

EL_L – Energia líquida da lactação

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FDA – Fibra em detergente ácido FDN -

Fibra em detergente neutro

g - Gramas

INO – Inoculante bacteriano

kg – Quilogramas Mcal –

Megacalorias

MN – Matéria natural MO –

Matéria orgânica MS – Matéria

seca

NDT – Nutrientes digestíveis totais N-NH₃ –

Nitrogênio amoniacal

PB – Proteína bruta

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	14
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.1 A ensilagem.....	17
1.2 Cultura da Soja.....	20
1.3 Ensilagem da soja planta inteira.....	22
1.3 Uso de aditivos na ensilagem da soja planta inteira.....	23
2 HIPÓTESE.....	25
3 OBJETIVO.....	26
3.1 Objetivo Geral.....	26
3.2 Objetivos Específicos.....	26
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO II.....	31
1. INTRODUÇÃO.....	33
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1 Microbiologia.....	36
2.2 Perfil bioquímico.....	36
2.3 Perdas Fermentativas:.....	37
2.4 Composição físico-química.....	37
2.2 Estabilidade aeróbia.....	38
2.6 Degradabilidade in situ.....	38
2.7 Análises estatísticas.....	39
3 RESULTADOS.....	39
3.1 Microbiologia.....	39
3.2 Perfil Fermentativo.....	40
3.2 Perdas Fermentativas:.....	43
3.4 Composição físico-química.....	46
3.5 Estabilidade Aeróbia.....	48
3.2 Degradabilidade in situ:.....	50
4 DISCUSSÃO.....	54
5 CONCLUSÃO.....	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66

CAPÍTULO I
REVISÃO DE LITERATURA

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária é uma das principais atividades econômicas do Brasil, sendo praticada em todas as regiões, existindo diversidade de sistemas de produção. O manejo alimentar é um dos principais componentes para o sucesso na produção animal. A produção de ruminantes, tem a alimentação baseada na utilização de pastagens e forragens conservadas (ARCANJO et al., 2016), no qual o interesse na produção de alimentos com alto valor nutricional, assim como métodos eficientes para conservação das forragens, tem crescido para potencializar a produção animal (PEDROSO et al., 2005).

As condições edafoclimáticas no Brasil permitem uma boa produtividade de forragem para pastejo, sendo a forma mais fácil para alimentar ruminantes. Porém, a produção das forrageiras tropicais mais utilizadas para pastejo depende de maior disponibilidade de fatores abióticos (luz, temperatura e precipitação), tendo sua produção concentrada em períodos de verão, com estacionalidade em períodos de inverno (FREITAS et al., 2019). No período da entressafra, as forrageiras tropicais encontram-se em baixa produção e apresenta maior proporção de nutrientes indigestíveis. Com o baixo valor nutricional dos pastos, o desempenho produtivo dos ruminantes decresce, mesmo quando suplementados com concentrado, sendo necessário o uso de forragens conservadas para manter a qualidade nutricional e suplementar o volumoso da dieta em épocas de escassez (GURGEL, et al. 2019).

A silagem é uma alternativa de forragem conservada resultado da fermentação anaeróbia. A técnica preserva os valores nutricionais da planta usada, e proporciona perdas mínimas do valor nutricional, num processo em que basicamente carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos por ação de microrganismos, que se proliferam e criam condições para a conservação (PEREIRA; REIS, 2001). A ensilagem é bastante difundida entre os produtores, cuja as principais culturas ensiladas no Brasil são milho, sorgo e cana-de-açúcar. O milho é a cultura mais ensilada no país, se destacando pela sua qualidade nutricional, facilidade de fermentação, boa aceitação pelos animais, além de bom rendimento de matérias seca (MS) por área plantada (LANES et al., 2006).

O uso de silagem de leguminosas ainda é restrita no país, porém, elas possuem alto valor nutricional, podendo ser uma alternativa viável para elevar a qualidade do volumoso da dieta (ROSA, 2014). A soja (*Glycine max* L. Merr.), é uma planta leguminosa que pode ser utilizada na produção de silagem de qualidade, devido ao seu valor proteico e alta digestibilidade (GOBETTI et al., 2011). Contudo, ela possui baixo teor de MS e de carboidratos solúveis, necessitando de aditivo para ser ensilada, a fim de favorecer o processo fermentativo (ROSA, 2014). Em vista disso, pesquisas são importantes para a produção de silagem, dentre os quais,

destacam-se o melhoramento das plantas forrageiras, a compreensão do momento ideal de corte, estruturas de estocagem e o desenvolvimento na produção de inoculantes específicos para as culturas.

Com as pesquisas já desenvolvidas sobre ensilagem de soja é possível indicar as recomendações de cultivo, época de colheita e necessidade de aditivos para diminuir perdas da qualidade (GOBETTI et al., 2011). Entretanto, não há relatos na literatura em relação ao tempo de abertura de silos para melhorar a eficiência da ensilagem.

Assim, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da adição de inoculante bacteriano e ácidos orgânicos em silagem de soja em diferentes tempos de abertura. A hipótese é que os aditivos melhoram o perfil fermentativo, produzindo silagem de melhor qualidade. Nos diferentes períodos de abertura, os efeitos podem diferir sobre a composição físico-química, perfil fermentativo, população microbiana e degradabilidade *in situ*. Com os efeitos avaliados, pode-se definir o melhor período para poder utilizar a silagem de soja planta.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A ensilagem

Na dieta de ruminantes, os alimentos mais utilizados são os volumosos, representando de 40 a 90% da dieta para atender as exigências de fibra e também de energia (MEDEIROS et al., 2015). A silagem é um alimento volumoso, utilizado amplamente na nutrição de ruminantes, produzido por meio da ensilagem. A ensilagem é uma opção para armazenar o alimento, para ser usado durante a entressafra do pasto ou ser usado para animais em confinamento. As principais culturas utilizadas para a produção de silagem no Brasil são: milho, sorgo, gramíneas tropicais (capim-elefante e capins do gênero *Megathisus*) e cana-de-açúcar (BERNARDES; REGO, 2014).

A técnica tem sido praticada a pelo menos 1.500 a.c., com as primeiras recomendações para fazer silagem de *Cynodon* spp. publicados em 1842 (MCDONALD, et al. 1991). Na ensilagem, o mecanismo de preservação da qualidade da forragem consiste em manter o ambiente anaeróbio, sendo possível a fermentação de açúcares solúveis da planta, convertidos em ácido lático e outros ácidos orgânicos, diminuindo o pH, criando assim ambiente para inibir o crescimento de microrganismos que promovem deterioração aeróbia do material. Portanto, a conservação da forragem pela ensilagem, depende diretamente da rápida redução do pH, e para que isso ocorra, a forragem precisa conter açúcares prontamente fermentáveis na sua composição (PEREIRA, et al., 2008).

O principal objetivo da ensilagem, é conservar qualidade da forragem e ofertar aos ruminantes, com perdas mínimas de valor nutricional (DUNIERE et al. 2013). Contudo, a técnica apresenta algumas dificuldades após a abertura dos silos, como a deterioração aeróbia, causando queda do valor nutritivo da planta ensilada. A presença de oxigênio no silo propicia o desenvolvimento de alguns microrganismos aeróbios que utilizam os compostos energéticos da forragem, causando perdas nutricionais (SIQUEIRA et al., 2007) o que eleva as perdas da matéria seca (MS) da forragem.

Os microrganismos envolvidos no processo da ensilagem, podem ser dividido 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. Exemplo são as bactérias do ácido lático (BAL), que é o principal grupo que atua no processo fermentativo, em que os principais gêneros que compõe são *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* e *Streptococcus* (PAHLOW et al., 2003). A principal características desse grupo é a produção de ácido lático, por metabolização de carboidratos,

onde as homofermentativas obrigatórias metabolizam hexoses via glicólise, produzindo apenas ácido láctico. As heterofermentativas obrigatórias metabolizam hexoses e pentoses via fosfoctolase formando ácido láctico, etanol e ácido acético. E o grupo das heterofermentativas facultativas que metabolizam hexoses via glicólise e pentoses através da fosfoctolase (OUDE-ELFERINK et al., 2001). Os heterofermentativos tem como produtos da fermentação, além do ácido láctico, ácido propiônico, ácido acético e gás carbônico. Estes processos se dão pela conversão dos carboidratos solúveis da forragem, podendo resultar na produção de gás e perda de MS e energia (SILVA et al., 2011). No grupo dos microrganismos indesejáveis estão as enterobactérias e os clostrídeos, responsáveis pela deterioração anaeróbia, e os responsáveis pela deterioração aeróbia, que são fungos filamentosos, leveduras, *Bacillus* spp. e *Listeria* spp. Os microrganismos indesejáveis, portanto, competem com os outros microrganismos por substrato, consumindo os carboidratos solúveis convertendo em ácido acético, ácido butírico e álcool e degradam proteínas (MCDONALD et al., 1991).

A ensilagem pode ser dividida em quatro fases (BOLSEN et al., 1996):

1- Fase aeróbia: Enquanto o silo é abastecido, ocorrem dois processos enzimáticos: respiração e proteólise. Onde a respiração ocasiona quebra de açúcares, gerando dióxido de carbono e água, com consequente perda de energia, aumento de temperatura e produção de efluente. A proteólise ocorre pela ação de proteases da planta que degradam proteína, e também pode ocorrer a Reação de Maillard, em ambientes de alta temperatura e pH, tornando a proteína indigestível.

2- Fase anaeróbia: A partir do fechamento do silo, bactérias anaeróbias fermentam carboidratos solúveis. Clostrídios e coliformes também ainda estão ativos nessa fase. As BAL homofermentativas produzem ácido láctico e diminui o pH. Porém, a presença de bactérias heterofermentativas competem pelo substrato e geram outros ácidos orgânicos que podem aumentar as perdas de MS. Quando o pH chega a 4,2 o crescimento de outros microrganismos é inibido, com exceção das BAL. Portanto, as BAL têm papel fundamental na conservação da forragem, pois além de inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, possibilita a conservação de carboidratos solúveis, recuperando a energia por meio da produção de ácido láctico.

3- Fase estável: Poucas reações ocorrem no silo nessa fase, onde somente as BAL estão ativos. Silos com pH abaixo de 4 podem levar a quebra de hemicelulose.

4- Fase de desabastecimento: Inicia-se com a abertura do silo, onde o oxigênio entra em contato com todas as partes que estiverem em contato com o ar, o que torna possível a multiplicação de

fungos e mofos. Esses microrganismos voltam a consumir os carboidratos com gasto de oxigênio e liberação de CO₂ e calor.

Algumas características importantes são necessárias para ensilar uma forrageira, como adequado conteúdo de carboidratos solúveis em água acima de 8% na MS, baixa capacidade tampão, e o teor de MS na colheita, maior que 20% (MACEDO et al., 2019). Além disso, o tamanho de partícula deve ter uma estrutura adequada, para proporcionar uma boa compactação e densidade do material dentro do silo (MCDONALD et al., 1991). Desse modo, o processamento mecânico e físico está diretamente associado ao tipo de fermentação e compactação da massa ensilada (SIVA et al., 2015), onde a mensuração do tamanho médio das partículas de forragem tropicais procura-se obter o valor entre 3 a 5 cm, por metodologia adaptada do Penn State Particle Size Separator, pois garante ambiente anaeróbio rapidamente (MARI; NUSSIO, 2002). A produção de silagem de baixa densidade devido à maior tamanho médio de partícula favorece maior perda de carboidratos solúveis, baixa produção de ácido láctico e maior pH final (MCDONALD et al., 1991), e também menor estabilidade aeróbia (JOBIM et al., 2007).

O uso de aditivos químicos e inoculantes microbianos tem sido recomendado para diversas culturas, para alterar a dinâmica da fermentação, com intuito de diminuir as perdas de MS, propiciar uma maior recuperação de carboidratos solúveis, maximizar a produção de ácido láctico e melhorar a estabilidade aeróbia (CAVALI et al., 2006; SANTOS et al., 2008), melhorando também a composição bromatológica do produto final e conseqüentemente o desempenho de animais que consomem o alimento de maior qualidade (ASSIS et al., 2014).

Outro ponto importante para produzir silagem de qualidade é a definição do tempo de estocagem para resultar em silagem com perdas mínimas do valor nutricional da planta ensilada, diminuindo as perdas que acontecem durante o processo de fermentação. Alguns estudos mostram que o tempo de estocagem interage com a maturidade e afeta a disponibilidade dos nutrientes em silagem de milho (BUENO et al., 2020), e na silagem de dieta total diminui a contagem de leveduras e aumenta a estabilidade aeróbia com maior tempo de armazenamento (90 dias) (WANG; NISHINO, 2013), diminuindo as perdas de nutrientes após a abertura.

De uma forma geral, durante a ensilagem, à medida que aumenta o tempo de fermentação, há redução do pH, aumento de teores de ácidos orgânicos, como o láctico e acético, além da alteração da população microbiana (MCDONALD, et al. 1991). Dependendo da cultura ensilada, essas mudanças podem ocorrer de forma mais rápida ou lenta, onde a mudança no perfil de fermentação pode significar maior ou menor recuperação da matéria seca, influenciando diretamente na composição química das silagens. Portanto, conhecer o perfil

fermentativo e o valor nutricional da silagem ao longo do período de armazenamento é importante para otimizar os resultados, para melhor aproveitamento do alimento e menores perdas da qualidade da forragem.

No Brasil, grande parte produtores usa gramíneas (principalmente milho, sorgo e cana-de-açúcar) para produção de silagem. No entanto o interesse por uso de forrageiras leguminosas também têm crescido, apresentando alta qualidade nutricional, podendo se tornar uma opção para elevar a qualidade da dieta, entrando como complemento ao volumoso principal da dieta. Produzir alimentos volumosos de qualidade tem sido um dos principais desafios na produção de ruminantes, assim, silagem de leguminosa, a exemplo da soja, podem se tornar alternativa para elevar o valor nutricional do volumoso da dieta.

1.2 Cultura da Soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas do mundo, comumente usada como safra de grãos, impactando significativamente em muitas economias. No Brasil, a cultura representa a maior área plantada, assegurando ao país o posto de segundo maior produtor de grão de soja do mundo na safra 2018/2019 (EMBRAPA, 2020). O interesse em usar essa cultura como forragem para alimentação de ruminantes tem crescido em regiões dos Estados Unidos e Canadá (SHEAFFER et al., 2001) e também no Brasil (PEREIRA et al., 2007). Os produtores enxergam a soja como alternativa para produção de alimento animal, em virtude do seu alto valor nutricional, podendo ser usado como forragem conservada (CORTE et al., 2003).

O grão é a principal forma de comercialização da soja, porém, por ser uma *commodity*, pode haver grande variação do valor de mercado, sendo importante procurar novas alternativas de usar a cultura quando o preço do grão não é economicamente viável (RIGUEIRA et al., 2015). Inicialmente, os produtores ensilavam a planta inteira de soja para evitar perdas no campo por efeito de clima adverso (como seca ou geada) que comprometem a produção de grão (UNDERSANDER et al., 2007). Entretanto as pesquisas mostram o alto valor nutricional da silagem de soja, sendo uma opção para complementar a dieta de ruminantes (GOBETTI et al., 2011).

A cultivar da soja a ser escolhida para produção de silagem deve ser adaptada a região, seguindo as recomendações para cultivo para produzir grão. No Brasil, em geral a densidade indicada é de 250 a 350 mil plantas/ha (BALBINOT, et al 2015). Entretanto, cultivares de soja forrageira, desenvolvidas em outros países, podem ser cultivadas com densidades superiores a cultivares existentes no Brasil, com cerca de 900 mil plantas/ha (ACIKGOZ et al., 2009).

Como todas as culturas, a produtividade da soja é afetada pelas condições climáticas, solo, pragas e doenças. Nielsen (2011), concluiu que a distribuição de água tem papel importante no rendimento e na qualidade da planta inteira de soja. Quando as variáveis da disponibilidade de água e nutrientes foram controladas, a produção de massa verde, teor de PB e FDN aumentam com a maturidade da planta (NILSEN, 2011). Estudos mostram que o rendimento médio de MS das cultivares para produção de forragem e adubo verde é de 15 t/ha nos EUA (MIHAILOVIC et al., 2013), em estádios da planta mais desenvolvidos (R6 e R7).

Os estádios de desenvolvimento reprodutivo da planta inteira de soja para ensilagem estão descritos na tabela abaixo (FARIAS et al., 2007). Quando a colheita é feita antes do estágio R5, há a necessidade de pré-murchamento para secar até 65% de umidade para ensilagem (UNDERSANDER et al., 2007), portanto, sendo recomendado colher nos estágios R5 a R7 (GOBETTI et al., 2011).

Tabela 1 Descrição dos estádios reprodutivos da soja

Estádio	Denominação	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (haste principal)
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R6	Grão cheio ou completo	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule, com folha totalmente desenvolvida

R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração de madura e 50% das folhas amarelas
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura

1.3 Ensilagem da soja planta inteira

Como mencionado anteriormente, o cultivo da soja para produção de silagem segue as recomendações para o cultivo com propósito de produzir grão. Um fator importante a ser observado é o rendimento da massa, pois cultivares de pequeno porte tem baixa produção por área e também a sensibilidade da cultura ao fotoperíodo, assim, cada região tem as cultivares adaptadas para a sua realidade (EVANGELISTA et al., 2003). Relatos oficiais de rendimento por área de MS de cultivares nacionais ainda são escassos.

A soja para ensilagem pode ser cultivada de forma exclusiva ou em consórcio com outras forrageiras, podendo aumentar o teor de proteína bruta, em relação as gramíneas ensiladas de forma exclusiva (EVANGELISTA et al., 2003). Outro aspecto importante para planejamento da ensilagem de soja, é o momento da colheita. Do florescimento a formação do grão, algumas cultivares reduzem de forma mais gradativa o teor de proteína do que outras, enfatizando que se deve observar qual o melhor momento para a colheita da soja, aliando maior rendimento e qualidade da silagem a ser produzida, uma vez que o momento ideal para colheita de algumas cultivares varia do estágio R5 a R7 (GOBETTI et al., 2011).

Quando se ensila uma cultura leguminosa, não se espera que as características fermentativas aconteçam semelhantes à silagem de milho (padrão). Porém, os parâmetros fermentativos apresentados, como pH, ácidos orgânicos, nitrogênio amoniacal, pode-se produzir silagem de boa qualidade com a planta inteira de soja. No que se refere ao valor nutricional, a silagem de soja planta inteira pode ser considerada superior à silagem de milho. Ao comparar com silagem de alguma gramínea, essa superioridade na qualidade do valor nutricional é decorrente do maior teor de MS, proteína bruta (PB) e menor teor de fibra em detergente neutro (EVANGELISTA et al., 2003). Todas essas características, aliada a grande disponibilidade de sementes no mercado, a capacidade de produção em diferentes climas, porte ereto que facilita a mecanização e boa produtividade são favoráveis à soja para a produção de silagem de qualidade (RIGUEIRA et al., 2007).

No Brasil, não existe estatística em relação a participação da silagem de soja na dieta de animais de produção, porém, sabe-se que esta prática é comum em algumas regiões, onde é

utilizada na alimentação de bovinos leiteiros ou em confinamentos de gado de corte (ROSA et al. 2018)

Entretanto, a baixa concentração de MS e carboidratos solúveis, e o alto teor de proteína, extrato etéreo e matéria mineral, e alta capacidade tampão da soja planta inteira, dificultam a sua conservação. O alto teor de proteína bruta e minerais da cultura da soja resultam em maior capacidade de tamponamento, deixando as proteínas suscetíveis a proteólise (MCDONALD et al., 1991). A baixa concentração de MS, ocasiona perdas no valor nutricional da silagem produzida, principalmente por causa da ativa participação da população de leveduras presentes na forragem e perdas por efluente (MUCK, 1988). Portanto, a necessidade de usar inoculantes e aditivos químicos para ajudar no processo fermentativo na ensilagem se torna essencial para produzir silagem de alto valor nutricional. Atualmente, uma grande variedade de aditivos está sendo utilizado para diversas culturas, e conhecer os mecanismos para indicar em culturas específicas é essencial para ter retorno econômico.

1.3 Uso de aditivos na ensilagem da soja planta inteira

O favorecimento para o processo de fermentação seja realizado por clostrídios, é uma característica da soja planta inteira em função da sua composição química, com baixo teor de MS, de carboidratos solúveis e ainda um alto teor de proteína bruta, proporcionando maior formação de aminas, amônia e ácido butírico como produtos da fermentação, contribuindo para a baixa eficiência de diminuir o pH da silagem, tornando a massa da forragem suscetível a microrganismos deterioradores, provocando maior diminuição da qualidade da forrageira original, e com efeito negativo no consumo pelos animais (MUCK, 1988; WEISS et al., 2003).

O uso de inoculante microbiano, apresenta benefícios na dinâmica de fermentação de várias culturas, potencializando a produção de ácido lático e diminuindo a produção de outros ácidos orgânicos de baixa eficiência para conservação. O ácido lático contribui para a rápida diminuição do pH da silagem, inibindo o desenvolvimento de microrganismos deterioradores, melhora também a estabilidade aeróbia e qualidade da bromatológica da silagem produzida (RODRIGUES et al., 2002).

As BAL tem sido recomendado na ensilagem de soja (JASTER, 1995) com o propósito de aumentar a produção de ácido lático, possibilitando um ambiente apropriado para conservação da forragem. Resultados com uso de inoculantes tem mostrado efeito satisfatório como redução de nitrogênio amoniacal, ácido acético, fibra em detergente neutro (TOBIA et al., 2008), maior estabilidade aeróbia (NKOSI et al., 2016) e aumento de consumo de MS e

digestibilidade de nutrientes em bovinos de corte com dieta de 70% de volumoso (40% silagem de soja e 30% silagem de milho) (RIGUEIRA et al., 2015).

Ainda, Gandra et al. (2018), relataram que a adição de inoculante bacteriano (4g/t de massa verde *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. Outros pesquisadores mostraram benefícios ao adicionar as BAL na ensilagem da soja, em que as silagens produziram mais ácido láctico e ácido acético, e menores pH e teor de ácido butírico (NI et al., 2017).

São vários inoculantes presentes no mercado, e a composição desses, varia muito, e sua capacidade de atuar nos substratos e de se desenvolverem, podem acontecer de formas diferentes, alterando o perfil de fermentação em diferentes culturas (KUNG; MUCK, 1997). Os benefícios dos inoculantes microbianos em outras culturas são descritas e bem desenvolvido. No entanto, quando as culturas ensiladas com as BAL, são relatadas que estas sofrem maior deterioração aeróbia, pois esse grupo de microrganismos potencializa a produção de ácido láctico, e a produção de outros ácidos orgânicos diminui, possibilitando a sobrevivência de microrganismos deterioradores após a abertura do silo (MOON, 1983).

Para inibir o desenvolvimento de microrganismo indesejáveis, o uso de aditivos químicos tem sido recomendado em diversas culturas. Esses aditivos tem o princípio de propiciar um ambiente menos favorável para a multiplicação desses, contribuindo para a preservação da qualidade nutricional da forragem, permitindo menores perdas. Aditivos químicos como ácido propiônico e ácido fórmico, são usados na ensilagem de culturas como o milho, cana-de-açúcar, para controle de fungo e elevação da produção de ácido láctico, diminuindo as perdas de qualidade (PEDROSO et al., 2005)

Em silagem de alfafa, o uso de aditivo à base de ácido propiônico reduz o valor do pH, teor de ácido butírico e amônia (LIU et al., 2018). O ácido propiônico tem maior atividade antifúngica (MOON, 1983), sendo usado para o aumento da estabilidade aeróbia em silagens. Porém a produção de ácido propiônico por bactérias heterotálicas também inibem o desenvolvimento de leveduras, entretanto, com o uso de aditivo a base de ácido propiônico pode acontecer o a diminuição da eficiência de BAL, reduzindo o ácido láctico encontrado na massa, que pode ser explicado pela restrição de fermentação da silagem causada pelo ácido propiônico (MCDONALD, 1981).

O ácido fórmico em silagens, apresenta efeito desidratante e bactericida, e conservante, devido ao aumento da concentração de hidrogeniônica do meio, promovendo rápida diminuição

do pH no meio, inibindo a fermentação indesejável (NEUMAN et al., 2011). A adição de ácido fórmico reduz o pH e inibe bactérias indesejáveis, ocasionando menores concentrações de ácido butírico, etanol e amônia em silagem de alfafa, diminuindo também as perdas de MS (YUAN et al., 2017). Com a rápida acidificação que o ácido fórmico proporciona ao meio, este aditivo tem sido utilizado em forragens com baixo teor de MS no momento da colheita, restringindo a fermentação indesejável (KOIVUNEN et al., 2015), afetando diretamente na contagem da população microbiana.

Outro ponto importante para a conservação da forragem na ensilagem, é o tempo de armazenamento, para poder otimizar o uso do volumoso sem grandes perdas na qualidade nutricional. A variação do tempo de abertura da silagem de soja planta inteira na literatura, torna difícil a tomada de decisão para o melhor tempo para armazenar a forragem para obter os melhores resultados na produção animal.

Com base no exposto, faz-se necessário a pesquisa em relação a influência do tempo de armazenamento da silagem de soja planta inteira para melhorar seu aproveitamento e diminuir perdas durante a ensilagem, adicionando inoculante microbiano e ácidos orgânicos por diferentes períodos de armazenamento.

2 HIPÓTESE

O uso de inoculante bacteriano e ácidos orgânicos na ensilagem da soja planta inteira melhora o processo fermentativo, resultando em silagem de melhor qualidade, independentemente do período de armazenamento.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos do inoculante bacteriano e ácidos orgânicos na ensilagem de soja planta inteira, armazenada por diferentes períodos.

3.2 Objetivos Específicos

Com a ensilagem da soja planta inteira por diferentes períodos, serão verificados cada abertura dos silos:

Perdas fermentativas;

Estabilidade aeróbia;

Composição bromatológica da silagem;

Perfil fermentativo (produção de ácidos orgânicos, N-NH₃, pH);

População microbiana.

Degradabilidade in situ da MS da silagem de soja.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIKGOZ, E. et al. Forage soybean production for seed in mediterranean environments. **Field Crops Research**, v. 110, n. 3, p. 213–218, 2009.
- ARCANJO, A. H. M.; SOARES, N. A.; OLIVEIRA, A. R.; PEREIRA, K. A.; ANÉSIO, A. H. C. Silagem de leguminosas : revisão de literatura. **Nutri Time: Revista eletrônica**, v. 13, n. 3, p. 4702–4710, 2016
- ASSIS, F. B. et al. Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2869–2882, 2014.
- BACH, B. C. **Perdas fermentativas, microbiologia e composição químico- bromatológica de silagens de milho**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba p. 98, 2015.
- BALBINOT, A. A.; PROCOPIO, S. de O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 36p. (Embrapa Soja: Documentos 364), 2015.
- BERNARDES, T. F.; DO RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**. 2014. v.97, p.1852-186, 2014.
- BOLSEN, K. K.; ASHBELL, B.; WEINBERG, Z. G. Silage fermentation and silage additives - Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 9, n. 5, p. 483–493, 1996.
- BUENO, A. V. I. et al. Nutritional value and digestible dry matter production of oat genotypes for ensiling. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2020.
- CAVALI, J. et al. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas. In : Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43. Joao Pessoa. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- CHANG, S. R. et al. Forage yield, chemical contents, and silage quality of manure soybean. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 1, p. 130–136, 2012.
- CORTE, E. et al. Sorghum and soybean intercropping. VII. Systems of cutting for increasing forage of intercropped sorghum-soybean. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 681–688, 2003.
- DUNIÈRE, L. et al. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**, v. 182, n. 1–4, p. 1–15, 2013.
- EMBRAPA. Agência de Informações Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 8 fev. 2020.
- EVANGELISTA, A. R.; RESENDE, P. M.; MACIEL, G. A. **Uso da soja [Glycine max (L.) Merrill] na forma de forragem**. Lavras: UFLA, 2003. 36p.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 9 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica 48), 2007.
- FREITAS, P. V. D. X. et al. Efeitos do pastejo no desenvolvimento e crescimento de plantas forrageiras. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 388–405, 2019.

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.

GOBETTI, S. T. C. et al. Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (*Glycine max*) para ruminantes. **Revista Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 603–616, 2011.

GURGEL, A. L. et al. Produção, qualidade e utilização de silagens de capins tropicais na dieta de ruminantes. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v. 13, n. 11, p. 1–9, 2019.

JASTER, E. H. Legume and grass silage preservation. In: **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p.91-115. 1995.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.

KOIVUNEN, E. et al.. Effects of plant species, stage of maturity, and level of formic acid addition on lipolysis, lipid content, and fatty acid composition during ensiling. **Journal of Animal Science**. 93:4408–4423. 2015.

KUNG JR., L.; MUCK, R.E. Animal Response to Silage Additives. **Proceedings from the Silage: Field to Feedbunk North American Conference**, Hershey, p. 200-210. 1997.

LANES, E. C. DE M. et al. Silagem De Milho Como Alimento Para O Período Da Estiagem: Como Produzir E Garantir Boa Qualidade. **Ces Revista**, p. 1–15, 2006.

LIU, Q. H.; DONG, Z.H T.; SHAO, T. Effect of additives on fatty acid profile of high moisture alfalfa silage during ensiling and after exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 236, Pages 29-38, 2018.

MACÊDO, A. J. DA S. et al. Potentialities and limitations of forage plants for silage: Review. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 13, n. 2, 2019.

MARI, L. J.; NUSSIO, L. G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. <http://beefpoint.com.br/bn/radarestécnicos>. Acesso em:22/01/2021. v. 15, n. 8, p. 2006, 2002.

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

MEDEIROS, S. R.; COSTA, G. R.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações**. Brasília: EMBRAPA. 176p. 2015.

MIHAILOVIĆ, V. et al. Performance of Forage Soya Bean (*Glycine max*) Cultivars in the Northern Balkans. In: Barth S., Milbourne D. (eds) **Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement**. Springer, Dordrecht. p. 353-358

MOON, N. J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 55, n. 3, p. 453–460, 1983.

MUCK, R. E. Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 11, p. 2992–3002, 1988.

NEUMANN, M. et al. Chemicals additive used in silages. **Applied Research & Agrotechnology**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 187-208, sep. 2011.

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.

NILSEN, D. C. Forage soybean yield and quality response to water use. **Field Crops Research**, v. 124, n. 3, p. 400-407, 2011.

NKOSI, B. D. et al. Effects of bacterial inoculation on the fermentation characteristics and aerobic stability of ensiled whole plant soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **South African Journal of Animal Sciences**, v. 46, n. 2, p. 129–138, 2016.

OUDE ELFERINK, S. J. W. H. et al. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 1, p. 125–132, 2001.

PAHLOW, G. et al. 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

PEDROSO, A. F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 427–432, 2005.

PEREIRA, E. S. et al. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). 2007. **Caatinga**. Mossoró, v.20, n.3, p.8-12, jul./set. 2007.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção De Silagem Pré-Secada Com Forrageiras Temperadas e Tropicais. **Anais do simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, p. 64–86, 2001.

PEREIRA, O. G. et al. Otimização de dietas à base de silagens de soja. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, Viçosa. **Anais...** Viçosa: VI SIMCORTE, 2008.

RIGUEIRA, J. P. S. et al. Consumo de nutrientes e desempenho produtivo de bovinos de corte recebendo dietas à base de silagem de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). In: 44ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.

RIGUEIRA, J. P. S. et al. Silagem de soja na dieta de bovino de corte. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 37, n. 1, p. 61–65, 2015.

RODRIGUES, P. H. M. et al. Valor nutritivo da silagem de milho sob o efeito da inoculação de bactérias ácido-láticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa , v. 31, n. 6, p. 2380-2385, Nov. 2002.

ROSA, L. O.; LEGUMINOSAS, S. D. E.; AMENDOIM, À. B. D. E. **Silagem De Leguminosas À Base De Amendoim Forrageiro E Soja: Características Fermentativas e Desempenho De Bovinos De Corte Mestiços**. Tese, Viçosa-MG. 2014.

ROSA, L.O. et al . Fermentation profile and microbial population in soybean silages with inoculant and powdered molasses. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte , v. 70, n. 5, p. 1586-1594, 2018.

SANTOS, M. C. et al. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1555–1563, 2008.

SANTOS, M. E. R. et al. Produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 635–642, 2009.

SHEAFFER, C. C. et al. Forages: Yield and quality of forage soybean. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 1, p. 99–106, 2001.

SILVA, T.C. et al. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 998, 2011.

SIQUEIRA, G. R. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6 suppl, p. 2000–2009, 2007.

TOBÍA, C. et al. Nutritional value of soybean (*Glycine max* L. Merr.) silage fermented with molasses and inoculated with *Lactobacillus brevis* 3. **Livestock Research for Rural Development**, v. 20, n. 7, p. 1–11, 2008.

UNDERSANDER, D.; JAREK, K.; ANDERSON, T. A Guide to Making Soybean Silage. **Forage and Grazinglands**. n. January, p. 2006–2008, 2007.

WANG, C.; NISHINO, N. Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 6, p. 1687–1695, 2013.

WEISS, W. P.; CHAMBERLAIN, D. G.; HUNT, C. W. Feeding silages. Pages 469–504 in **Silage Science and Technology**. Agronomy Monograph No. 42. ASA-CSSA-SSA, Madison, WI, 2003.

YUAN, X; WEN, A.; DESTA, S.T.; DONG, Z; SHAO, T. Effects of four short-chain fatty acids or salts on the dynamics of nitrogen transformations and intrinsic protease activity of alfalfa silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Jul;97(9):2759-2766. 2017

CAPÍTULO II

SILAGEM DE SOJA PLANTA: TEMPO DE ARMAZENAMENTO, INOCULANTE MICROBIANO E ÁCIDOS ORGÂNICOS

Silagem de planta inteira de soja: Tempo de armazenamento, inoculante microbiano e ácidos orgânicos

Soybean whole-plant silage: Storage time, microbial inoculant and organic acids

Giovani Antonio*1

*1Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Dourados, Brasil. 79804-970

¹Autor correspondente: giovani_antonio@outlook.com

RESUMO

Os efeitos de ácidos orgânicos e inoculante bacteriano na ensilagem de soja planta inteira foram avaliados, em diferentes períodos de armazenamento, em delineamento experimental inteiramente casualizado. Determinou-se as perdas fermentativas, valor nutricional, perfil fermentativo e microbiologia de silagem de soja planta inteira da cultivar GMX CANCHEIRO RR, colhida no estágio R7. Os tratamentos foram: 1- CON (sem aditivos), 2 - INO (4g / ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ cfu / g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2,6x10¹⁰ cfu / g), 3- AcF (inclusão de 2ml / kg de mistura de ácido orgânico 35- 45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formato de sódio); 4 - AcP (inclusão de mistura de ácido orgânico 2ml / kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio, 5% 1- propionato de gliceraol; 15-25% de glicerol). Os silos foram abertos nos dias 30, 60, 90, 120, 150 e 180 de armazenamento. Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o PROC MIXED (versão 9.3, SAS Institute, Cary, NC). O tratamento INO, aumentou a perda por gás (%MS), a produção de N-NH₃, porém diminuiu a contagem de fungos e leveduras em relação ao tratamento CON. Nos tratamentos AcP e AcF houve redução do pH, baixa produção de acetato, propionato e N-NH₃. Ainda, os aditivos a base de ácidos orgânicos diminuíram as perdas da MS, aumentando a recuperação da MS, o teor de PB e CNF, com acréscimo da degradabilidade efetiva da MS da silagem de soja planta inteira tratada com os ácidos orgânicos. Aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento, há maiores variação de produtos da fermentação, ocorrendo também maior atividade de microrganismos deterioradores. A utilização dos aditivos AcF e AcP melhora a qualidade da silagem de planta inteira de soja, independente do tempo de armazenamento.

Palavras-chaves: *aditivos, perdas totais, silagem de leguminosa.*

ABSTRACT

The effects of organic acids and bacterial inoculant on whole plant soybean silage were evaluated, in different storage periods, in a completely randomized design. The fermentative losses, nutritional value, fermentative profile and microbiology of soybean silage were determined for the whole plant of the cultivar GMX CANCHEIRO RR, harvested in stage R7. The treatments were: 1- CON (without additives), 2 - INO (4g / ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ cfu / g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2.6x10¹⁰ cfu / g), 3- AcF (inclusion of 2ml / kg of mixture of organic acid 35-45% formic acid; 15-45% propionic acid; 15-20% sodium formate); 4 - AcP (inclusion of a mixture of organic acid 2ml / kg of natural matter 50-60% propionic acid; 15-20% formic acid; 1-

5% sodium propionate, 5% 1- glycerol propionate; 15 -25% glycerol). The silos were opened on days 30, 60, 90, 120, 150 and 180 of storage. The data were subjected to analysis of variance using the PROC MIXED (version 9.3, SAS Institute, Cary, NC). The INO treatment, increased the loss by gas (% DM), the production of N-NH₃, but decreased the count of fungi and yeasts in relation to the CON treatment. In the treatments AcP and AcF there was a reduction in pH, low production of acetate, propionate and N-NH₃. In addition, organic acid-based additives decreased DM losses, increasing DM recovery, PB and CNF content, with an increase in the effective DM degradability of whole plant soybean silage treated with organic acids. At 30, 60 and 90 days of storage, there is greater variation in fermentation products, with greater activity of deteriorating microorganisms also occurring. The use of the additives AcF and AcP improves the quality of the silage of the whole soybean plant, regardless of the storage time.

Key-words: *additives, legume silage, total losses*

1. INTRODUÇÃO

Sistemas de produção animal requerem bom manejo nutricional do rebanho para obter sucesso, pois esse, representa um dos maiores custos de um sistema (MEDEIROS et al., 2015). A utilização de alimentos de alto valor nutricional e com boa disponibilidade podem significar ganhos de produtividade.

FORAGEIRAS leguminosas, são de alto valor nutricional, devido a sua composição físico-químico, como alto teor proteico, o que pode diminuir a suplementação proteica na dieta de ruminantes (SANTANA et al., 2019). Desta forma, o uso da silagem de soja é uma alternativa para complementar o volumoso da dieta. Porém, historicamente a soja planta inteira é considerada uma cultura de difícil ensilagem, por apresentarem baixo teor de matéria seca e carboidratos solúveis, aumentando as perdas durante a fermentação (GOBETTI et al., 2011).

Estudos com produção de silagem mista, confeccionada com soja e alguma gramínea tropical, foram desenvolvidos para melhorar o processo fermentativo e a qualidade da forragem (STELLA et al., 2016). Contudo, trabalhos mostram que a soja pode ser ensilada de forma exclusiva, com uso de aditivos, principalmente bactérias lácticas (BAL) (NKOSI et al., 2016; GANDRA et al., 2018), melhorando o perfil fermentativo, e diminuindo as perdas durante o processo fermentativo (LIMA et al., 2014) e aumentando a digestibilidade *in vitro* e reduzindo a contagem de fungos e leveduras (GANDRA et al., 2018). Entretanto, embora o aumento na contagem de BAL e produção de ácido lático em silagem de soja planta inteira tenha sido melhorada com adição de BAL homofermentativa (NI et al., 2017), a qualidade da silagem pode ser prejudicada, uma vez que a produção de outros ácidos orgânicos, como ácido propiônico, que tem

maior poder de inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, são limitadas (MOON, 1983). Para potencializar a produção de ácido propiônico, inoculantes com BAL heterofermentativas tem sido utilizado em silagem de leguminosas (RODRIGUES et al., 2004). Aditivos químicos também tem sido utilizado para o controle de fungos e para potencializar a produção de ácido lático, sendo usado também em silagem de leguminosas. Em silagens de alfafa, adição de ácido propiônico aumentou a concentração de ácido lático e diminuiu o pH, a concentração de ácido butírico do meio, melhorando também a estabilidade aeróbia (LIU et al., 2018), e o uso do aditivo a base de ácido fórmico também foi efetivo na diminuição do pH das perdas de MS e carboidratos solúveis, porém diminuiu a concentração de ácido lático e a contagem de todos os microrganismos na silagem de alfafa (YUAN et al., 2017),

Embora a adição de BAL heterofermentativas e ácidos orgânicos possa ser uma boa estratégia na ensilagem de soja planta inteira, não há as informações sobre como o período de armazenamento interfere na dinâmica da fermentação e qualidade da silagem produzida. Portanto, a hipótese do trabalho é que uso de inoculante bacteriano e ácidos orgânicos na ensilagem da soja planta inteira melhora o processo fermentativo, resultando em silagem de melhor qualidade, independentemente do período de armazenamento. O objetivo foi avaliar a ação de inoculante bacteriano, ácido propiônico e ácido fórmico na ensilagem de planta de soja com diferentes tempos de abertura, sobre o valor nutricional, perdas fermentativas, estabilidade aeróbia, perfil bioquímico, população microbiana e degradabilidade *in situ* da MS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Nutrição de Ruminantes do curso de graduação e pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), entre os meses de fevereiro e dezembro de 2019, em Dourados, Mato Grosso do Sul.

Foram utilizados 120 silos experimentais compostos por baldes de polietileno de 40 cm de altura e 30 cm de diâmetro. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, onde os tratamentos foram: 1) Controle (CON): silagem de soja sem aditivos; 2) Inoculante (INO): silagem de soja com 4 g / ton. de matéria natural de inoculante bacteriano (4×10^{10} cfu / g de *Lactobacillus plantarum* e $2,6 \times 10^{10}$ cfu / g de *Propionibacterium acidipropionici* Kera SIL grao umido, Kera Nutricao Animal, Bento Goncalves, Brazi); 3) Ácido fórmico (AcF): silagem de soja com adição de 2 mL / kg de

matéria natural de um produto comercial à base de ácido fórmico(35-45% de ácido fórmico, 15-45% de ácido propiônico e 15-20% de formato de sódio); e 4) Ácido propiônico (AcP): silagem de soja com a adição de 2 mL / kg de matéria natural de um produto comercial à base de ácido propiônico (50-60%, ácido fórmico 15-20% e propionato de sódio 1-5%, 1-propionato de glicerol 5% e 15-25% glicerol). ProMyr™ TMR. A soja planta inteira (*Glycine max* cultivar GMX Cancheiro RR – Gmax Genética, Passo Fundo, Brasil), colhida no estágio vegetativo R7 nas condições de cultivo do sul de Mato Grosso do Sul. Para avaliar os diferentes períodos de armazenamento, os silos experimentais foram abertos a cada 30 dias, compondo 6 tempos de abertura e 180 dias de armazenamento total.

Os silos experimentais foram munidos com tampas com válvulas de Bunsen para permitir o escape dos gases. No fundo dos silos, foi colocado areia seca (2kg) separada da forragem por uma tela e um tecido de náilon para quantificação do efluente produzido. A compactação do material picado foi realizada com os pés objetivando atingir densidade de 500 kg/m³ de forragem o volume de cada silo experimental. Após a compactação da forragem, os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados.

Tabela 2. Composição química e degradabilidade efetiva da planta inteira de soja antes da ensilagem (g/kg MS, exceto quando especificado)

Item	Média	SD
Matéria seca (MS), g/kg de matéria natural	367	2,3
Matéria orgânica (MO)	936	1,3
Fibra em detergente neutro (FDN)	394	4,3
Fibra em detergente ácido (FDA)	299	1,9
Carboidratos não fibrosos (CNF)	296	2,3
Proteína bruta	165	0,2
Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro (NIDN)	44,4	5,6
Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA)	27,3	0,4
Extrato etéreo (EE)	79,0	1,5
Lignina	70,6	6,9
A ¹	314	45,4
B ²	398	40,1
C ³	288	23,5
Kdb, g/kg/h ⁴	92,9	9,74
ED20 ⁵	641	29,2
ED50 ⁵	572	35,9
ED80 ⁵	527	39,6

¹ Fração solúvel (A),

² Fração potencialmente degradável (B),

³ Fração indegradável (C),

⁴ Taxa de degradação da fração B (g/kg/h),

⁵ Degradabilidade efetiva (g/kg MS), considerando taxas de passagem de 20, 50 e 80 g/kg/h.

2.1 Microbiologia

As amostras foram coletadas, sendo retiradas de várias partes dos silos. Foi utilizado 10 gramas de cada amostra para 90 mL de solução salina esterilizada para a diluição seriada de 10^{-1} até 10^{-6} em tubos de ensaio. As quantificações dos microrganismos foram feitas em triplicatas para cada diluição e meio de cultura, sendo utilizado o Ágar MRS (De Man, Rogosa e Sharpe) para contagem de bactérias lácticas (BRICEÑO; MARTINEZ, 1995), o Ágar Nutriente para contagem total de bactérias aeróbicas e anaeróbicas, estas com incubação a 37 °C por 48 horas ; para contagem de bolores e leveduras o Ágar PDA (Potato dextrose Ágar) com incubação a 26 °C por 120 horas, conforme descrito por Rabie et al. (1997).

2.2 Perfil bioquímico

Antes da ensilagem, após a aplicação dos inoculantes e/ou aditivos, a forragem foi amostrada três vezes para cada tratamento. Cada amostra foi fragmentada em duas subamostras: uma foi utilizada para determinação da capacidade tampão, segundo metodologia descrita por Playne e McDonald (1966), e do pH, segundo Silva e Queiroz (2002); enquanto a outra foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

Na abertura dos mini-silos, após homogeneização da silagem, foram retiradas duas amostras de cada. Uma das amostras coletadas foi preparada segundo metodologia descrita por Kung Jr. et al. (1984) para determinação do pH em potenciômetro (SILVA; QUEIROZ, 2002), do nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃) (CHANEY; MARBACH, 1962). As amostras foram analisadas para concentração do ácido lático usando o método espectrofotométrico (PRYCE, 1969). A análise do etanol e dos ácidos orgânicos foram realizadas conforme descrito por Del Valle et al. (2018). As amostras foram acidificadas com ácido fórmico na proporção 1:4 e as concentrações de etanol, acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato e isovalerato foram determinadas em cromatógrafo a gás (Cromatógrafo GC-2010 Plus, Shimadzu, Barueri, Brasil) equipado com AOC-20i auto -amostrador, coluna capilar Stabilwax-DA™ (30 m, 0,25 mm ID, 0,25 µm df; Restek ©) e uma ionização de chama. As temperaturas do injetor e detector foram 250 e 3000 C, respectivamente. O hélio foi usado como gás de arraste

com velocidade linear de 42 cm / s, em uma corrida cromatográfica de 11,5 min. A detecção e integração do pico foram feitas usando a solução GC v. 2.42.00 softwares (Shimadzu ©).

2.3 Perdas Fermentativas:

Aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de fermentação, foram novamente pesados para determinação das perdas por gases e, em seguida, abertos. Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia, tela e tecido de náilon foram pesados para quantificação do efluente produzido. A determinação da perda gasosa foi calculada pela fórmula:

$$PG = PSI - \frac{(PSI - PSF)}{MSI} \times 100\%$$

em que: PG = perda por gases (% da MS); PSI = peso do silo no momento da ensilagem (kg), PSF = peso do silo no momento da abertura (kg); e MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg × teor de MS).

A determinação da produção de efluente foi calculada pela equação:

$$PE = (PSAF - PSAI)/MNI \times 1000,$$

em que: PE = produção de efluente (kg de efluente/t de matéria verde ensilada); PSAF = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon após a abertura (kg); PSAI = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon antes da ensilagem (kg); e MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

$$\text{Recuperação de MS: } (MS_i / MS_f) \times 100,$$

em que: MS_f = quantidade de MS final; MS_i = quantidade de MS inicial.

A variação dos teores de MS foi calculada como a diferença em módulo da porcentagem de MS no momento da ensilagem e da porcentagem de MS na abertura. Os resultados da bromatologia da soja planta inteira antes da ensilagem estão apresentando na Tabela 2.

2.4 Composição físico-química

As amostras mantidas em estufa, colhidas antes da ensilagem e após a abertura dos silos, foram novamente pesadas, trituradas em moinho de faca até obtenção de partículas com menos de 1 mm e armazenadas em potes de plástico para determinação dos teores de matéria seca (método 950.15), cinzas (método 942.05), proteína bruta (PB= N × 6,25; método 984.13), matéria orgânica (MO=100-cinzas), extrato de etéreo (EE,

método 920.39), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (método 973.18), (AOAC, 2000). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos conforme método descrito por Van Soest; Robertson; Lewis (1991). As concentrações em carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtidas a partir da equação: $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas + \%FDN)$.

2.2 Estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos, amostras foram colocadas em baldes plásticos, pesadas e armazenadas em temperatura ambiente para avaliação da estabilidade aeróbia, onde foram mensuradas diariamente a temperatura do ar (°C) e a umidade relativa (%).

As temperaturas das silagens no período após abertura foram obtidas a cada 12 horas durante 7 dias por meio de um termômetro inserido na massa de silagem contida nos baldes. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto, em horas, para a massa de forragem elevar em 1°C em relação à temperatura do ambiente (DRIEHUIS et al., 2001). Ao longo de todo o período de avaliação da estabilidade aeróbia foram mensurados a MS, MO e pH de amostras de cada tratamento a cada 24 horas.

2.6 Degradabilidade *in situ*

As amostras destinadas a incubação no rúmen, foram pré-secas à 65°C durante 72 horas e moídas em moinho com peneira com crivo 2mm. As amostras moídas foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT) 100 g/m², com dimensões de 5 x 5 cm (CASALI, et al 2008). Preencheu-se cada saco com cerca de 0,5 g de silagem, sendo incubado no rúmen por 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 e 72 horas.

Foram utilizadas 3 vacas de raça mestiça, canuladas no rúmen, e previamente adaptadas a dieta com 60% da MS em silagem de milho. Incubaram-se as amostras no rúmen por triplicata por período de armazenamento (6), por tratamento (4), por animal (3) e por período de incubação (8).

Lavaram-se os sacos de incubação retirados do rúmen após os períodos de incubação em água corrente até que se mostrasse límpida. Para determinação da fração solúvel (tempo 0), procedeu-se ao mesmo procedimento, porém, sem prévia incubação das amostras no rúmen. Após a lavagem, os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a ar por 72 horas a 65 °C e, posteriormente, pesados para determinação do desaparecimento da matéria seca (MS).

2.7 Análises estatísticas

Os dados foram analisados pelo programa SAS (versão 9.3, SAS Institute, Cary, NC 2004). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo PROC MIXED do SAS comando, adotando o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + T_j + A \times T_{ij} + e_{ijk}$$

Onde, μ = média geral, A_i = efeito fixo de tratamento, T_j = efeito de tempo, $A \times T_{ij}$ = efeito de interação e e_{ijk} = erro experimental. Para avaliação dos tratamentos experimentais serão realizados contrastes ortogonais, onde contraste 1 (controle vs aditivos), contraste 2 (INO vs AcP+AcF), contraste 3 (AcP vs AcF), adotando 5% como nível de significância.

3 RESULTADOS

3.1 Microbiologia

Houve efeito de interação (tratamento*tempo) na contagem dos microrganismos (Tabela 2). No geral, os aditivos diminuíram ($P < 0,001$) a contagem de todos os microrganismos avaliados. Comparando os ácidos orgânicos com o inoculante, foi constatado o aumento ($P < 0,001$) de bactérias lácticas com a adição do inoculante, e a redução ($P < 0,001$) da contagem de fungos e leveduras com adição de ácidos orgânicos, com o AcP apresentando menor ($P < 0,001$) contagem de fungos e mofos em relação ao AcF.

Tabela 3. Perfil microbiano da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais

Item	Tratamentos experimentais ¹				EPM ²	Valor de P ³					
	CON	INO	AcF	AcP		Trat	Tempo	Int	C1	C2	C3
Bactérias (log ₁₀)											
Láticas	7,245	7,582	6,378	6,730	0,067	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Anaeróbias	6,268	5,901	4,990	6,431	0,120	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Aeróbias	4,898	6,76	6,482	6,656	0,172	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Fungos e leveduras	5,195	4,916	5,644	3,651	0,201	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

¹CON (sem inclusão de aditivo), INO (inclusão de inoculante microbiano 4g/ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2,6x10¹⁰ ufc/g), AcF (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 35-45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formiato de sódio); AcP (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio; 1- 5% de propionato de gliceraol; 15-25% de glicerol),²EPM (erro padrão da média),³Trat (efeito de tratamento), Int (efeito de interação tempo*tratamento) C1(CON vs aditivos), C2(INO vs blend ácidos orgânico),C3 (AcF vs AcP).

3.2 Perfil Fermentativo

Houve efeito de tratamento, tempo e interação (tratamento*tempo) no pH e N-NH₃ ($P<0,05$), onde as silagens tratadas com AcF e AcP diminuíram o pH e a produção de N-NH₃ ($P<0,0001$). O AcF foi mais efetivo na redução do pH ($P<0,0001$), porém não diferiu estatisticamente na produção de N-NH₃ em relação ao AcP ($P=0,578$).

Com exceção de produção de lactato (tempo $p=0,421$ e interação $p=0,254$), e na produção total de ácidos orgânicos (tempo $P=0,748$ e interação $P=0,124$), houve efeito de tempo e interação (tratamento*tempo) para as demais variáveis do perfil fermentativo ($P<0,05$).

Com exceção da produção de etanol, propionato e isobutirato ($P>0,05$), foi observado diferença significativa no contraste CON vs Aditivos ($P<0,05$) para as demais variáveis. A adição de ácidos orgânicos diminuiu a produção de etanol em relação a silagem com adição de inoculante ($P<0,0001$). A produção de lactato foi maior em silagens com aditivos (C1 $P<0,0001$), sem diferença significativa nos outros contrastes (C2 e C3 $P>0,05$). A produção de acetato foi reduzida com a adição de AcP e AcF (C2 $P<0,0001$), e o AcP aumentou a produção de propionato (C3 $P=0,007$). A adição de ácidos orgânicos (C2 $P<0,05$) diminuíram a produção de butirato, isobutirato, isovalerato e AGCR, em relação ao INO.

O pH ao longo dos períodos avaliados é ilustrado na Figura 1. O tratamento AcF foi mais efetivo na diminuição do pH da silagem, onde aos 30 dias de armazenamento já apresentava menor pH do que os demais tratamentos, atingindo o menor pH (4,112) aos 120 dias de armazenamento ($P<0,0001$). O AcP teve o valor mínimo de pH (4,392) aos 60 dias de armazenamento, enquanto que o tratamento controle apresentou o menor pH (4,898) aos 30 dias, a partir desses dias de armazenamento nesses tratamentos, o pH teve praticamente um aumento gradativo ao longo do tempo. O INO foi o menos efetivo, onde o pH esteve sempre acima de 5,4 ao longo do experimento.

Tabela 4. Perfil fermentativo da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.

Item	Tratamentos ¹				EPM ²	Valor de P ³					
	CON	INO	AcF	AcP		Trat	Tempo	Int	C1	C2	C3
pH	5,38	5,54	4,33	4,74	0,053	<,0001	0,039	0,002	<,0001	<,0001	<,0001
N-NH ₃ (g/kg NT)	43,70	45,59	30,54	32,70	2,658	0,002	<,0001	0,001	0,021	<,0001	0,578
Etanol	0,897	1,001	0,846	0,812	0,039	0,005	<,0001	<,0001	0,783	<,0001	0,468
Ácidos orgânicos											
Lactato	9,90	11,78	12,62	12,35	0,767	0,021	0,421	0,254	0,001	0,214	0,547
Acetato	3,85	3,90	3,17	3,03	0,091	<,0001	<,0001	<,0001	0,009	<,0001	0,422
Propionato	0,991	1,153	0,977	1,172	0,037	0,008	<,0001	<,0001	0,063	0,205	0,007
Butirato	6,68	9,26	7,31	8,16	0,660	0,006	<,0001	<,0001	0,003	0,006	0,184
Isobutirato	0,427	0,523	0,394	0,465	0,033	0,006	<,0001	<,0001	0,196	0,008	0,024
Valerato	0,694	0,988	0,711	0,865	0,062	<,0001	<,0001	0,608	<,0001	<,0001	0,167
Isovalerato	0,694	0,865	0,663	0,841	0,060	0,002	<,0001	<,0001	0,031	0,016	0,001
AGCR	1,81	2,37	1,76	2,171	0,152	0,004	<,0001	<,0001	0,027	0,003	0,012

¹CON (sem inclusão de aditivo), INO (inclusão de inoculante microbiano 4g/ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2,6x10¹⁰ ufc/g), AcF (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 35-45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formiato de sódio); AcP (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio; 1- 5% de propionato de gliceraol; 15-25% de glicerol),²EPM (erro padrão da média),³Trat (efeito de tratamento), Int (efeito de interação tempo*tratamento) C1(CON vs aditivos), C2(INO vs blend ácidos orgânico),C3 (AcF vs AcP)

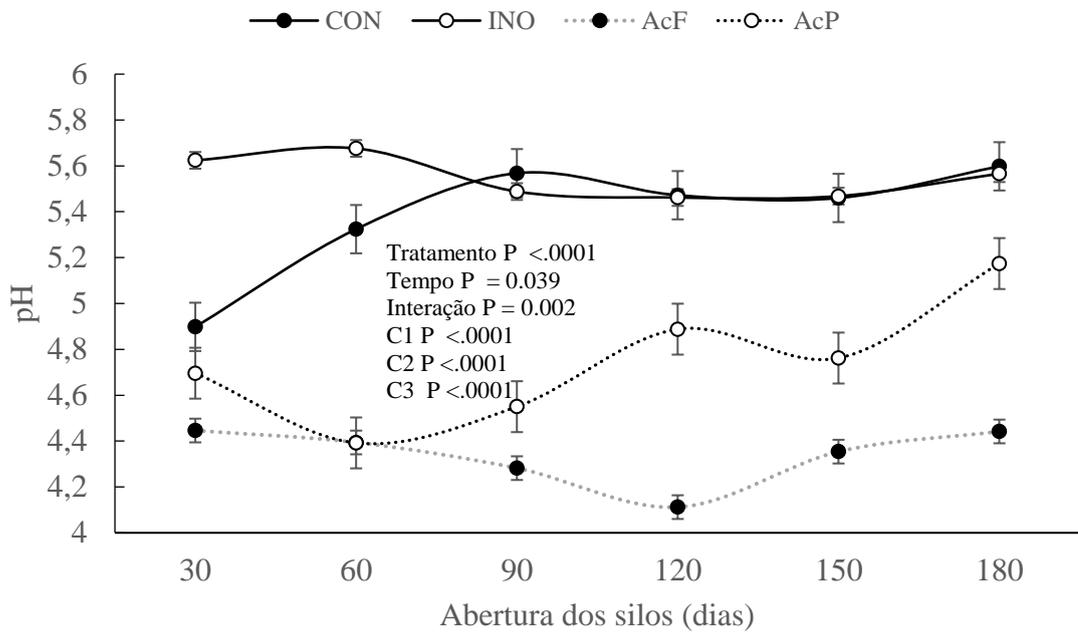


Figura 1. Concentração de pH em relação ao tempo de armazenamento de acordo com os tratamentos experimentais

Na Figura 2, é apresentado a produção de N-NH₃ ao longo do experimento. A produção de N-NH₃ foi estatisticamente igual aos 30 dias ($p > 0,05$), onde os tratamentos com ácidos orgânicos apresentaram diferença significativa aos 60 dias, com o AcF diminuindo a produção de N-NH₃ nesse período. Ao longo do armazenamento, os aditivos diminuíram a produção de N-NH₃ em relação ao tratamento controle (C1 $p = 0,021$).

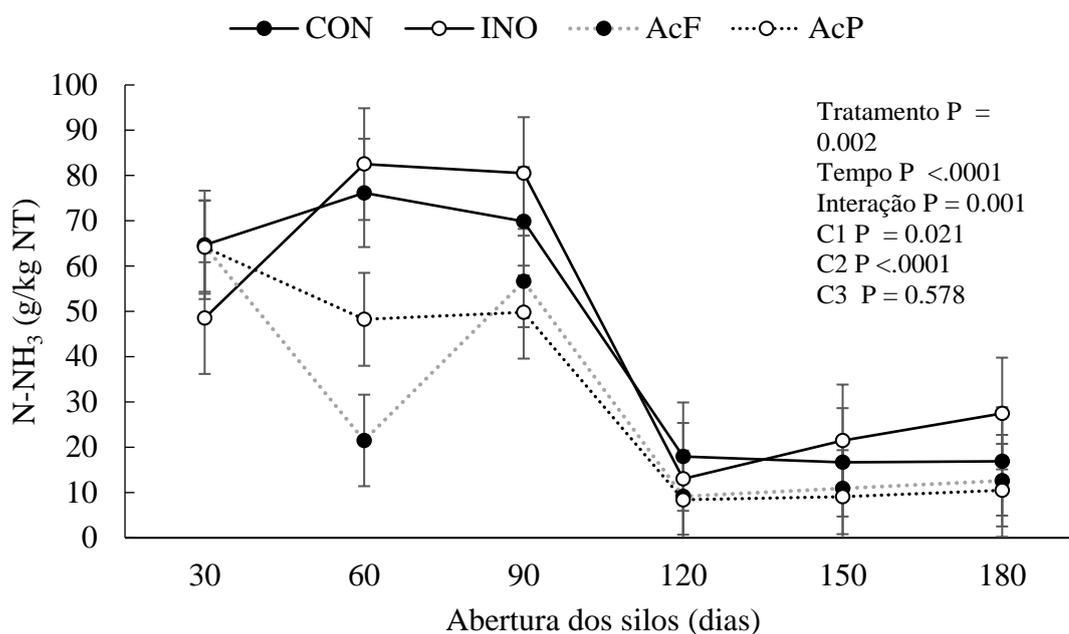


Figura 2. Concentração de N-NH₃ em relação ao tempo de armazenamento de acordo com os tratamentos experimentais.

3.2 Perdas Fermentativas:

Houve efeito ($P < 0,05$) de tratamento em todos os parâmetros avaliados. Exceto ($P = 0,157$) as perdas por gases (MN), houve efeito do tempo de armazenamento em todas as variáveis avaliadas ($P < 0,0001$), e houve interação (tempo*tratamento) sobre as perdas por gases ($p = 0,008$) (%MS), perda total ($P = 0,006$) (%MS) e recuperação ($P = 0,003$) (%MS).

Os aditivos diminuíram ($P < 0,001$) as perdas por gases e totais e aumentaram ($P < 0,001$) a recuperação da MS, em relação ao controle. De maneira geral, os ácidos orgânicos reduziram ($P \leq 0,039$) as perdas por gases e totais em relação ao inoculante e aumentaram ($P < 0,001$) a recuperação da MS. A inclusão de AcF reduziu ($P \leq 0,032$) as perdas por gases e totais e aumentou ($P \leq 0,032$) as perdas por efluentes e a recuperação da MS em relação à adição de AcP.

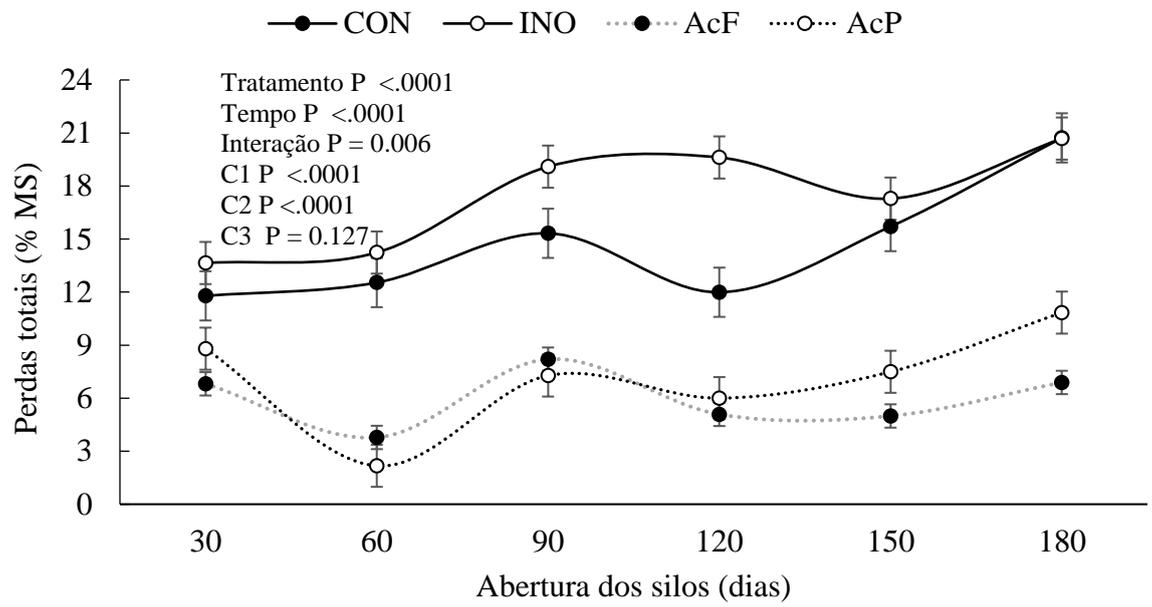


Figura 3. Perdas totais (%MS) em função dos tratamentos ao longo do período experimental.

Tabela 5. Perdas fermentativas de acordo com os tratamentos experimentais

Item	Tratamentos ¹				EPM ²	Valor de P ³					
	CON	INO	AcF	AcP		Trat	Tempo	Int	C1	C2	C3
Perdas											
Gases (MN)	3,91	4,24	1,97	2,09	0,123	0,048	0,157	0,475	0,071	0,039	0,579
Gases (%MS)	13,82	16,49	4,96	6,51	0,546	<,0001	<,0001	0,008	<,0001	<,0001	0,032
Efluente (kg/ton)	9,55	10,77	10,23	6,16	0,436	0,001	<,0001	0,913	0,562	0,005	0,002
Efluente (%MS)	0,853	0,934	0,994	0,585	0,039	0,002	<,0001	0,903	0,849	0,085	<,0001
Total (%MS)	14,67	17,42	5,96	7,09	0,556	<,0001	<,0001	0,006	<,0001	<,0001	0,127
Recuperação (%MS)	86,17	83,50	95,03	93,48	0,546	<,0001	<,0001	0,003	<,0001	<,0001	0,032

¹CON (sem inclusão de aditivo), INO (inclusão de inoculante microbiano 4g/ton *Lactobacillus plantarum*: 4×10^{10} ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici*: $2,6 \times 10^{10}$ ufc/g), AcF (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 35-45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formiato de sódio); AcP (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio; 1- 5% de propionato de gliceraol; 15-25% de glicerol),²EPM (erro padrão da média),³Trat (efeito de tratamento), Int (efeito de interação tempo*tratamento) C1(CON vs aditivos), C2(INO vs blend ácidos orgânico),C3 (AcF vs AcP).

O comportamento das perdas totais (%MS) ao longo do tempo pode ser observado na Figura 3, onde os aditivos com ácidos orgânicos (AcF e AcP) proporcionaram menores perdas durante os períodos de armazenamento avaliados em relação aos tratamentos CON e INO.

No tratamento CON e INO, as perdas foram menores aos 30 e 60 dias de armazenamento, e a partir dos 90 dias, houve aumento de perdas nesses tratamentos, em que o tratamento CON teve menor perda em relação ao INO no dia 120, apresentando novamente as perdas semelhantes aos 150 e 180 dias de armazenamento.

E nos tratamentos AcF e AcP, o comportamento das perdas foram semelhantes ao longo do tempo, onde as menores perdas nesses tratamentos ocorreram aos 60 dias de armazenamento, aumentando gradativamente nos outros períodos experimentais.

3.4 Composição físico-química

Com exceção ao teor de Extrato etéreo ($P=0,114$), houve efeito de tratamento nas outras frações do valor nutricional avaliadas ($P<0,05$). Também houve efeito do tempo de armazenamento ($P<0,05$), com exceção no teor de Matéria orgânica e cinzas ($P=0,081$). As interações (tratamento*tempo), foram observadas nas frações avaliadas ($P<0,05$), exceto ao teor de CNF ($P>0,05$).

As silagens com aditivos (C1=Controle vs aditivos) tiveram valores superiores de proteína bruta e CNF e menores teores de FDN ($P<0,0001$), onde a inclusão de aditivos aumentaram os teores de NDT e EL_L ($P<0,0001$). A adição de ácidos orgânicos em relação ao inoculante na silagem de soja, apresentaram valores superiores no teor de MS, MO, PB, NIDN, NIDA, FDA, lignina, NDT e ELL ($P<0,05$), menor teor de Cinzas ($P=0,0001$), e sem diferença significativa no teor de CNF ($P=0,319$).

Ao comparar as adições dos ácidos orgânicos (AcF vs AcP), o tratamento AcF reduziu o teor de FDN da forragem e aumentou o teor de CNF ($P=0,0001$). O tratamento AcP reduziu a fração FDA ($P=0,004$) e Lignina ($P=0,010$), em relação ao tratamento AcF.

Tabela 6. Composição físico-química da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais

Item	Tratamentos ¹				EPM ²	Valor de P ³					
	CON	INO	AcF	AcP		Trat.	Tempo	Int	C1	C2	C3
Matéria seca	332	323	362	355	1,9	<0,001	<0,001	0,017	<0,001	<0,001	0,214
Matéria orgânica	920	919	929	929	0,6	<0,001	0,081	0,004	<0,001	<0,001	0,518
Proteína bruta	174	176	193	195	1,8	<0,001	<0,001	0,028	<0,001	<0,001	0,566
NIDN	41,97	43,10	43,92	44,58	0,329	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,016	0,225
NIDA	30,33	29,78	32,02	33,59	0,574	0,009	<,0001	<,0001	0,075	0,007	0,122
Extrato etéreo	83,62	81,85	81,31	84,60	0,835	0,114	<,0001	<,0001	0,405	0,402	0,132
FDN	434,58	408,58	374,85	409,63	3,535	<,0001	0,006	<,0001	<,0001	0,019	<,0001
FDA	277,99	276,95	293,88	281,95	2,732	0,003	<,0001	0,001	0,067	0,002	0,004
Lignina	81,49	80,41	86,70	82,58	0,881	0,008	<,0001	0,008	0,179	0,003	0,010
CNF	227,41	252,91	279,92	240,40	4,059	<,0001	<,0001	0,595	<,0001	0,319	<,0001
Cinzas	80,13	81,15	71,30	70,63	0,606	<,0001	0,081	0,004	<,0001	<,0001	0,518

¹CON (sem inclusão de aditivo), INO (inclusão de inoculante microbiano 4g/ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2,6x10¹⁰ ufc/g), AcF (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 35-45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formiato de sódio); AcP (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio; 1- 5% de propionato de gliceraol; 15-25% de glicerol),²EPM (erro padrão da média),³Trat (efeito de tratamento), Int (efeito de interação tempo*tratamento) C1(CON vs aditivos), C2(INO vs blend ácidos orgânico),C3 (AcF vs AcP).

3.5 Estabilidade Aeróbia

Houve efeito de interação (tempo*tratamento) ($P \leq 0,04$) na temperatura do silo em todos os períodos avaliados. No pH do meio também foi observado interação ($P \leq 0,014$) nos 30, 60 e 90 dias de armazenamento, aos 120 dias houve apenas o efeito de tempo, e aos 150 e 180 dias observou-se efeito de tratamento e tempo no pH do meio.

A temperatura no silo aumentou com a adição dos aditivos em todos os períodos ($P < 0,001$), e, com exceção aos 30 dias de armazenamento ($P = 0,811$), os aditivos diminuíram o pH da silagem ao longo da exposição aeróbia em relação ao controle ($P \leq 0,004$). As silagens com adição de ácidos orgânicos tiveram a maior elevação de temperatura e tiveram menor pH nos períodos avaliados, em relação ao INO ($P \leq 0,007$). Teve diferença significativa na temperatura entre AcF e AcP a partir dos 60 dias de armazenamento com o tratamento AcP apresentando maior elevação de temperatura ($P \leq 0,048$), e maior pH nos períodos 30, 120, 150 e 180 dias ($P \leq 0,014$).

Tabela 7. Estabilidade aeróbia da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.

Item	Tratamentos ¹				EPM ²	Valor de P ³					
	CON	INO	AcF	AcP		Trat	Tempo	Int	C1	C2	C3
30 dias											
Temperatura (amb- silo °C)	1,490	2,820	3,478	3,644	0,127	<0,001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,391
pH	4,78	5,43	4,36	4,61	0,037	<0,001	<,0001	0,005	0,811	<,0001	0,014
60 dias											
Temperatura (amb- silo °C)	3,593	3,981	4,279	4,625	0,149	<,0001	<,0001	0,040	<,0001	0,007	0,029
pH	5,21	5,54	4,36	4,37	0,049	<,0001	<,0001	0,002	0,003	<,0001	0,982
90 dias											
Temperatura (amb- silo °C)	0,775	1,29	1,60	2,05	0,118	<,0001	<,0001	0,007	<,0001	<,0001	<,0001
pH	5,57	5,47	4,30	4,46	0,051	<,0001	0,006	0,014	<,0001	<,0001	0,168
120 dias											
Temperatura (amb- silo °C)	0,809	1,250	1,576	1,871	0,082	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,048
pH	5,58	5,49	4,16	4,91	0,051	5,531	0,004	0,674	<,0001	<,0001	<,0001
150 dias											
Temperatura (amb- silo °C)	1,263	1,416	1,811	2,357	0,101	<,0001	<,0001	0,002	<,0001	<,0001	<,0001
pH	5,56	5,53	4,38	4,74	0,045	<,0001	<,0001	0,225	<,0001	<,0001	0,002
180 dias											
Temperatura (amb- silo °C)	0,169	0,588	0,948	1,341	0,093	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0003
pH	5,57	5,57	4,38	5,28	0,046	<,0001	0,019	0,853	0,004	<,0001	<,0001

¹CON (sem inclusão de aditivo), INO (inclusão de inoculante microbiano 4g/ton *Lactobacillus plantarum*: 4×10^{10} ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici*: $2,6 \times 10^{10}$ ufc/g), AcF (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 35-45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formiato de sódio); AcP (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio; 1-5% de propionato de glicerol; 15-25% de glicerol), ²EPM (erro padrão da média), ³Trat (efeito de tratamento), Int (efeito de interação tempo*tratamento) C1(CON vs aditivos), C2(INO vs blend ácidos orgânico), C3 (AcF vs AcP).

3.2 Degradabilidade in situ:

Houve efeito de tratamento nas frações A, B, C e Kdb ($P \leq 0,002$). Não foi observado o efeito de tempo ($P > 0,05$), e o efeito de interação (tratamento*tempo) foi observado na fração C ($P = 0,028$). Ao verificar o contraste C1, os aditivos aumentaram a fração A ($P = 0,006$) e diminuíram a fração C ($P = 0,002$), em relação ao controle. Os ácidos orgânicos aumentaram a fração A, diminuíram a fração B e C, e aumentaram a Kdb em relação ao Inoculante (C2 $P \leq 0,034$). Não teve diferença significativa entre os ácidos orgânicos nas frações A, B e C (C3 $P > 0,05$), porém o AcF aumentou a Kdb ($P = 0,002$). Ao verificar o efeito nos contrastes (C1, C2 e C3), em relação ao tempo de armazenamento, houve diferença significativa na fração C no contraste 2 (INO vs. Blend de ácidos orgânicos) ($P = 0,023$).

A degradabilidade efetiva (DE) (g/kg MS) (Tabela 8) nas diferentes taxas de passagem teve efeito de tratamento, tempo e interação (tratamento*tempo) ($P \leq 0,001$). Os aditivos aumentaram a degradabilidade nas diferentes taxas de passagem avaliadas (C1 $P < 0,001$), onde os ácidos orgânicos conseguiram ser mais efetivos do que o inoculante (C2 $P < 0,001$). O tratamento AcF aumentou a degradabilidade efetiva nas taxas de passagem 50 e 80 g/kg/h em relação ao AcP (C3 $P \leq 0,012$). O efeito nos contrastes C1 e C2 dos diferentes tempos de armazenamento, foi constatado diferença significativa da degradabilidade efetiva nas diferentes taxas de passagem (20, 50 e 80 g/kg/h) ($P \leq 0,026$), sem diferença significativa no C3 em relação ao tempo ($P > 0,05$).

O desdobramento do efeito dos tratamentos nas frações A, B, C, Kdb, e nas degradabilidades efetivas (20, 50 e 80 g/kg/h), nos diferentes tempo de armazenamento pode ser observada na Tabela 9. Houve efeito dos tratamentos na fração A a partir do dia 90 ($P \leq 0,041$), onde os ácidos orgânicos aumentaram essa fração a partir do mesmo período em relação ao INO (C2 $P \leq 0,003$), com exceção ao dia 120, onde não houve diferença significativa (C2 $P = 0,083$).

Tabela 8. Frações A, B e C e degradabilidade efetiva da silagem de soja de acordo com os tratamentos experimentais.

Item	Tratamentos ¹				Abertura silos (dias)						EPM ²	Valor de P ³								
	CONT	INO	AcF	AcP	30	60	90	120	150	180		Trat	Tempo	Int	C1	C2	C3	C1 × Tempo	C2 × Tempo	C3 × Tempo
A	274	252	345	367	326	326	296	315	305	325	34,0	<0,001	0,587	0,093	0,006	<0,001	0,273	0,064	0,110	0,537
B	354	379	328	318	355	357	333	351	338	336	6,7	<0,001	0,623	0,273	0,301	<0,001	0,441	0,489	0,089	0,558
C	372	369	326	315	320	348	352	359	357	338	30,1	<0,001	0,164	0,028	0,002	<0,001	0,401	0,058	0,023	0,390
Kdb, g/kg/h ⁴	115	97	298	112	180	215	133	115	150	138	32,4	0,002	0,743	0,980	0,268	0,034	0,002	0,949	0,957	0,643
ED20 ⁵	558	560	625	623	625	604	577	582	575	587	26,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,734	0,026	0,001	0,189
ED50 ⁵	501	495	585	570	574	555	520	526	521	531	23,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,002	<0,001	0,276
ED80 ⁵	465	453	558	537	540	522	485	489	487	498	22,1	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,580

¹CON (sem inclusão de aditivo), INO (inclusão de inoculante microbiano 4g/ton *Lactobacillus plantarum*: 4x10¹⁰ ufc/g + *Propionibacterium acidipropionici*: 2,6x10¹⁰ ufc/g), AcF (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 35-45% de ácido fórmico; 15-45% de ácido propiônico; 15-20% de formiato de sódio); AcP (inclusão de blend de ácidos orgânicos 2ml/kg de matéria natural 50-60% de ácido propiônico; 15-20% de ácido fórmico; 1-5% de propionato de sódio; 1- 5% de propionato de gliceraol; 15-25% de glicerol),²EPM (erro padrão da média),³Trat (efeito de tratamento), Int (efeito de interação tempo*tratamento) C1(CON vs aditivos), C2(INO vs blend ácidos orgânico),C3 (AcF vs AcP),⁴Taxa de degradação da fração B (g/kg/h),⁵Degradabilidade efetiva (g/kg MS), considerando taxas de passagem de 20, 50 e 80 g/kg/h.

Tabela 9. Desdobramento das Frações A, B e C e da Degradabilidade efetiva, de acordo com o tempo de abertura e dos tratamentos experimentais

Item/tempo	Tratamentos experimentais				Valor de P			
	CON	INO	AcF	AcP	Trat	C1	C2	C3
A								
30	342	312	318	331	0,927	0,586	0,766	0,795
60	272	245	316	351	0,148	0,416	0,041	0,481
90	257	219	358	425	<0,001	0,058	<0,001	0,177
120	219	265	344	334	0,041	0,020	0,083	0,850
150	210	239	408	365	0,001	0,009	0,001	0,381
180	343	231	329	399	0,011	0,554	0,003	0,154
B								
30	345	390	353	330	0,353	0,648	0,109	0,502
60	342	375	365	344	0,719	0,490	0,491	0,540
90	361	415	285	271	<0,001	0,186	<0,001	0,682
120	375	364	346	318	0,380	0,258	0,293	0,406
150	368	372	280	330	0,042	0,222	0,028	0,147
180	333	360	340	312	0,568	0,880	0,256	0,409
C								
30	313	298	329	339	0,600	0,736	0,203	0,746
60	387	380	319	305	0,027	0,054	0,019	0,680
90	382	366	356	304	0,102	0,139	0,203	0,110
120	406	372	310	348	0,032	0,020	0,131	0,245
150	424	389	313	305	0,003	0,007	0,006	0,813
180	324	409	331	289	0,005	0,465	0,001	0,200
KDB								
30	116	91	307	207	0,401	0,453	0,174	0,473
60	163	111	456	129	0,056	0,544	0,139	0,023
90	84	94	301	52	0,273	0,570	0,494	0,079
120	121	88	138	115	0,987	0,951	0,752	0,866
150	166	93	246	97	0,663	0,878	0,518	0,290
180	42	106	337	70	0,146	0,262	0,421	0,061
DE20								
30	626	623	630	621	0,966	0,918	0,888	0,632
60	571	560	639	645	<0,001	0,004	<0,001	0,741
90	544	552	606	608	0,000	0,003	0,001	0,920
120	537	554	640	598	<0,001	<0,001	<0,001	0,019
150	524	542	607	628	<0,001	<0,001	<0,001	0,221
180	549	531	631	638	<0,001	0,001	<0,001	0,693
DE50								
30	570	554	589	582	0,069	0,660	0,011	0,605
60	527	500	600	595	<0,001	0,001	<0,001	0,669
90	478	479	569	554	<0,001	<0,001	<0,001	0,265
120	479	488	589	547	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
150	469	477	568	569	<0,001	<0,001	<0,001	0,935
180	484	472	593	576	<0,001	<0,001	<0,001	0,216
DE80								
30	534	512	560	553	0,004	0,483	<0,001	0,628
60	495	460	574	560	<0,001	0,002	<0,001	0,296
90	437	433	544	526	<0,001	<0,001	<0,001	0,192
120	439	447	555	514	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
150	432	436	548	533	<0,001	<0,001	<0,001	0,283
180	452	433	566	540	<0,001	<0,001	<0,001	0,060

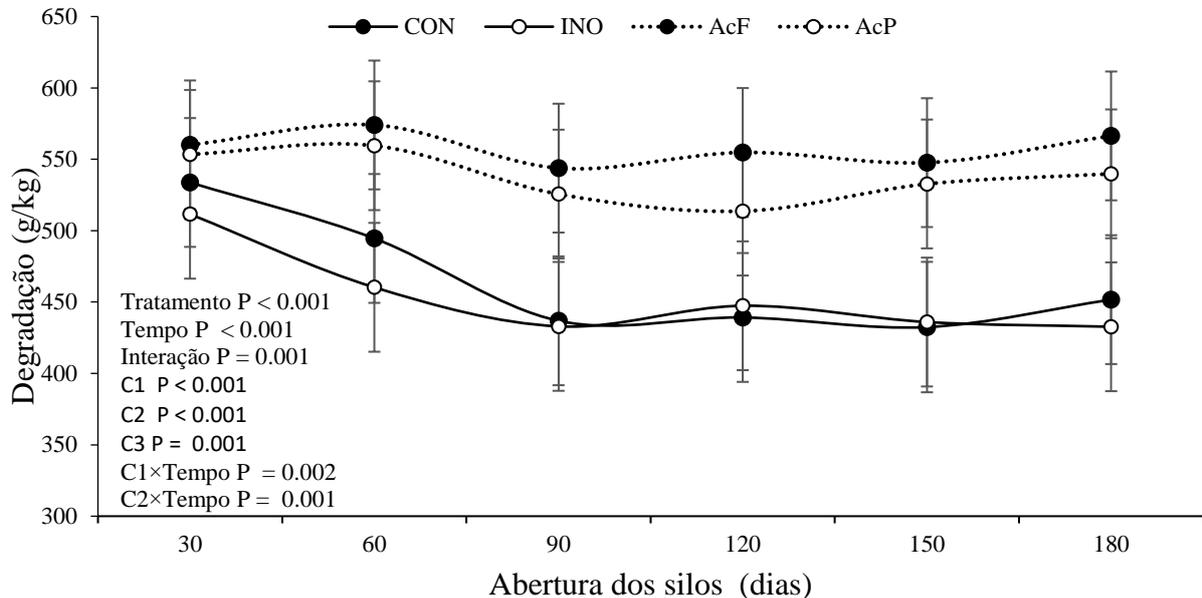


Figura 4. Degradabilidade da MS (g/kg) nos diferentes períodos de armazenamento, de acordo com os tratamentos experimentais

Na fração B, foi observado efeito de tratamento nos dias 90 e 150 ($P \leq 0,042$), onde os ácidos orgânicos diminuíram essa fração em relação ao inoculante nesses mesmos períodos (C2 $P \leq 0,028$). Com exceção dos dias 30 e 90, houve efeito de tratamento na fração C ($P \leq 0,032$). Os ácidos orgânicos diminuíram a fração C nos dias 60, 150 e 180 (C2 $P \leq 0,019$). Na análise de Kdb, não houve efeito de tratamento ao longo do período experimental ($P > 0,05$).

Houve efeito de tratamento a partir do dia 60 na DE20 e DE50 ($P < 0,001$), onde os aditivos aumentaram a degradação da MS a partir desse período (C1 $P \leq 0,004$). Os ácidos orgânicos aumentaram a degradação em relação o Inoculante (C2 $P \leq 0,001$), onde o AcF foi mais efetivo em relação ao AcP com 120 dias (C3 $P = 0,019$) no DE20 e DE50 ($P = 0,003$).

No DE80 teve efeito de tratamento ao longo do período experimental ($P \leq 0,004$), onde os aditivos foram superiores na degradação da MS a partir do dia 60 (C1 $P \leq 0,002$). Nessa taxa de passagem, os ácidos orgânicos também foram superiores na degradação efetiva em relação ao INO em todos os períodos (C2 $P < 0,001$), onde no dia 120 o AcF foi superior ao AcP (C3 $P = 0,005$).

Apesar do aumento da degradabilidade com a adição dos aditivos, é possível observar que há diminuição da degradabilidade da MS a partir de 90 dias de armazenamento (Figura 4). Aos 30 dias de ensilagem, não houve diferença significativa na degradabilidade nos diferentes tratamentos ($P > 0,05$). A partir do dia 60, os tratamentos CON e INO tiveram a diminuição da degradabilidade, se mantendo menor do que os tratamentos AcF e AcP nos após 60 dias de

armazenamento. A maior degradabilidade observada foi nos AcF e AcP, sem diferença significativa entre esses tratamentos ao longo do tempo (C3 x tempo $P=0,580$).

4 DISCUSSÃO

De maneira geral, a adição de ácidos orgânicos propiciou os melhores resultados de perdas fermentativas, valor nutricional, perfil fermentativo e degradabilidade da MS, onde esses resultados confirmam a hipótese, produzindo silagem de qualidade, independente do tempo de armazenamento. O principal objetivo ao produzir silagem, é manter o máximo da qualidade nutricional original da forragem (WILKINSON; DAVIES, 2012), e o fator fundamental na conservação é a fermentação carboidratos solúveis por bactérias anaeróbias, para resultar em ácido láctico. Portanto, a dinâmica de populações de microrganismos durante o processo de armazenamento, a fase de abertura e pós abertura, indica a qualidade da fermentação para produção de silagem (KUNG JR et al., 2003).

A diminuição da contagem de BAL com os aditivos, não afetou a concentração do lactato, aumentado a concentração desse produto no meio, com o uso dos aditivos, não prejudicando o metabolismo desses microrganismos. Entretanto, a redução do teor de etanol nas silagens tratadas com AcF e AcP, em relação ao tratamento INO, pode ter explicado pelo controle de bactérias anaeróbias, como as enterobactérias pelo AcF, e dos fungos e leveduras por AcP, as quais são capazes de converter glicose em etanol (DRIEHUIS et al., 2001). Seppala et al. (2016), ressalta que o ácido fórmico pode controlar enterobactérias, e esse ácido não tem efeito sobre leveduras em silagem misturas de gramíneas temperadas (*Phleum pratense* e *Festuca pratensis*), resultado semelhante ao encontrado nesse trabalho, na planta inteira de soja.

Fungos e leveduras são os principais microrganismos que promovem a assimilação do ácido láctico da silagem após a abertura do silo, reduzindo o potencial de conservação (PHALOW et al., 2003). Em vista disso, a dinâmica de crescimento dos microrganismos nos tratamentos explica a variação da produção dos ácidos orgânicos no processo da fermentação. A maior contagem de bactérias lácticas encontradas no INO, foi semelhante à encontrada por Gandra et al. (2018) os quais relacionaram o fato à composição do inoculante utilizado, potencializando o desenvolvimento desses microrganismos (MOON, 1983), além do que a mistura de ácidos orgânicos inibiu o crescimento de outros microrganismos. Os materiais tratados com AcP apresentaram contagens mais elevadas de bactérias lácticas em relação aos tratados com AcF. No entanto, menores contagens de fungos e leveduras foram observadas em silagens de soja tratadas com AcP em comparação com AcF. AcP é utilizado em várias culturas como alfafa, milho e azevém, cana-de-açúcar, para controle de fungos e levedura e auxiliar na

redução do pH (PEDROSO et al., 2005) e AcF é utilizado para auxiliar na rápida redução do pH do meio, com os resultados encontrados nesse trabalho comprovando a tese, em que o desenvolvimento de fungos e leveduras não foi afetado pela adição de AcF na silagem de soja de planta inteira, justamente por esse ácido não ter efeito sobre o desenvolvimento desses microrganismos (SEPPALA et al., 2016).

Em vista da dinâmica dos microrganismos, esta afeta diretamente no pH, a proteólise e o perfil da fermentação dos carboidratos (KUNG JR et al., 2003). O menor pH da silagem em todos os períodos de armazenamento, foi observado nos tratamentos com ácidos orgânicos. O pH da silagem nos períodos de abertura dos silos pode ser observada na figura 1, onde todos os períodos das avaliações, foi constatado que nos tratamentos AcF e AcP sempre estiveram abaixo do pH dos tratamentos CON e INO. Nos tratamentos CON e INO, também houve a baixa concentração de ácido lático no meio em relação aos tratamentos AcF e AcP. O ácido lático é o mais eficiente na redução do pH durante o processo da ensilagem (MUCK, 1991), com a adição do inoculante microbiano, o potencial de produção de ácido lático do tratamento tende a aumentar, porém, a diminuição do pH nesse tratamento não ficou evidenciado como nos tratamentos AcP e AcF, então, o tratamento INO, não teve efeito na redução do pH da silagem de planta inteira de soja (GANDRA et al., 2018).

Ainda assim, o INO (*L. plantarum* e *P. acidipropionic*), mistura de BAL homofermentativa e heterofermentativa, mudou o padrão de produção de ácidos orgânicos durante a fermentação. A maior concentração de propionato no tratamento INO representa que a adição desse inoculante potencializou essa maior produção, em relação ao tratamento CON. Contudo, a maior concentração de acetato e butirato na silagem com INO mostra que esse tratamento não foi eficiente para evitar a ação de microrganismos indesejáveis, como enterobactérias e clostrídios. A acidificação promovida pelo ácido lático inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, o que não foi observado no tratamento INO. A produção de ácido butírico e aminas na atividade de clostrídios, causam perdas da MS, reduzindo o valor nutricional da silagem (REIS et al., 2008).

Ao ensilar forrageiras de alto poder tampão, há maior necessidade de conteúdo de carboidratos solúveis para maior produção de ácido lático de modo a reduzir o pH para valores abaixo de 4,2, o que não ocorre nas leguminosas (LAVEZZO, 1985). Assim, essa característica da planta inteira de soja, favorece a produção de ácido acético, ácido butírico e amônia que diminuem a qualidade nutricional da forragem, mas podem elevar a estabilidade aeróbia (WILKINSON; DAVIES, 2012), afetando diretamente na qualidade da silagem após a abertura

dos silos, contudo, os resultados nesse trabalho apoiam uma fermentação mais adequada com uso de ácidos orgânicos, proporcionando menores perdas de MS.

A maior perda por gases nos tratamentos CON e INO está relacionado com a redução deficiente do pH da silagem durante a ensilagem. O atraso da diminuição do pH possibilita a atividade das enterobactérias e clostrídios que fermentam os carboidratos solúveis e produzem CO₂, água e ácido butírico, e também ocorre a proteólise formando NH₃, ocorrendo a fermentação indesejável e aumentando as perdas da MS (MOON, 1983). A maior concentração de acetato nos tratamentos INO e CON, contribuiu para a baixa eficiência da redução do pH, resultado semelhante ao encontrado Cheng et al. na ensilagem de soja planta inteira (2020). A maior produção de butirato em ambos os tratamentos corrobora com essa tese, ocorrendo maior atividade de microrganismos indesejáveis nesse período.

As maiores perdas por gás, nas silagens sem aditivo e com Inoculante, sugerem maior fermentação dos CNF nas silagens de planta inteira de soja (GANDRA et al., 2018), sendo confirmado nesse experimento. O teor de matéria seca encontrada no momento da colheita, antes da ensilagem, assemelha-se aos preconizados na literatura, para minimizar as perdas durante a ensilagem, em que estudos sugerem que estágios da soja R6 e R7 são ideais para produção de MS e acúmulo de nutrientes (MUNOZ et al., 1983; HINTZ et al., 1992). Gandra et al. (2018) encontraram teor de matéria seca do material ensilado similar ao observado neste experimento, condição preconizada para que as perdas por efluente sejam mínimas (MUCK, 1991).

Velho et al. (2007), destacaram que as silagens de milho apresentam em média, perdas de 10% da MS original durante a ensilagem. Em experimento com silagem de planta inteira de soja, sem uso de aditivos, a recuperação de MS (%) variou entre 85,85 a 93,61%, usando diferentes genótipos da região nordeste do Brasil (ZANINE et al., 2020), e 95,8 a 96,6 em cultivares da África do Sul (NKOSI et al., 2016), onde o uso de inoculantes microbianos não tiveram efeito satisfatório nesse parâmetro, resultado semelhante encontrado nesse trabalho. Essa resposta indica então que AcF e AcP suprimiu de forma mais efetiva a atividade de microrganismos não benéficos durante a fermentação (TOBIA et al., 2008). Além disso, o teor de umidade da forragem contribuiu para que as perdas por efluente não fossem alteradas. Segundo Jones e Jones (1995), quando a forragem possui teor de MS acima de 28%, dificilmente ocorrerão perdas significativas por produção de efluente durante a estocagem. A média de perdas por efluente (%MS), não foram alteradas pelos aditivos, porém, o tratamento AcP apresentou menores perdas por efluentes em comparação ao AcF. Com os resultados obtidos nas perdas, os ácidos orgânicos ocasionaram maior recuperação da MS da silagem.

Semelhante a alfafa e outras leguminosas, quando a planta inteira de soja é ensilada há dificuldade na fermentação, com baixa concentração de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão. O conteúdo de PB e CNF são fatores importantes que afetam o valor nutricional da silagem (HARGREAVES et al, 2009). A diminuição do conteúdo de PB e CNF na silagem controle foi constatado, diminuindo então a qualidade da silagem produzida sem aditivos

O aumento do nível de CNF nas silagens está relacionado com a diminuição da fração FDN nos tratamentos avaliados, resultado semelhante encontrado por Liu et al., (2018), usando ácido propiônico em silagem de alfafa. No mesmo trabalho, o uso de *L. plantarum*, não teve o mesmo efeito sobre a fração carboidratos solúveis e FDN (LIU et al., 2018), onde o uso de INO (*L. plantarum* e *P. acidipropionic*) em silagem de soja planta inteira foi mais efetivo na solubilização parcial da fração fibrosa. Portanto nesse trabalho, o efeito dos aditivos sobre os teores de FDN proporcionou a solubilização parcial do componente hemicelulose dessa fração. E também, a preservação dos carboidratos solúveis da forragem resulta em redução nos teores FDN, em silagem alfafa com uso de ácido propiônico (LIU et al., 2018), esse mesmo mecanismo pode ter ocorrido na silagem de planta inteira de soja tratada com ácidos orgânicos AcF e AcP.

O maior teor de MS em silagens com aditivos, está relacionada as menores perdas de nutrientes durante a ensilagem. A maior perda de MS e menor recuperação foi observado na silagem com inoculante microbiano, resultando em silagem de menor teor de MS. As silagens com adição de AcF e AcP apresentaram maior teor de PB, onde as silagens CON e INO sofreram maior proteólise durante o período de armazenamento. A maior produção de N-NH₃ nos tratamentos CON e INO confirmam então uma maior taxa de degradação de proteína nessas silagens. Porém, Webster et al. (1992) descreveram que silagens bem preservadas contém menos de 100 g de N-NH₃/kg de N. Portanto, as silagens produzidas nesse presente estudo tiveram o teor de N-NH₃ dentro de níveis aceitáveis para uma silagem de boa qualidade (WEBSTER et al., 1992).

O aumento de MS, PB e CNF é reflexo direto da diminuição das perdas, nos tratamentos com os ácidos orgânicos, resultado semelhante em silagens de alfafa com uso de AcP, nessas frações (LIU et al., 2018), e também no teor de MS com uso de AcF (YUAN et al., 2017). A eficiência da redução do pH com uso de AcP e AcF, reduziu as perdas de MS e aumentaram a recuperação, conservando melhor a forragem.

O perfil fermentativo das silagens afeta diretamente na estabilidade aeróbia. A relação da deterioração aeróbia do silo com o aumento da temperatura da massa da silagem e do pH ocorre devido ao metabolismo de carboidratos solúveis e ácidos orgânicos produzidos durante

a fase de fermentação da silagem, causada por leveduras e bactérias aeróbias (SPOELSTRA et al., 1988). Essa característica causa o declínio da concentração do ácido lático e carboidratos não estruturais, conseqüentemente diminui a qualidade da silagem pós abertura (KUNG JR, 2001). Maiores concentrações de acetato e propionato na fermentação inibem a deterioração aeróbia (MOON, 1983), o que pode ter contribuído a pouca elevação de temperatura nos tratamentos CON e INO. O pH baixo no momento da abertura, também é importante para diminuir a deterioração aeróbia. O ponto final ou extensão da fermentação das silagens é alcançado quando o substrato foi esgotado, onde o pH da silagem diminui até o ponto em que o crescimento microbiano é inibido, ou quando há falta de água na cultura ensilada, limitando em maior grau o crescimento bacteriano do que as leveduras (AUERBACH; NADEAU, 2003). Os valores de pH encontrados nos tratamentos CON e INO estão acima da faixa considerada ideal (3,6 a 4,2) para a eficiência da conservação da massa ensilada (WEBSTER et al., 1992), o que prejudicou a qualidade da silagem produzida nesses tratamentos. Silagens com fermentação adequada, possuem maior concentração de ácido lático e carboidratos solúveis residuais, e são mais afetados pela deterioração aeróbia (WEINBERG; MUCK, 1996), em consequência da atividade de microrganismos aeróbios oportunistas que causam a deterioração aeróbia, ocasionando maior atividade desses nos tratamentos AcF e AcP, constatado com a maior elevação de temperatura.

Silagens com produção adequada, tem maior qualidade nutricional, e isso reflete diretamente no aproveitamento da MS pelos animais, em que esse alimento tem maior potencial para ser degradado. No ensaio da degradabilidade, os tratamentos CON e INO tiveram a fração solúvel (A) em menor proporção do que os tratamentos AcF e AcP a partir dos 90 dias de armazenamento ($p \leq 0,041$), e os aditivos diminuíram a fração C a partir dos 120 dias ($p \leq 0,032$), o que contribuiu para elevar a degradabilidade efetiva da MS nas taxas de passagens avaliadas. A fração A contém açúcares e compostos nitrogenados solúveis remanescentes da fermentação (TONANI et al., 2001). A maior fração A na MS, possivelmente apresenta maior teor residual de açúcares, o que confere o maior desaparecimento da MS (PIRES et al., 2010).

Silagens com fermentação adequada tem perdas mínimas no valor nutricional da forrageira original (MUCK, 1991), e quando não adequadamente produzidas, possuem maior teor de fração fibrosa e baixa digestibilidade (BARNES, 2007), confirmando que a fermentação foi mais adequada nas silagens com adição de AcP e AcF, ocorrendo então maior taxa de degradação em silagens desses tratamentos. O valor da degradabilidade (g/kg) nos tratamentos AcF e AcP sempre se mostraram superiores do que os valores dos tratamentos INO e CON (Figura 4). O efeito positivo do inoculante bacteriano, sobre a degradabilidade in vitro da MS,

PB e FDN foi constatado por Gandra et al. (2018), porém esse efeito sobre a degradabilidade *in situ* da MS não foi constatado nesse trabalho, em relação ao tratamento CON (Figura 4).

Trabalhos com uso de ácidos orgânicos na ensilagem de outras culturas também relatam a melhoria do perfil fermentativo e da qualidade nutricional da silagem produzida com esses aditivos, ácido propionico e ácido fórmico (ROWGHANI; ZAMIRI, 2009; ARTHUR, 2019). Ao usar o aditivo com base de ácido fórmico (98%) na ensilagem de milho, Rowghani e Zamiri (2009), elevou a produção de ácido láctico, maior teor de PB e MS, e elevou a degradabilidade da MS. Resultado semelhante encontrado na pesquisa do Arthur (2019), onde foi testado aditivo químico com base de ácido propionico (35%) na ensilagem de milho, constatando-se que esse tratamento diminuiu as perdas e manutenção da estabilidade aeróbia. O potencial de uso desses aditivos químicos (AcF e AcP) também é relatado com uso em leguminosas como a alfafa, melhorando o perfil fermentativo e diminuindo perdas de MS (YUAN et al., 2017; LIU et al., 2017), resultados semelhantes encontrado nesse trabalho, na ensilagem de planta inteira de soja. A melhora do perfil fermentativo e da qualidade nutricional das silagens com adição de ácidos orgânicos contribuiu com a melhora na degradabilidade efetiva, como acontece em outras culturas com uso desses aditivos.

Os parâmetros estabelecidos como indicador de potencial do material para uma fermentação desejável foram baseados em gramíneas sem considerar a habilidade das leguminosas produzir silagens com resultados por não se enquadrar nesses índices estipulados (capacidade tampão, umidade e concentração de carboidratos solúveis) (SANTANA et al., 2019). Entretanto, com os resultados mostrados nesse trabalho, a silagem de soja planta inteira pode ser uma alternativa para produção de volumoso de alto valor nutricional.

De acordo com os resultados observadas, aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento há ainda grande variação no perfil fermentativo da silagem, com participação ativa de microrganismos que são prejudiciais na qualidade da silagem, não tendo redução adequada do pH nos tratamentos CON e INO, aumentando as perdas e prejudicando a fermentação e qualidade da forragem nesses tratamentos, sendo considerável a abertura dos silos a partir de 120 dias de armazenamento. Ainda, há ressalvas ao usar o inoculante bacteriano (*L. plantarum* e *P. acidipropionic*), pois a silagem produzida com o uso do inoculante, apresentou maiores perdas em todos os períodos (>10% na MS). Com destaque ao uso dos aditivos a base de ácidos orgânicos (AcF e AcP) os quais propiciaram uma silagem de soja planta de alto valor nutricional.

5 CONCLUSÃO

A adição de ácidos orgânicos (a base de ácido fórmico e ácido propiônico) tem maior potencial na ensilagem de planta inteira de soja, diminuindo as perdas e melhorando a fermentação e a qualidade nutricional da silagem. O inoculante bacteriano influenciou negativamente no perfil fermentativo, com maior perda de MS, maior produção de propionato e butirato e menor teor de PB. A fermentação da silagem estabiliza após os 90 dias de armazenamento, em que os silos podem ser abertos a partir dos 120 dias.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC International. **Official methods of analysis of AOAC International**. Gaithersburg, Md.: AOAC International, 2000.

ARTHUR, B. A. V. Efeito do aditivo químico a base de ácido propiônico e ácido fórmico em silagens de milho: perfil fermentativo e desempenho de vacas leiteiras. 2019. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. doi:10.11606/D.11.2019.tde-17122019-174838. Acesso em: 2021-02-12.

AUERBACH, H.; NADEAU, E. Effects of chemical additives on whole crop maize silage traits. **Proceedings 22 International Grassland Congress**. Sydney, New South Wales, Australia, New South Wales Department of Primary Industry, Orange, New South Wales Australia (2013).

BALIEIRO NETO, G. et al. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 621–630, 1 jun. 2009.

BARNES, R. F. et al. Forages: the science of grassland agriculture Volume II. **Forages: the science of grassland agriculture Volume II**, n. Ed. 6, 2007.

BRICENO, A. G.; MARTINEZ, R. Comparison of methods for the detection and enumeration of lactic acid bacteria. **Archivos latinoamericanos de nutrición**. 45:207-212. 1995

BRITT, D. G.; HUBER, J. T.; ROGERS, A. L. Fungal growth and acid production during fermentation and re-fermentation of organic acid treated corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 4, p. 532–539, 1975.

CASALI, A. O. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 37, n. 2, p. 335-342, Feb. 2008

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical chemistry**, v. 8, p. 130–132, abr. 1962.

CHENG, Q. et al. Effects of LAB inoculant and cellulase on the fermentation quality and chemical composition of forage soybean silage prepared with corn stover. **Grassland Science**, v. 67, n. 1, p. 83–90, 2021.

DEL VALLE, T. A. et al. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 3, p. 630–638, 2018.

DOUGLAS, N. et al. Effects of bacterial inoculation on the fermentation characteristics and aerobic stability of ensiled whole plant soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **South African Journal of Animal Science**, v. 2016, p. 129, 2016.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or

without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, n. 4, p. 330–343, 2001.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile Fatty Acid Analyses of Blood and Rumen Fluid by Gas Chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768–1771, 1961.

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.

GOBETTI, S. T. C. et al. Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (*Glicine max*) para ruminantes. **Revista Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 603–616, 2011.

Hanna, W. W., and L. E. Sollenberger. Tropical and subtropical grasses. Pages 245–256 in **Forages: The Science of Grassland Agriculture**. R. F. Barnes, C. J. Nelson, K. J. Moore, and M. Collins, ed. Blackwell Publishing, Ames, IA. 2007

HARGREAVES, A.; HILL, J.; LEAVER, J. Effect of stage of growth on the chemical composition, nutritive value and ensilability of whole-crop barley. **Animal Feed Science and Technology - ANIM FEED SCI TECH**, v. 152, p. 50–61, 1 jun. 2009.

HINTZ, R. W.; ALBRECHT, K. A.; OPLINGER, E. S. Yield and Quality of Soybean Forage as Affected by Cultivar and Management Practices. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 5, p. 795–798, 1992.

JONES, D. I. H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 2, p. 73–81, 1995.

KUNG JR, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. **Silage science and technology**, v. 42, p. 305–360, 2003.

KUNG, L. et al. Added Ammonia or Microbial Inocula for Fermentation and Nitrogenous Compounds of Alfalfa Ensiled at Various Percents of Dry Matter¹. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 2, p. 299–306, 1984.

KUNG, L. Jr. Aditivos microbianos e químicos para silagem – Efeitos na fermentação e resposta animal. In: **Workshop Sobre Milho para Silagem**, 2, Piracicaba, 2000. FEALQ. p. 53 – 74. 2001

KUNG, L.; MUCK, R. E. **Silage additives: where are we going**. Proceedings of the XVII international silage conference, July. **Anais...**2015

LAVEZZO, W. 1985. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**. 11(132):50-57.

LIMA, J. A. DE et al. Soybean silage and sugarcane tops silage on lamb performance. **Ciência Rural**, v. 44, p. 757, 2014.

LIMA, R. et al. Multifactorial models to assess responses to sorghum proportion, molasses and bacterial inoculant on in vitro quality of sorghum–soybean silages. **Animal Feed Science and Technology**, v. 164, n. 3, p. 161–173, 2011.

LIU, Q. H.; DONG, Z.H T.; SHAO, T. Effect of additives on fatty acid profile of high moisture alfalfa silage during ensiling and after exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 236, Pages 29-38, 2018.

MEDEIROS, S. R. de; COSTA, G. R. da; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte Fundamentos e aplicações**. Brasília: EMBRAPA, 2015. 176p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>

MOON, N. J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 55, n. 3, p. 453–460, 1983.

MUCK, R. E. Silage fermentation. In... **Mixed cultures in biotechnology**. New York. McGraw Hill, 1991. p. 171-204.

MUNOZ, A. E.; HOLT, E. C.; WEAVER, R. W. Yield and Quality of Soybean Hay as Influenced by Stage of Growth and Plant Density1. **Agronomy Journal**, v. 75, n. 1, p. 147–149, 1983.

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, ago. 2017.

NRC. COUNCIL, N. R. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001**. Washington, DC: The National Academies Press, 2001.

PAHLOW, G. et al. Microbiology of ensiling. **Silage science and technology**, v. 42, p. 31–93, 2003.

PEDROSO, A. et al. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 62, n. 5, p. 427–432, 2005.

PIRES, A. J. V et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 391–400, 2010.

PLAYNE, M. J.; MCDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, n. 6, p. 264–268, 1966.

Rabie, C. J.; Lubben, A.; Marais, G. J.; Jansen V. V. H. Enumeration of fungi in barley. **International Journal of Food Microbiology**. 35:117-127. 1997.

REIS, R. A. et al. Efeito de doses de *Lactobacillus buchneri* "CEPA NCIMB 40788" sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**. 9:923-934. 2008.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.23, p.538-545, 2004.

ROWGHANI, E. BRAHI. The effects of a microbial inoculant and formic acid as silage additives on chemical composition, ruminal degradability and nutrient digestibility of corn silage in **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 10, 2009.

SANTANA, J. et al. Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de glicíndia submetida a diferentes períodos de fermentação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 76, n. 0 SE-FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 4 abr. 2019.

SCHMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento da cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: **Produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá, 2008.

SEPPÄLÄ, A. et al. Effects of additives on the fermentation and aerobic stability of grass silages and total mixed rations. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 3, p. 458-471, 2016.

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

SOUZA, W. F. et al. Dry matter intake and performance of Nellore steers fed diets based on different proportions of soybean and corn silages. In: **Annual Meeting of The American Society of Animal Science**, 2008, Indianapolis 2008.

SPOELSTRA, S. F.; COURTIN, M. G.; BEERS, J. A. C. VAN. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 111, n. 1, p. 127–132, 1988.

STELLA, L. et al. Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 1 SE-FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 31 mar. 2016.

TOBÍA, C. et al. Nutritional value of soybean (*Glycine max* L. Merr.) silage fermented with molasses and inoculated with *Lactobacillus brevis* 3. **Livestock Research for Rural Development**, v. 20, 2008.

TONANI, F. L. et al. Degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, 2001.

TOUNO, E. et al. Evaluation of feeding value of forage soybean silage as a substitute for wheat bran in sheep. **Animal science journal**, v. 85, n. 1, p. 46–52, jan. 2014.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct 1991.

VELHO, J. P. et al. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1532–1538, 2007.

WEBSTER, J. *The Biochemistry of Silage* (Second Edition). By P. McDonald, A. R. Henderson and S. J. E. Heron. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications, (1991), pp. 340, £49.50, ISBN 0-948617-225. **Experimental Agriculture**, v. 28, n. 1, p. 125–125, 1992.

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 19, n. 1, p. 53–68, 1996.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 1, p. 1–19, 2013.

XU, C. et al. Effect of an inoculant and enzymes on fermentation quality and nutritive value of erect milkvetch (*Astragalus adsurgens* Pall.) silages. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 20, n. 3, p. 449–460, 2011.

YUAN, X; WEN, A.; DESTA, S.T.; DONG, Z; SHAO, T. Effects of four short-chain fatty acids or salts on the dynamics of nitrogen transformations and intrinsic protease activity of alfalfa silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Jul;97(9):2759-2766. 2017

Zanine, A. M. et al. Fermentative profile, losses and chemical composition of silage soybean genotypes amended with sugarcane levels. **Scientific Reports** 10, 21064. 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento alimentar é fundamental em um sistema de produção animal, e o uso de alimento de alto valor nutricional como opção para volumoso na dieta de animais ruminantes pode se tornar uma boa estratégia quando o alimento é produzido de forma adequada.

A conservação da soja planta em forma de silagem pode ser uma alternativa viável, onde a produção do alimento nesse trabalho, mostrou resultados como a ótima qualidade nutricional. Estratégias que busquem melhorar o perfil fermentativo na ensilagem da soja, e conseqüentemente o aproveitamento dos nutrientes pelos animais, podem significar ganhos no desempenho animal, e as tecnologias de produção e armazenamento podem auxiliar numa melhor estratégia nutricional e manejo alimentar.

Com a comprovação do potencial de uso dos aditivos na ensilagem da cultura da soja, proporciona outra opção de finalidade para o cultivo. Entretanto, outras pesquisas podem ser feitas para desenvolver mais o uso dessa técnica em propriedades, como a avaliação de custos e desenvolvimento de cultivares com finalidade forrageira, contribuindo com a difusão de conhecimentos e tecnologias e com desenvolvimento de sistemas de produção.