



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDRÉ MARTINS DE SOUZA

**MÉTODOS DE DESIDRATAÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA
BRANCA: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, QUALIDADE
NUTRICIONAL DA SILAGEM PRÉ-SECADA E
DESEMPENHO DE NOVILHOS EM CONFINAMENTO**

ANDRÉ MARTINS DE SOUZA

**MÉTODOS DE DESIDRATAÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA
BRANCA: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, QUALIDADE
NUTRICIONAL DA SILAGEM PRÉ-SECADA E
DESEMPENHO DE NOVILHOS EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor

Orientador: Prof. Valter Harry Bumbieris Junior
Co-orientador: Prof. Mikael Neumann

Londrina -PR
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Souza, Andre Martins .

Métodos de desidratação de forragem de aveia branca: composição bromatológica, qualidade nutricional da silagem pré-secada e desempenho de novilhos em confinamento / Andre Martins Souza. - Londrina, 2023.
119 f. : il.

Orientador: Valter Harry Bumbieris Junior.

Coorientador: Mikael Neumann.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Ácidos orgânicos - Tese. 2. Desempenho animal - Tese. 3. Fermentação de carboidratos - Tese. 4. Gênero bacteriano - Tese. I. Harry Bumbieris Junior, Valter . II. Neumann, Mikael. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

CDU 636

ANDRÉ MARTINS DE SOUZA

**MÉTODOS DE DESIDRATAÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA
BRANCA: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, QUALIDADE
NUTRICIONAL DA SILAGEM PRÉ-SECADA E
DESEMPENHO DE NOVILHOS EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Junior
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Edson Luis de Azambuja Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dra. Odimari Pricila Prado Calixto
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Rodrigo da Costa Gomes
Embrapa Gado de Corte

Prof. Dra. Marina de Nadai Bonin Gomes Universidade
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

Londrina, 27 de outubro de 2023.

SOUZA, André Martins. **Métodos de desidração de forragem de aveia branca: composição bromatológica, qualidade nutricional da silagem pré-secada e desempenho de novilhos em confinamento**. 2023. 119p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

A região sul do Brasil possui em sua essência a produção de bovinos a pasto, e somente é permitida tal forma de produção devido suas características climáticas, no entanto, existem períodos do ano que a produção forrageira é comprometida, gerando déficit na alimentação dos animais. Em sistemas de produção intensiva isso se torna impraticável e dessa forma se faz necessário buscar alternativas como a utilização de silagem pré-secada, que tem por objetivo disponibilizar aos animais uma alimentação padronizada o ano todo. Contudo, a confecção deste alimento é dependente de fatores climáticos, devido a necessidade de realizar a desidração da forragem após seu corte. Dentro deste contexto, o presente estudo buscou alternativas mais eficazes para realizar a desidração da forragem, e assim garantir a produção de uma silagem pré-secada de qualidade. O delineamento experimental para avaliar as características físico-químicas e microbiológicas das silagens pré-secadas foi o de blocos ao acaso, composto por 3 tratamentos, sendo: três métodos de desidração da forragem (Mecânico, Mecânico + Composto químico bacteriano e Glifosato), com cinco repetições cada. Ao avaliar o desempenho animal, o delineamento experimental foi de blocos inteiramente casualizados, composto por dois tratamentos, sendo dois métodos de desidração da forragem (Mecânico e Mecânico + Composto químico bacteriano), com cinco repetições cada. A taxa de desidração da forragem foi superior no método Mecânico + Composto químico bacteriano (0,82% hora), seguido do Mecânico (0,69% hora) e do uso do Glifosato (0,08% hora). A silagem pré-secada confeccionada a partir da forragem dessecada pelo Glifosato possuiu as maiores perdas de matéria seca durante o processo fermentativo, em relação as demais (20,11%). As concentrações de hemicelulose (21,17%), celulose (27,27%) e lignina (3,20%) foram inferiores quando a confecção da silagem pré-secada se deu com forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano. A produção de gás via fermentação de carboidratos não fibrosos foi superior para as silagens pré-secadas confeccionadas a partir dos métodos de desidração Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico (177, 99 e 107,36 mL g⁻¹ de MS respectivamente). As maiores concentrações de ácido acético (3,96 g kg) e iso-butírico (0,78 g kg) se deu na silagem pré-secada confeccionada com a forragem dessecada pelo Glifosato. Em relação a diversidade microbiológica e a riqueza não houve diferença entre as silagens pré-secadas testadas, mas a abundância relativa de filo e genero foram alteradas. Ao avaliar as silagens pré-secadas frente ao desempenho animal observou maior digestibilidade aparente da matéria seca e da fibra insolúvel em detergente neutro para a silagem pré-secada confeccionada com a forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano em relação ao Mecânico (80,42% contra 77,81% e 70,97% vs 68,83% respectivamente). O método de desidração Mecânico + Composto químico bacteriano foi mais eficaz que os demais, gerando uma silagem pré-secada de melhor qualidade bromatológica, com maiores taxas de degradação ruminal. O Glifosato não trouxe tantos prejuízos para o processo fermentativo, no entanto, quando se deu o seu uso na dessecção da forragem, a silagem pré-secada obteve maior proteólise que as demais, menor concentração de carboidratos solúveis, e uma significativa redução de sua

degradação ruminal.

Palavras-Chave: Ácidos orgânicos, Desempenho animal, Fermentação de carboidratos, Gênero bacteriano, Perdas.

SOUZA, André Martins. **Methods of dehydration of white oat forage: bromatological composition, nutritional quality of haylage and performance of steers feedlots.** 2023. 119p. Tese (Doctorate degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

Southern Brazil has in its essence the production of cattle on pasture, and this form of production is only possible due to its climatic characteristics, however, there are periods of the year when forage production is compromised, resulting in a deficit in animal feed. In intensive production systems this becomes impractical, and it is therefore necessary to look for alternatives such as the use of pre-dried silage, which aims to provide the animals with a standardized diet throughout the year. However, the production of this food depends on climatic factors, due to the need to dry the forage after harvest. In this context, the present study sought more efficient alternatives for forage dehydration, and thus guarantee the production of a quality haylage. The experimental design to evaluate the physical-chemical and microbiological characteristics of haylage was randomized blocks, consisting of 3 treatments, being: three methods of forage dehydration (Mechanical, Mechanical + Bacterial chemical compound and Glyphosate), with five repetitions each. When evaluating animal performance, the experimental design was completely randomized blocks, consisting of two treatments, two methods of forage dehydration (Mechanical and Mechanical + Bacterial chemical compound), with five replications each. The forage dehydration rate was higher in the Mechanical + Bacterial chemical compound (0.82% hour), followed by the Mechanical (0.69% hour) and Glyphosate (0.08% hour) treatments. The haylage made from forage dried by Glyphosate had the highest losses of dry matter during fermentation (20.11%), in relation to the others. The concentrations of hemicellulose (21.17%), cellulose (27.27%) and lignin (3.20%) were lower when the haylage was made from forage dehydrated by the Mechanical + Bacterial chemical compound. Gas production by fermentation of non-fiber carbohydrates was higher for haylage made using the Mechanical + Bacterial chemical compound, and Mechanical treatments (177.99 and 107.36 mL g⁻¹ DM, respectively). The highest concentrations of acetic acid (3.96 g kg) and iso-butyric acid (0.78 g kg) occurred in haylage made with forage dried by Glyphosate. Regarding microbiological diversity and richness, there was no difference between the haylages tested, but the relative abundance of phylum and genus were altered. When evaluating haylages considering animal performance, there was higher apparent digestibility of dry matter and neutral detergent insoluble fiber for haylage made from forage dehydrated by the Mechanical + Bacterial chemical compound compared to the Mechanical method (80.42% against 77.81% and 70.97% vs 68.83%, respectively). The Mechanical + Bacterial chemical compound was more effective than the others, resulting in a haylage of better chemical quality, with higher rumen degradation rates. The Chemical method did not bring so many damages to the fermentation process, however, haylage produced from forage desiccated with glyphosate obtained greater proteolysis than the others, lower concentration of soluble carbohydrates, and a significant reduction of ruminal degradation.

Key words: Animal performance, Bacterial genus, Carbohydrate fermentation, Losses, Organic acids.

LISTA DE FIGURAS

6 ARTIGO A

Figura 1. Temperaturas máxima e mínima (°C) e média de precipitação em mm durante o período experimental.....36

Figura 2. Taxa de desidratação da forragem de aveia branca submetida a três métodos de desidratação para confecção de silagem pré-secada.....41

Figura 3. Estrutura cuticular da folha de aveia branca submetida a três métodos de desidratação.....43

Figura 4. Taxa de degradação ruminal, (% MS) das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação.....47

7 ARTIGO B

Figura 1. Temperaturas máxima e mínima (°C) e média de precipitação em mm durante o período experimental.....57

Figura 2. Produção de gás durante o período de incubação da silagem pré-secada de aveia branca submetida a três métodos de desidratação68

8 ARTIGO C

Figura 1. Temperaturas máxima e mínima (°C) e média de precipitação em mm durante o período experimental.....76

Figura 2. Abundância relativa da comunidade bacteriana em nível de filo das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação.....83

Figura 3. Abundância relativa da comunidade bacteriana em nível de gênero das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação..84

Figura 4. Análise de componentes principais para os parâmetros fermentativos e os principais gêneros bacterianos presente nas silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação.....88

9 ARTIGO D

Figura 1. Taxa de desidratação da forragem de aveia submetida a dois métodos de desidratação para confecção de silagem pré-secada 106

LISTA DE TABELAS

6 ARTIGO A

Tabela 1. Características da lavoura de aveia branca no momento do corte38

Tabela 2. Perdas fermentativas e composição químico bromatológica de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação 44

7 ARTIGO B

Tabela 1. Composição químico bromatológica das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação59

Tabela 2. Teores de Celulose, hemicelulose e lignina e fracionamento de carboidratos de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação63

Tabela 3. Cinética da degradação ruminal *in situ* da MS e da FDN da silagem pré-secada de aveia branca submetida a três métodos de desidratação65

Tabela 4. Cinética de degradação de carboidratos *in vitro* de silagens pré-secadas de aveia branca submetidas a três métodos de desidratação67

8 ARTIGO C

Tabela 1. Características da lavoura de aveia branca no momento do corte78

Tabela 2. Estabilidade aeróbica e perfil fermentativo de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação81

Tabela 3. Avaliação da α diversidade microbiana em nível de Filo e Gênero de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação..82

9 ARTIGO D

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas experimentais obtidas a partir de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 104

Tabela 2. Composição bromatológica das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 107

Tabela 3. Cinética de degradação ruminal da MS e da FDN da silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 109

Tabela 4. Comportamento ingestivo de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 110

Tabela 5. Produção média de esterco em kg dia⁻¹ e digestibilidade aparente das dietas de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 111

Tabela 6. Desempenho produtivo de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 112

Tabela 7. Características de carcaça de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação 114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
°C	Graus celsius
µm	Micras
ANOVA	Análise de variância
AOL	Area de olho de lombo
CA	Conversão alimentar
Ca	Cálcio
CEUA	Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação
cm	Centímetros
CNF	Carboidratos não fibrosos
Co	Cobalto
CO ₂	Dióxido de carbono
Coni	Comportamento oral não ingestivo
CT	Carboidratos totais
Cu	Cobre
CV	Coeficiente de variação
DA	Digestibilidade aparente
DAH ₇ P	3-desoxi-arabinoheptulsonato-7-fosfato
DE	Degradabilidade efetiva
EA	Estabilidade aeróbica
EE	Extrato etéreo
EGP	Espessura de gordura de picanha
EGS	Espessura de gordura subcutânea
EPM	Erro padrão da média
EPSPs	5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase
F	Flúor
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
Fe	Ferro
g	Gramas
GMD	Ganho médio diário
H	Hora
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
ha	Hectare
I	Iodo
IMS	Ingestão de matéria seca
IMSPV	Ingestão de matéria seca em porcentagem do peso vivo
K ₂ O	Óxido de potássio
K ₂ SO ₄	Sulfato de potássio
kg	Quilo grama
KOH	Hidróxido de potássio
L	Litros

LDA	Lignina em detergente ácido
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
MAPA	Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento
Máx	Máximo
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
mg	miligrama
MHz	Megahertz
Min	Mínimo
mL	Mililitro
MM	Matéria mineral
mm	Milímetro
Mn	Manganês
MS	Matéria seca
MSf	Matéria seca final
Msi	Matéria seca inicial
N	Nitrogênio
n°	Número
Na	Sódio
NT	Nitrogênio total
O ₂	Oxigênio
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PC	Peso corporal
PEP	Fosfoenolpiruvato
pH	Potencial hidrogeniônico
PIDA	Proteína em detergente ácido
PIDN	Proteína em detergente neutro
PVC	Policloreto de vinila
R ²	Coefficiente de determinação
rpm	Rotação por minuto
RTM	Ração totalmente misturada
S	Enxofre
Se	Selênio
<i>spp</i>	Espécie
t	Tonelada
Temp	Temperatura
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFC	Unidade formadora de colônia
UNICENTRO	Universidade Estadual do Centro-Oeste
Zn	Zinco
β	Beta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 AVEIA BRANCA	14
2.2 SILAGEM PRÉ-SECADA	15
2.3 MÉTODOS DE DESIDRATAÇÃO DA FORRAGEM.....	15
2.3.1 Mecânico	15
2.3.2 Glifosato	16
2.3.3 Mecânico + Composto químico bacteriano	18
2.3.3.1 <i>Bacillus spp.</i>	18
2.3.3.2 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	19
2.3.3.3 <i>Bacillus subtilis</i>	19
2.3.3.4 <i>Propionibacterium acidipropionici</i>	19
2.3.3.5 Sulfato de potássio	20
2.3.3.6 Celulase	20
2.4 PROCESSO FERMENTATIVO	21
2.4.1 Fases do Processo Fermentativo	21
2.5 MICROBIOMA	23
3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
4 HIPÓTESE	30
5 OBJETIVOS	31
5.1 OBJETIVO GERAL	31
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
6 ARTIGO A - A DESIDRATAÇÃO MAIS EFICAZ DA FORRAGEM DE AVEIA BRANCA MELHORA A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E REDUZ PERDAS NA SILAGEM PRÉ-SECADA	32
7 ARTIGO B - A DESIDRATAÇÃO MAIS EFICAZ DA FORRAGEM DE AVEIA BRANCA ALTERA A CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS E A CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA SILAGEM PRÉ-SECADA	53
8 ARTIGO C - O PADRÃO FERMENTATIVO E A ABUNDÂNCIA BACTERIANA DA SILAGEM PÉ-SECADA DE AVEIA BRANCA SÃO ALTERADOS PELO MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO DA FORRAGEM	73
9 ARTIGO D - O MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO DA PLANTA DE AVEIA BRANCA MELHORA A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM PRÉ-SECADA, ASSIM COMO O DESEMPENHO PRODUTIVO DE NOVILHOS RECRIADOS INTENSIVAMENTE EM CONFINAMENTO	95
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	118

1 INTRODUÇÃO

A região sul do Brasil possui destaque no cenário nacional no tocante a eficiência dos sistemas agropecuários intensivos. Esta eficiência é assegurada por produtores que não mantem suas terras ociosas no decorrer do ano, e, de forma exemplar promovem rotações de culturas de verão, que em sua maioria são destinadas a produção de grãos, com forragens de estação fria, que são destinadas à alimentação animal, e dessa forma, aumentam a lucratividade na propriedade (FONTANELI et al., 2016; HORST et al., 2017).

A região Sul tem em sua essência a produção animal a pasto, o que lhe é permitido devido ao alto potencial produtivo e as ótimas condições de cultivo de forragens de estação fria (OLIVEIRA, 2009). Mesmo com características climáticas favoráveis à produção de forragem, existem períodos de escassez alimentar, e a utilização de alimentos conservados como alternativas para suprir as demandas nutricionais dos animais se faz necessário (JOBIM et al., 2010; AMORIM et al., 2017).

Todavia, utilizar alimentos conservados apenas nos períodos de déficit alimentar não é o mais recomendado, mas sim utilizar destes alimentos o ano todo, visando uma uniformização da alimentação animal e fazendo desta estratégia uma das formas de maximizar a produção animal (MEINERZ et al., 2015). Dentre os alimentos conservados utilizados na pecuária pode-se citar as silagens, os fenos e as silagens pré-secadas. Em países europeus no ano de 2008 já era registrado a mais de uma década a vasta utilização de silagem pré-secada em seus sistemas pecuários, logo, no Brasil seu uso vem ganhando espaço e cada vez mais pecuaristas utilizam deste alimento em seus sistemas (RAGNARSSON; LINDBERG, 2008; COSTA et al., 2019).

O que pode ser um entrave para a maior utilização deste alimento é a necessidade de possuir equipamentos específicos para sua confecção, pois a forragem necessita ser segada, revolvida com auxílio de ancinhos até atingir teor de matéria seca pré estabelecido, e posteriormente ensilada. O objetivo da desidratação da forragem é garantir que após a vedação do silo ocorra o desenvolvimento de um ambiente favorável ao desenvolvimento de bactérias produtoras de ácidos, o que irá reduzir o pH do meio e inibir a proliferação de bactérias indesejáveis, garantindo a manutenção da qualidade nutricional e estabilidade da silagem pré-secada (SOUNDHARRAJAN et al., 2017; NATH et al., 2018; COSTA et al., 2019).

O método de desidratação mais usual é o convencional, onde a forragem é segada, revolvida e após atingir teor de matéria seca ideal é ensilada, no entanto, este método é altamente dependente de fatores climáticos, e o tempo prolongado que a forragem pode permanecer no campo aumenta a chance de ocorrer perdas decorrentes de intempéries climáticas (BOLLER, 2012; AMORIM et al., 2017). Uma alternativa que visa tornar a confecção da silagem pré-secada menos onerosa e mais eficiente é realizar a aplicação de desseccantes na planta antes do corte (PEREIRA; REIS, 2001), método este utilizado em estudo desenvolvido por Carneiro et al. (2017) e Bueno et al. (2020), os quais utilizaram o glifosato como desseccante.

Entretanto, além das já citadas, busca-se outras alternativas que possam vir a ser mais eficazes, e no que diz respeito a desidratação da forragem, um método promissor é o uso de Composto químico bacteriano que visa acelerar a desidratação da forragem ao promover alterações no tempo de fechamento dos estômatos da planta após o corte e também em sua camada cuticular, porém ainda estudos necessitam ser realizados para melhor compreensão de seus efeitos.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da realização da desidratação da forragem pelo método Mecânico, Mecânico + Composto químico bacteriano e uso do Glifosato como desseccante, frente a taxa de desidratação da forragem, qualidade bromatológica, perfil fermentativo e microbiológico da silagem pré-secada, e o efeito destas silagens pré-secadas no desempenho animal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AVEIA BRANCA

Os primeiros relatos de cultivo de aveia foi a aproximadamente 1.000 a.C na Europa Central (SMARTT; SIMMONDS, 1995). Entretanto, foi no norte e oeste da Europa que este cereal evoluiu como cultura (TAVARES et al., 1993). A introdução desta cultura no Brasil não esta bem definida, mas existem fortes indícios que foram os espanhóis quem tenham a trazido para o país.

A aveia (*Avena spp.*) é um gênero botânico pertencente à família das *Poaceae*, composto por aproximadamente 450 espécies, porém as mais cultivadas são *Avena sativa* (aveia branca) e *Avena strigosa* (aveia preta) (FLOSS, 1988a;1988b). Anatomicamente a Aveia branca é constituída por raízes fibrosas, fasciculadas e apresenta raízes seminais e adventícias, os colmos são eretos e cilíndricos, compostos por nós (sólidos) e entrenós (cheios quando verdes e ocos quando maduros), e possui uma panícula piramidal, terminal e aberta, que possui espiguetas contendo de um a três grãos (BONNETT, 1961).

Esta cultura apresenta alguns períodos críticos durante seu desenvolvimento. A germinação, fase do emborrachamento, floração e a primeira etapa de formação dos grãos são caracterizados por períodos que possuem maior demanda hídrica, logo, durante a maturação dos grãos e colheita, a precipitação deve ser mínima (CASTRO et al., 2012). Ainda mesmos autores relatam que, mesmo existindo períodos críticos para seu desenvolvimento, a aveia branca não é tão exigente em termos de solo, tolerando solos ácidos (pH de até 4,5) e alcalinos (pH de até de 8,5), contudo, seu desenvolvimento ótimo se dá em locais com pH entre 5,0 e 6,0.

No cenário agropecuário a aveia branca apresenta uma certa versatilidade, podendo ser utilizada para formação de pastagem, confecção de silagem, silagens pré-secadas, fenos, e também pode ser destinada à produção de grãos, onde estes teram como destino a alimentação animal e humana (FONTANELI et al., 2009). Outra característica marcante da aveia branca é sua capacidade de produzir expressivos volumes de biomassa por hectare e alta ciclagem de nutrientes (PISSINATI et al., 2016; WOLSCHICK et al., 2016).

2.2 SILAGEM PRÉ-SECADA

A silagem pré-secada é menos utilizada ao se comparar com fenos e silagens convencionais, principalmente ao se tratar de gramíneas tropicais. Esta forma de conservação é caracterizada pela desidratação da forragem antes de realizar seu armazenamento, procedimento este que faz com que seu teor de matéria seca seja intermediário entre o feno e a silagem convencional (BRAGACHINI et al., 2008; BERNARDES et al., 2014).

A vantagem da confecção da silagem pré-secada em relação ao feno é o menor tempo que o material permanece exposto no ambiente, reduzindo os riscos de perdas advindas de condições climáticas indesejáveis, como, chuvas, pouca radiação solar, alta umidade relativa do ar (PEREIRA; REIS, 2001; AMORIN et al., 2017).

Promover a desidratação da forragem após seu corte tem por objetivo reduzir a proliferação de bactérias do gênero *clostridium*, a produção de ácido butírico, reduzir o consumo de carboidratos solúveis por estes microrganismos, evitar a produção de efluentes, elevar a relação entre ácido láctico e ácido acético, que tem por objetivo inibir o crescimento de microrganismos espoliadores, reduzir a produção de amônia e garantir maior preservação do material ensilado (BERTO; MÜHLBACH, 1997; PEREIRA; REIS, 2001; SOUNDHARRAJAN et al., 2017).

Uma vez confeccionada de maneira correta, a silagem pré-secada apresenta aroma agradável, alta palatabilidade e coloração marrom claro. Caso sua coloração seja marrom escuro, ha um forte indicio da ocorrência de reação de Maillard, o que é pouco desejavel, pois quando o material ensilado atinge temperaturas acima de 50 °C ocorre a redução da quantidade de açucares e grupamentos aminos (ENSMINGER et al., 1990; VAN SOEST, 1994; SHIBAO; BASTOS, 2011).

2.3 MÉTODOS DE DESIDRATAÇÃO DA FORRAGEM

2.3.1 Mecânico

O método de desidratação mecânico (convencional) consiste em apenas realizar o revolvimento da forragem após seu corte, pratica está que é imprescindível para garantir a sua melhor desidratação, visto que a face exposta ao

solo apresenta uma menor desidratação (PEREIRA; REIS, 2001).

Após o corte, o suprimento de água pelas raízes é interrompido de forma abrupta mas o processo respiratório se mantém, fazendo com que enzimas continuem em atividade, levando ao consumo de polissacarídeos (SILVA et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2013).

Imediatamente após o corte os estômatos da planta também se mantêm abertos, contribuindo para que a perda de água seja mais intensa (REIS et al., 2001), sendo esta a primeira fase da desidratação. Entretanto, os estômatos permanecem abertos por aproximadamente uma hora após o corte e seu fechamento se dá à intensa perda de água e elevação da concentração de ácido abscísico, decorrente ao estresse (REIS et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002).

Após o fechamento estomático a perda de água tende a ser mais lenta, uma vez que esta ocorre via cuticular, e esta estrutura tem por finalidade conferir à planta resistência a desidratação (TAIZ; ZEIGER, 2004). Devido a estes eventos, a segunda fase da desidratação da planta é altamente dependente de fatores climáticos (NASCIMENTO et al., 2013).

Com o passar do tempo pós corte, inicia a terceira fase da desidratação, fase esta que é marcada pela plasmólise celular e pelo comprometimento de sua permeabilidade seletiva (TAIZ; ZEIGER, 2004). A perda da permeabilidade por parte das células vegetais é um ponto crítico na confecção da silagem pré-secada, pois a ocorrência da reidratação da forragem advinda do excesso de orvalho ou chuva poderá causar danos tanto no processo fermentativo quanto na qualidade final do produto gerado, devido a lixiviação de nutrientes (REIS et al., 2001).

Os processos fisiológicos que ocorrem nas plantas desde o seu corte até a realização da sua ensilagem fazem com que o método de desidratação mecânico seja altamente dependente do clima, e estes fatores instigam a pesquisa a buscar outras alternativas menos dependentes de fatores climáticos ou que potencializem a desidratação pelo método mecânico, fazendo com que o tempo que a forragem permaneça exposta no ambiente seja menor e reduza a ocorrência de perdas.

2.3.2 Glifosato

Uma alternativa que vem sendo utilizada no campo a tempos, no entanto com estudos científicos ainda incipientes, é a utilização de dessecantes

químicos na forragem antes do corte.

Dentre os herbicidas existentes no mercado, o glifosato que é considerado um agroquímico de baixa toxicidade, possui maior potencial dessecante devido sua ação sistêmica na planta e possui licença para o tratamento de forragens destinadas a alimentação animal (DE ANDRADE et al., 2003). Segundo Amarante Junior et al. (2002) o glifosato é considerado um herbicida seguro pois, sua rota de ação é inexistente em animais.

O N-(phosphonomethyl)glycine (Glifosato) foi descoberto em 1964, e seu uso como herbicida teve início em 1971 (YAMADA; CASTRO, 2007). O glifosato apresenta ação não seletiva, sistêmica, e sua maior absorção ocorre na superfície foliar. Logo após absorvido é translocado pela via simplástica até se depositar nos meristemas responsáveis pelo crescimento vegetal (JUNIOR; SANTOS, 2002; GUIMARÃES et al., 2009).

O glifosato inibe especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), a qual catalisa a síntese do ácido chiquímico, que é responsável pela conversão dos carboidratos derivados da glicólise e da rota pentose fosfato em aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), e estes aminoácidos são precursores de alcalóides, flavonoides, ácidos benzoicos, além de serem importantes para síntese proteica e divisão celular em regiões meristemáticas (BINAROVÁ et al., 1994; AMARANTE et al., 2002; ZOBIOLE et al., 2010).

A reação entre o chiquimato-3-fosfato com o fosfoenolpiruvato (PEP) que é catalisada pela EPSPs se dá em duas fases. Primeiramente a enzima EPSPs se liga ao chiquimato, e posteriormente o complexo formado irá se ligar com o PEP, e formará a 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato. Quando o glifosato é absorvido ele é carregado até o cloroplasto, e se liga ao complexo EPSPs-chiquimato-3-fosfato, realizando uma mudança na conformação estrutural da molécula e deformando o sitio de ligação com o PEP, o que inibe as reações entre as moléculas (HERRMANN, 1995).

O glifosato também pode levar a modificação na permeabilidade seletiva das membranas celulares, alterando a funcionalidade das aquaporinas, ou seja, o transporte de água nas células vegetais será alterado, reduzindo a absorção de água por parte da planta (ZOBIOLE et al., 2010).

O bloqueio da formação do complexo EPSPs-chiquimato-3-fosfato aumenta a demanda por eritrose-4-fosfato, em resposta ao aumento da ação da

enzima 3-desoxi-arabinoheptulsonato-7-fosfato (DAHP). Essas ações desviam o carbono que seria utilizado no Ciclo de Calvin para a rota do chiquimato através da ribulose-4-fosfato e assim a regeneração da ribulose bifosfato se torna limitada, reduzindo a atividade fotossintética da planta (GEIGER; BESTMAN, 1990).

Ao avaliarem o efeito do uso de herbicida a base de glifosato na confecção de silagem pré-secada de aveia Carneiro et al. (2017) encontraram reduções nas perdas de matéria seca ao comparar com o método mecânico, porém, sugerem o desenvolvimento de mais estudos para a adequada recomendação deste produto. Bueno et al. (2020) também avaliaram o efeito do uso de herbicida a base de glifosato nas doses (0, 0,5, 0,75 e 1 L ha⁻¹) na composição química e estabilidade aeróbica da silagem pré-secada e obtiveram melhores resultados com a dose de 0,5 L ha⁻¹.

2.3.3 Mecânico + Composto químico bacteriano

Além dos métodos de desidratação acima citados, podemos fazer referencia ao método Mecânico + Composto químico bacteriano, o qual tem por objetivo intensificar a desidratação da forragem através da associação do método mecânico com um composto químico bacteriano, o qual é um composto constituído por bactérias e enzimas. Este composto é constituído por *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, *Propionibacterium acidipropionici*, sulfato de potássio e celulase.

2.3.3.1 *Bacillus spp.*

As bactérias do gênero *Bacillus* pertencem a família Bacillaceae, grupo este que é altamente heterogêneo e atualmente inclui mais de 60 espécies, são gram-positivas, formadoras de endósporos, quimioheterótrofos, móveis, rodeados de flagelos, possuem formato de bastonete, podem ser anaeróbias ou aeróbias facultativas (SILVA et al., 2021). As células bacterianas deste gênero apresentam tamanho que varia de 0,5 a 2,5 µm x 1,2-10 µm (BERGEY; HOLT, 2000; ANDERSON, 2003).

Os *Bacillus spp.* estão presentes em solos, possuem alta tolerância térmica, rápido crescimento em cultura líquida, pronta formação de esporos resistentes, e são considerados agentes biológicos seguros (SHODA, 2019). Além de

serem produtoras de biosurfactantes lipoproteicos, produzem iturina, surfactina e outras substancias com atividade antimicrobiana (BARROS et al., 2007).

2.3.3.2 *Bacillus amyloliquefaciens*

Os *Bacillus amyloliquefaciens* comumente encontradas no solo produzem biosurfactantes com função emulsificante, e redutores da tensão superficial (AQUINO, 2011; BUENO, 2014). A emulsificação e solubilização de compostos insolúveis em água pode vir a facilitar o crescimento de microrganismos (FRANCI et al., 1991).

Além da produção de biosurfactantes, estas bactérias produzem enzimas (proteases, alfa-amilases e lipases), as quais vem sendo amplamente utilizadas devido a facilidade de manipulação, capacidade de liberação para o meio extracelular, reduzido tempo de reação e estabilidade em condições extremas (GOPINATH et al., 2017).

2.3.3.3 *Bacillus subtilis*

Os *Bacillus subtilis*, comumente encontradas no solo, produzem a surfactina, a qual possui estrutura anfifílica, ou seja, uma parte é polar e hidrofílica e outra apolar e hidrofóbica e está estrutura é associada com uma alta atividade surfactante, com alto poder de redução de tensão superficial (BARROS et al., 2007; QUEIROGA; NASCIMENTO; SERRA, 2003; LANG, 2002).

Além de biosurfactantes, os *B. Subtilis* produzem diversos antibióticos, como a bacilomicina, iturina, micosubtilina, bacilisina, fengicina, plipastatina e micobacilina. Dentre eles a iturina a qual apresenta atividade antifúngica vem sendo estudada e ganhando destaque, devido seu potencial de afetar a morfologia e a estrutura da membrana celular de leveduras (TONINI; REZENDE; GRATIVOL, 2010). Entretanto, para que haja a produção destes é necessário a existência de substratos adequados (SHODA, 2019).

2.3.3.4 *Propionibacterium acidipropionici*

Propionibactérias acidipropionici são bactérias heterofermentativas

anaeróbicas facultativas não esporuladas, possuem forma de bastonetes e utilizam a via do ácido dicarboxílico como a principal via para produzir ácido propiônico, juntamente com acetato e succinato como subprodutos de açúcares (WANG et al., 2013).

A ação antimicótica do ácido propiônico o credencia a ser utilizado como inoculante para silagens, e é importante destacar que, uma vez reduzida a proliferação de fungos e leveduras, as ocorrências de deteriorações e perdas também serão reduzidas (CARDOSO et al., 2019). O efeito antimicótico do ácido propiônico é reforçado à medida que o pH diminui, tornando-se um ácido desejável para melhorar a estabilidade aeróbica da silagem (MUCK; PITT, 1994).

2.3.3.5 Sulfato de potássio

O sulfato de potássio é um composto químico, cuja fórmula é K_2SO_4 . Sua formação se dá através da reação de neutralização do ácido sulfúrico (H_2SO_4) com o hidróxido de potássio (KOH). Tal composto apresenta em sua composição 50% de K_2O e 45% enxofre (S).

Em especial o potássio, que apresenta maior proporção neste composto químico é de rápida absorção quando tem sua aplicação via foliar, o que é desejável, por ser responsável pela regulação da turgidez de tecidos e a abertura e fechamento dos estômatos (PES; ARENHARDT, 2015). Sendo estes um dos pontos primordiais quando se tem por objetivo a confecção de uma silagem pré-secada de qualidade.

2.3.3.6 Celulase

Celulases são enzimas responsáveis pela degradação da celulose, principal composto presente nas células vegetais. A celulose é um polissacarídeo formado por várias unidades de glicose unidas entre si por meio de ligações químicas (MARTINS et al., 2008).

O grupo das celulases é composto por três enzimas, sendo as endoglucanases, exoglucanases e β -glicosidases. As endoglucanases agem na região interna da fibra de celulose e liberam oligossacarídeos. Logo, as exoglucanases agem nas extremidades das fibras de celulose e liberam unidades de

glicose ou celobiose, que são compostos menores, formados por duas unidades de glicose. Já as β -glicosidases quebram as ligações químicas existentes na celobiose e liberam as unidades de glicose (CASTRO; PEREIRA, 2010).

2.4 PROCESSO FERMENTATIVO

O processo fermentativo pode ser classificado como uma metabiose, causada pelo desenvolvimento simultâneo e sucessivo de diversos microrganismos em meio anaeróbico (PEREIRA; SANTOS, 2006). No entanto, a espécie forrageira a ser armazenada pode moldar o tipo de microrganismo que irá se desenvolver no interior dos silos, pois cada espécie apresenta em seu ponto ótimo de corte, teores de matéria seca, concentração de carboidratos solúveis e capacidade tampão distintos.

Diante deste exposto, nota-se que o processo fermentativo é mais complexo do que aparenta, principalmente ao se tratar de gramíneas de clima temperado, pois estas possuem teores de umidade muito elevados no momento do corte. Plantas colhidas muito úmidas favorecem o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias, que são produtoras de CO₂, etanol, ácido acético, amônia e efluentes, o que vem a reduzir o valor nutricional da silagem (MCDONALD, 1991; MUCK et al., 2003; SANTOS; ZANINE, 2006).

Ao ensilar gramíneas é comum realizar a correção do teor de matéria seca da forragem através de sua desidratação, prática que tem por finalidade, restringir a extensão da fermentação durante o processo de conservação e reduzir a incidência de fermentações secundárias indesejáveis (PEREIRA; REIS, 2001; NEUMANN et al., 2010).

Em linhas gerais o processo fermentativo é dividido em quatro etapas, sendo: fase aeróbica, fase de transição, fase anaeróbica e a fase de estabilidade anaeróbica (MCDONALD et al., 1991).

2.4.1 Fases do Processo Fermentativo

A fase aeróbica é o momento que ocorre o recebimento e acomodação do material a ser ensilado, esta é marcada pela grande presença de O₂ ainda existente, intensa respiração celular e geração de calor (MOUSQUER et al., 2013). As enzimas presentes nas plantas ainda se mantem ativas, as proteases

iniciam quebra de proteínas em aminoácidos, e as carboidrases elevam a quantidade de carboidratos solúveis que serão utilizados na fermentação. Segundo McDonald et al. (1991) e Muck (2010) quanto mais rápido se encerrar esta fase, menores serão os prejuízos.

Vale ressaltar que quando se realiza a confecção de silagem pré-secada alguns acontecimentos acima listados, como a respiração celular e a ação de carboidrases já ocorrem no campo, ou seja, no momento que a forragem está sendo desidratada, e se sua desidratação for lenta, o processo fermentativo ficará comprometido pela redução da concentração de carboidratos solúveis.

A fase de transição da aerobiose para a anaerobiose é influenciada pelo tempo de vedação do silo. Quanto menor o tempo de vedação, menor será o tempo necessário para que o consumo de O₂ remanescente ocorra, e inicie a fase anaeróbica. Nesta fase ocorre o predomínio de bactérias heterofermentativas, produtoras de ácido acético, sendo estas encarregadas de reduzir parcialmente o pH na massa ensilada. A redução do pH determinará supressão da atividade das bactérias acéticas e outros microrganismos (NEUMANN, 2010).

A fase anaeróbica ocorre a partir do momento que se tem a ausência de oxigênio no interior do silo, e a partir daí inicia a fermentação dos carboidratos solúveis. A fermentação destes carboidratos é realizada por bactérias ácido láctico, as quais crescem rapidamente e reduzem o pH da forragem para valores de 4,0 a 4,5 devido a produção de ácidos orgânicos como os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, sendo o último indesejado (MUCK, 2010; MACÊDO et al., 2017). A duração desta fase pode variar entre 10 a 14 dias, pois é dependente principalmente da concentração de carboidratos solúveis, da capacidade tampão e do teor de umidade da forragem, e passado este período se inicia a fase de estabilidade aeróbica.

Na fase de estabilidade anaeróbica ocorre a inibição do crescimento dos microrganismos, tornando o material ensilado estável, mas não isento de reações, o pH nesse momento está em torno de 3,5 a 4,0 em materiais úmidos, ou até acima de 4,5 em materiais emurchecidos, contudo só há manutenção dessa estabilidade enquanto persistirem as condições básicas que a geraram (NEUMANN, 2010). Algumas enzimas ácido tolerantes continuam ativas, causando leve hidrólise de carboidratos estruturais, como a hemicelulose (DROUIN; LAFRENIÈRE, 2012).

2.5 MICROBIOMA

Os microrganismos no interior do silo podem ser classificados de duas formas: microrganismos desejáveis para o processo de conservação das características nutricionais da forragem, como as bactérias ácido lácticas, e os microrganismos indesejáveis, como clostrídios, enterobactérias, mofo e leveduras, que afetam a qualidade do material ensilado (MUCK, 2010).

Entretanto, além das concentrações de carboidratos solúveis, o teor de matéria seca do material a ser ensilado molda o ecossistema microbiano da silagem, pois existem microrganismos que apresentam melhor ou pior desenvolvimento em ambientes com maior ou menor atividade de água, e uma forma de melhor detalhar o ecossistema microbiano nestas diferentes situações é empregar técnicas de sequenciamento gênico (LI et al., 2019).

A tecnologia de sequenciamento gênico tornou a classificação do ecossistema microbiano em níveis de filo e gênero precisa, e está sendo cada vez mais utilizada para analisar a população microbiana em silagens (NI et al., 2017; WANG et al., 2018), e aprofundar o conhecimento referente a real ação que as bactérias de cada gênero realizam, pois algumas ações ainda são desconhecidas ou não estão completamente elucidadas.

As bactérias do gênero *Pantoea* não tem sua ação completamente definida Ogunade et al. (2018), porém estes autores e Guan et al. (2018) supõe que as bactérias pertencentes a este gênero são capazes de reduzir o nitrogênio amoniacal durante a fase fermentativa e converter carboidratos solúveis em ácidos orgânicos.

As bactérias dos gêneros *Sphingobacterium* e *Stenotrophomonas* segundo Guo et al. (2021) são capazes de realizar o sequestro de dióxido de carbono (CO₂) durante a fase fermentativa, cooperando com a redução da emissão de gases e perda de nutrientes.

3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE JR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589- 593, 2002.
- AMORIM, D. S.; CARNEIRO, S. S.; NASCIMENTO, R. R.; SILVA, A. L. Pré-secado: uma alternativa para aumentar a segurança alimentar dos rebanhos no período de escassez de forragem. **Revista eletrônica de Veterinaria**, v.18, n.11, p.1-13, 2017.
- ANDERSON, T.-H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 98, n. 1, p. 285–293, 2003.
- AQUINO, P. L. M. Produção de biossurfactantes a partir de *Bacillus velezensis* utilizando resíduos agroindustriais como substrato. 2011. 82 f. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2011.
- BARROS; F. F. C.; QUADROS, C. P.; JUNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Surfactina, Propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicação em alimentos. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 409-414, 2007.
- BERGEY, D. H.; HOLT, J. G. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 9. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- BERNARDES, T. F; REGO, A. C. Study on the pratices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 3, p. 1852-1861, 2014.
- BERTO, J.; MÜHLBACH, P. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 651-658, 1997.
- BINAROVÁ, P.; CVIKROVA, M.; HAVLICKÝ, T.; EDER, J.; PLEVKOVA, J. Changes of shikimate pathway in glyphosate tolerant alfalfa cell lines with reduced embryogenic ability. **Biologia Plantarum**, v. 36, n. [sn], p. 65-73, 1994.
- BOLLER, W. Máquinas para a colheita e conservação de forragens. *In*: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. Forrageiras para Integração Lavoura-PecuáriaFloresta na Região Sul-Brasileira. Brasília, **EMBRAPA**. p. 367-434, 2012.
- BONNETT, O. T. **The oat plant: Its histology and development**. Illinois Agriculture. Station, 1961.
- BUENO, G. F. Produção de biossurfactantes utilizando resíduos agroindustriais como substrato. **Tese de Doutorado** - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2014.
- BUENO, A. V. I.; JACOVACI, F. A.; RIBEIRO, M. G.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P.; TRES, T. T.; ROSSI, R. M. Chemical composition, aerobic stability, and fermentation pattern of white oat silage wilted with glyphosate. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41,

n. 3, p. 971-984, 2020.

BRAGACHINI, M.; CATTANI, P.; GALLARDO, M.; PEIRETTI, J. **Forrajes: Conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional**. 6. ed. 2008.

CARDOSO, L. L.; RIBEIRO, K. G.; MARCONDES, M. I.; PEREIRA, O. G.; WEIB, K. Chemical composition and production of ethanol and other volatile organic compounds in sugarcane silage treated with chemical and microbial additives. **Animal Production Science**, v. 59, n. 4, p. 721-728, 2019.

CARNEIRO, M. K.; NEUMANN, M.; JUNIOR, J. C. H.; HORST, E. H.; LEÃO, G. F. M.; GALBEIRO, S.; POCZYNEK, M. Mechanical and chemical dehydration for pre-drying of black oat silage. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 981-995, 2017.

CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M. D.; NETO, J. F. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2012.

CASTRO, A. M.; PEREIRA JR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 181-188, 2010.

COSTA, M. L. L.; DE RESENDE, A. S. C.; DUARTE, I. N. H.; LIMA, N. R.; MOREIRA, G. R. Valor nutricional da silagem pré-secada de capim Tifton-85. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 26-33, 2019.

DE ANDRADE, J. B.; JÚNIOR E. F.; POSSENTI R. A. Uso dos herbicidas paraquat e glifosato como dessecante no processo de ensilagem. **Boletim de Industria Animal**, v. 60, n. [sn], p. 23-38, 2003.

DROUIN, P.; LAFRENIERE, C. Clostridial spores in animal feeds and milk. In: CHAIYABUTR, N. (1ed.) **Milk production: an up-to-date overview of animal nutrition, management and health**. Rijeka: Intech, 2012. p. 375-394.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. **Feeds & Nutrition**. 2ª ed. Califórnia: The Ensminger Publishing Company. 1990.

FLOSS, E. L. E. Aveia. In: BAIER, A. C.; FLOSS, L. E.; AUDE, M. I. S. As lavouras de inverno - 1. **Rio de Janeiro: Globo**, 1988a. p. 17-74.

FLOSS, E. L. Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp.) e azevém (*Lolium* sp.). In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Simpósio sobre manejo da pastagem** – 9 ed. Piracicaba: FEALQ, 1988b. p. 231-268.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; JUNIOR, A. N.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2116-2120, 2009.

GEIGER D. R.; BESTMAN H. D. Self-limitation of herbicide mobility by phytotoxic action. **Weed Science**, p.324-329, 1990.

GOPINATH, S.C.B.; ANBU, P.; ARSHAD, M.K.M.; LAKSHMIPRIYA T., VOON C.H.;

HASHIM, U.; CHINNI, S.V. Biotechnological Processes in Microbial Amylase Production. **Biomed Research International**, v. 1, p. 1-9, 2017.

GUAN, H.; YAN, Y. H.; LI, X. L.; LI, X. M.; SHUAI, Y.; FENG, G. Y.; RAN, Q.; CAI, Y.; LI, Y.; ZHANG, X. Microbial communities and natural fermentation of corn silages prepared with farm bunker-silo in Southwest China. **Bioresource Technology**, v. 265, n. [sn], p. 282–290, 2018.

GUO, X.; ZHENG, P.; ZOU, X.; CHEN, X.; ZHANG, Q. Influence of Pyroligneous Acid on Fermentation Parameters, CO₂ Production and Bacterial Communities of Rice Straw and Stylo Silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, n. 12, p. 1862, 2021. doi: 10.3389/fmicb.2021.701434

GUIMARÃES, A. A.; FERREIRA, E. A.; VARGAS, L.; SILVA, A. A.; VIANA, R. G.; EMUNER, A. J.; CONCENÇO, G.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; REIS, M. R.; SILVA, A. F. Chemical composition of the epicuticular wax of Italian ryegrass biotypes resistant and susceptible to glyphosate. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 149-154, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000100019>

HERRMANN K. M. The shikimate pathway: Early steps in the biosynthesis of aromatic compounds. **The Plant Cell. Waterbury**, v. 7, n. 7, p. 907-919, 1995. doi: 10.1105/tpc.7.7.907

HORST, E. H.; NEUMANN, M.; MAREZE, J.; LEÃO, G. F. M.; DOCHWAT, A. Silagem pré-secada de cereais de inverno em estágio de pré florescimento: Revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 4, p. 415-423, 2017.

HU, W.; SCHMIDT, R. J.; MCDONELL, E. E.; KLINGERMAN, C. M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 8, p. 3907-3914, 2009. doi: 10.3168/jds.2008-1788

JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GAI, V. F., CALIXTO JUNIOR, M. C.; SANTOS, G. T. Qualidade da silagem de grãos de milho com adição de soja crua e parâmetros de digestibilidade parcial e total em bovinos. **Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000100015>

JUNIOR, O. P. A.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000400014>

LANG, S. Biological Amphiphiles (Microbiol Biosurfactants). **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 7, n. 1-2, p. 12-20, 2002.

MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; de OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. Microbiologia de silagens: Revisão de literatura. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1-11, 2017.

MARTINS, A. S.; VIEIRA, P. F.; BERCHIELLI, T. T.; PRADO, I. N. Degradabilidade e volumosos utilizando enzimas fibrolíticas. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 30, n. 4, p. 435-442, 2008.

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

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; NÖRNBERG, J. L.; VIÉGAS, J.; AGNOLIN, C. A.; SCHEIBLER, R. B.; SKONIESK, F. R.; ZIECH, M. F.; QUATRIN, M. P. Use of remaining biomass of cold season pastures for conserved forage production. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1390-1398, 2015.

MOUSQUER, C. J.; SILVA, M. R.; CASTRO, W. J. R.; FERNANDES, G. A.; FERNANDES, F. F. D.; SILVA FILHO, A. S.; FEIJÓ, L. C.; FERREIRA, V. B. Potencial de utilização de silagem de gramíneas tropicais não convencionais e cana-de-açúcar. **PUBVET**, v. 7, n. 22, p. 1-32, 2013.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. suplementar, p. 183- 191, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>

NASCIMENTO, M. C. O.; SOUZA, B. B.; SILVA, F. V.; MELO, T. S. Armazenamento de forragem para caprinos e ovinos no semiárido do nordeste. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 20-27, 2013. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i4.374>

NATH, C. D.; NERES, M. A.; SCHEIDT, K. C.; BERSOT, L. S.; SUNAHARA, S. M. M.; SARTO, J. R. W.; STANGARLIN, J. R.; GOMES, S. D.; SERENO, M. J.; PERIN, A. P. Characterization of Tifton 85 bermudagrass haylage with different layers of polyethylene film and storage time. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 8, p. 1197-1204, 2018. doi: 10.5713/ajas.17.0604

NEUMANN, M. **Produção e Utilização de Silagem de Milho na Nutrição de Ruminantes**. Instituto de Estudos Pecuários – IEPEC, 2010, 170p.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 187-195, 2010.

NI, K.; WANG, F.; ZHU, B.; YANG, J.; ZHOU, G.; PAN, Y.; TAO, Y.; ZHONG, J. 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. doi: 10.1016/j.biortech.2017.04.055

OGUNADE, I. M.; JIANG, Y.; PECH CERVANTES, A. A.; KIM, D. H.; OLIVEIRA, A. S.; VYAS, D.; WEINBERG, Z. G.; JEONG, K. C.; ADESOGAN, A. T. Bacterial diversity and composition of alfalfa silage as analyzed by Illumina MiSeq sequencing: effects of *Escherichia coli*. O157:H7 and silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n.3, p. 2048–2059, 2018. doi: 10.3168/jds.2017-12876

OLIVEIRA, M. N. S.; OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A.; MERCIER, H.; SILVA, M. A. P. Sensibilidade estomática ao ABA em função do pH e de níveis de Ca²⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ na seiva do xilema. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 117-123, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202002000200006>

OLIVEIRA, J. T. Distribuição estacional de forragem, valor Nutritivo e rendimento de grãos de cereais de Inverno de duplo propósito. **Dissertação de mestrado**. Universidade de Passo Fundo, 2009.

PEREIRA J. R. A.; REIS R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. *In*: JOBIM C. C.; CECATO U.; DAMASCENO J. C.; DOS SANTOS G. T. **Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá, 2001, p. 64-68.

PEREIRA, O. G.; SANTOS, E. M. Microbiologia e o processo de fermentação em silagens. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. n. 3, 2006, Viçosa: UFV, **Anais...** 2006. p. 393-430.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

PISSINATI, A.; MOREIRA, A.; SANTORO, P. H. Biomass yield and nutrients concentration in shoot dry weight of winter cover crops for no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 47, n. 20, p. 2292-2305, 2016. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1243711>

QUEIROGA, C. L.; NASCIMENTO, L. R.; SERRA, G. E. Evaluation of Paraffins 84 Biodegradation and Biosurfactant Production by *Bacillus subtilis* in the Presence of Crude Oil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, n. 4, p. 321-324, 2003.

RAGNARSSON, S.; LINDBERG, J. E. Nutricional value of Timothy haylage in Icelandic horses. **Livestock Science**, v. 113, n. 2, p. 202-208, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.010>

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; PEDREIRA, M. S. Técnicas para produção e conservação de feno de forrageiras de alta qualidade. *In*: JOBIM, C. C.; CECATO, U.; DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G. T. **Produção e Utilização de Forragens Conservadas**. Maringá, 2001, p.1-39.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 6, p. 895-904, 2011. doi: 10.1590/S1415-52732011000600010

SHODA, M. **Biocontrol of Plant Diseases by *Bacillus subtilis***. 1ed. 2019.

SILVA, M. E. C.; RODRIGUES, R. B.; ULIAN, A. A. Revisão das propriedades metabólicas do *Bacillus subtilis* e suas aplicações biotecnológicas favoráveis à biocenose. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, v. 2, n. 2, p. 01, 2021. doi: 10.51161/rem/s/1157

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, 2006.

SOUNDHARRAJAN, I.; KIM, D. H.; SRISHESHARAM, S.; KUPPUSAMY, P.; PARK, H. S.; YOON, Y. H.; KIM, W. H.; SONG, Y. G.; CHOI, K. C. Application of customised

bacterial inoculants for grass haylage production and its effectiveness on nutrient composition and fermentation quality of haylage. **Biotech**, v. 7, n. 5, P. 321-330, 2017. doi: 10.1007/s13205-017-0965-5

SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. **Evolution of crop plants**. 2^a. ed. England: Longman Scientific & Technical, 1995.

STORM, I. M. L. D.; KRISTENSEN, N. B.; RAUN, B. M. L.; SMEDSGAARD, J.; THRANE, U. Dynamics in the microbiology of maize silage during whole-season storage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 109, n. 3, p. 1017-1026, 2010. doi: 10.1111/j.1365-2672.2010.04729.x

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3^a.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 499-507, 1993.

TONINI, R. M. C. W.; REZENDE, C. E.; GRATIVOL, A. D. Degradação e Biorremediação de Compostos do Petróleo por Bactérias, **Oecologia Australis**, v. 14, n. 4, p. 1025-1035, 2010.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 1994.

WANG, Y.; WANG, C.; ZHOU, W.; YANG, F. Y.; CHEN, X. Y.; ZHANG, Q. Effects of wilting and *Lactobacillus plantarum* addition on the fermentation quality and microbial community of *Moringa oleifera* leaf silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n.1817, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01817>

WANG, Z.; SUN, J.; ZHANG, A.; YANG, S. T. Propionic Acid Fermentation. *In*: YANG, S. T.; El-Enshasy, h. a.; Thongchul, N. Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers. John Wiley & Sons, 2013. p. 331-350

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R.S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016. doi: 10.5965/223811711522016134

YAMADA, T.; CASTRO, P. **Efeito do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônômicas**. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Encarte Técnico, n.119, 2007.p. 1-32.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JR, R. S.; KREMER, R. J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C. M.; MUNIZ, A. S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide biochemistry and physiology**. v. 97, p. 182- 193, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.01.004>

4 HIPÓTESE

A taxa de desidratação da forragem que recebera o Composto químico bacteriano será mais intensa que os demais métodos (Mecânico e com Glifosato), reduzindo o tempo que a forragem permanecerá exposta no campo.

Os métodos de desidratação testados (Mecânico + Composto químico bacteriano, Mecânico e o uso do Glifosato) não iram prejudicar o processo fermentativo das silagens pré-secadas, assim como não prejudicaram a abundância dos microrganismos responsáveis pelo processo fermentativo.

As silagens pré-secadas produzidas apresentaram adequado valor nutricional, não promoveram rejeição pelos animais durante o período de alimentação, mas a silagem pré-secada confeccionada a partir da forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano pode apresentar melhores resultados, devido alguns constituintes do composto auxiliar na degradação do alimento.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito que a aplicação de Glifosato e do Composto químico bacteriano causa na qualidade bromatológica, no perfil fermentativo, no microbioma e na estabilidade aeróbica da silagem pré-secada de aveia branca, além de avaliar o efeito destas silagens no desempenho animal.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a produtividade de biomassa verde e seca, e a composição física da forragem;

Avaliar a taxa de desidratação proporcionada por cada método de desidratação;

Avaliar o efeito que cada método de desidratação causa na cutícula da lamina foliar através de microscopia eletrônica de varredura (MEV);

Avaliar a composição química das silagens pré-secadas no momento da abertura dos silos;

Avaliar o perfil fermentativo das silagens pré-secadas, a partir da determinação da concentração dos ácidos: láctico, acético, propiônico, butírico, isobutírico e da concentração de nitrogênio amoniacal;

Avaliar a microbiologia das silagens pré-secadas;

Avaliar as perdas de matéria seca durante o processo fermentativo;

Avaliar a estabilidade aeróbica das silagens pré-secadas;

Avaliar a taxa de degradação ruminal das silagens pré-secadas por método *in situ*;

Avaliar a cinética da degradação ruminal das silagens pré-secadas por método *in situ*;

Avaliar a cinética da degradação dos carboidratos das silagens pré-secadas por método *in vitro*;

Avaliar as silagens pré-secadas frente ao desempenho animal e comportamento ingestivo.

6 ARTIGO A - A DESIDRATAÇÃO MAIS EFICAZ DA FORRAGEM DE AVEIA BRANCA MELHORA A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E REDUZ PERDAS NA SILAGEM PRÉ-SECADA

MORE EFFECTIVE DEHYDRATION OF WHITE OAT FORAGE IMPROVES CHEMICAL COMPOSITION AND REDUCES LOSSES IN HAYLAGE

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a taxa de desidratação das plantas, as perdas durante a fase de fermentação, a composição químico-bromatológica e o desaparecimento ruminal da silagem pré-secada obtida a partir de três métodos de desidratação da forragem de aveia, sendo: 1) Mecânico; 2) Mecânico + Composto químico bacteriano, o qual é constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase; e 3) Glifosato como dessecante. Para a confecção das silagens pré-secadas foi utilizando aveia branca (*Avena sativa*), cultivar GMX Tambo. A taxa de desidratação da forragem foi superior no método Mecânico + Composto químico bacteriano (0,82% hora), seguido do Mecânico (0,69% hora) e Glifosato (0,08% hora). As perdas de matéria seca foram maiores quando a forragem foi dessecada com glifosato, chegando a 20,11%. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína em detergente neutro (PDIN) e proteína em detergente ácido (PIDA) (51,64%, 30,46%, 19,45% e 5,19% respectivamente) foram menores na silagem pré-secada confeccionada a partir do método Mecânico + Composto químico bacteriano. Assim, este método foi mais eficaz, garantindo maior taxa de desidratação da forragem, melhor qualidade químico-bromatológica e melhor degradação ruminal da silagem pré-secada.

Palavras-chave: Carboidratos não fibrosos, Degradação ruminal, Glifosato, Produção de efluentes.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the dehydration rate of plants, losses during the fermentation phase, chemical-bromatological composition and Rumen degradability rate of haylage obtained from three methods of dehydration of oat forage, being: 1) Mechanic; 2) Mechanical + Bacterial chemical compound, which consists of *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1.0×10^9 UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1.0×10^9 UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1.0×10^9 UFC, potassium sulfate and cellulase; and 3) Glyphosate as a desiccant. For the preparation of the haylage was using white oats (*Avena sativa*), cultivar GMX Tambo. The forage dehydration rate was higher in the Mechanical method + Bacterial chemical compound (0.82% hour), followed by Mechanical (0.69% hour) and Glyphosate (0.08% hour). The dry matter losses were greater when the forage was desiccated with glyphosate, reaching 20.11%. The contents of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent protein (NDP) and acid detergent protein (ADP) (51,64%, 30,46%, 19,45% and 5.19% respectively) were lower in the haylage made from the mechanical method + Bacterial chemical compound. Thus, this method was more effective, ensuring higher forage dehydration rate, better chemical-bromatological quality and better ruminal degradation of haylage.

Key words: Effluent production, Glyphosate, Non-fiber carbohydrates, Ruminal degradation.

INTRODUÇÃO

A sazonalidade na produção de forragem percorre vias opostas à dos sistemas intensivos de produção de herbívoros, onde a necessidade de alimentos em quantidade e qualidade é exigida o ano todo para manutenção de ganhos produtivos. Uma das formas de suprir esta necessidade é a produção de alimentos conservados. Em alguns sistemas, os alimentos conservados ainda são utilizados apenas como uma forma de complementar a dieta em períodos de déficit alimentar, no entanto, em sistemas intensivos essa prática não é a mais correta, pois o sistema deve ser maximizado (FLUCK et al., 2018).

Dentre os alimentos conservados utilizados na alimentação de ruminantes, a silagem pré-secada de aveia, que produz volumes expressivos e de boa qualidade nutricional, é uma boa alternativa de alimento. Fato comprovado pelo crescente número de pecuaristas que utilizam esse tipo de silagem em seus sistemas de produção (COSTA et al., 2019).

O ponto ideal de corte da aveia para a confecção de silagem pré-secada é um pouco crítico pois a planta se encontra em estágio de pré-florescimento, onde seu teor de matéria seca é baixo e a capacidade tampão é alta, o que pode dificultar a ocorrência do correto processo fermentativo e a preservação dos nutrientes presentes na forragem (ZAMARCHI et al., 2014).

A desidratação da forragem após o corte é imprescindível, e tem por objetivo elevar o teor de matéria seca, reduzir a capacidade de tamponamento, evitar perdas de nutrientes e a proliferação de bactérias indesejáveis (SOUNDHARRAJAN et al., 2017; GOMES et al., 2019). Realizar a desidratação da forragem pelo método mecânico, onde é realizado o corte da forragem com uma segadora e, posteriormente é revolvida com ancinhos para potencializar a desidratação até atingir o teor de matéria seca desejado para a ensilagem, é o mais usual, contudo, é altamente dependente de fatores climáticos (AMORIM et al., 2017; BUENO et al., 2020). Fato este que instiga a pesquisa a buscar formas que tornem o processo de desidratação da forragem mais eficazes.

Realizar a dessecação da forragem com o herbicida glifosato antes do corte da planta pode ser uma alternativa, devido a sua ação ser pouco dependente de fatores climáticos, pois se trata de um herbicida sistêmico, que altera o funcionamento das aquaporinas, limita a absorção de água e a síntese de alguns aminoácidos aromáticos (ZOBIOLE et al., 2010; MESCHÉDE et al., 2011). Mesmo se tratando de um herbicida, é importante salientar que seu uso para esta finalidade é permitido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Uma alternativa inovadora e factível de ser utilizada para tornar o processo de desidratação mais eficaz é utilizar composto químico bacteriano associado ao método mecânico, e um que vem se mostrando eficaz é constituído de bactérias do gênero *Bacillus*, *Propionibacterium acidipropionici*, sulfato de potássio e celulase. Estes componentes, além de manter os estômatos abertos por mais tempo pela promoção de alterações no controle osmótico das células guarda, são capazes de produzir metabólitos que reduzem a tensão superficial da água e promovem a

desintegração da cutícula da folha, facilitando a evaporação da água (FRACCHIA et al., 2015; PES; ARENHARDT, 2015).

Reduzir o tempo que a forragem permanece exposta no campo após o corte, além de reduzir o risco de perdas advindas de intempéries climáticas, assegura maior preservação de nutrientes na planta, uma vez que o tempo disponível para a ocorrência de reações químicas no interior de suas células são menores (NASCIMENTO et al., 2013; BERNARDES et al., 2018; GUAN et al., 2018).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de três métodos de desidratação da forragem de aveia branca (Mecânico, Mecânico + Composto químico bacteriano, e Glifosato), sobre a taxa de desidratação da forragem, perdas durante o processo fermentativo, composição químico-bromatológica e a taxa de degradação ruminal das silagens pré-secadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local experimental

O estudo foi realizado no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado na cidade de Guarapuava – PR, em conjunto com o Programa pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina (UEL) localizada em Londrina – PR. O clima da região de Guarapuava é do tipo subtropical mesotérmico úmido (Cfb), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado. Os dados climáticos do período experimental estão ilustrados na Figura 1.

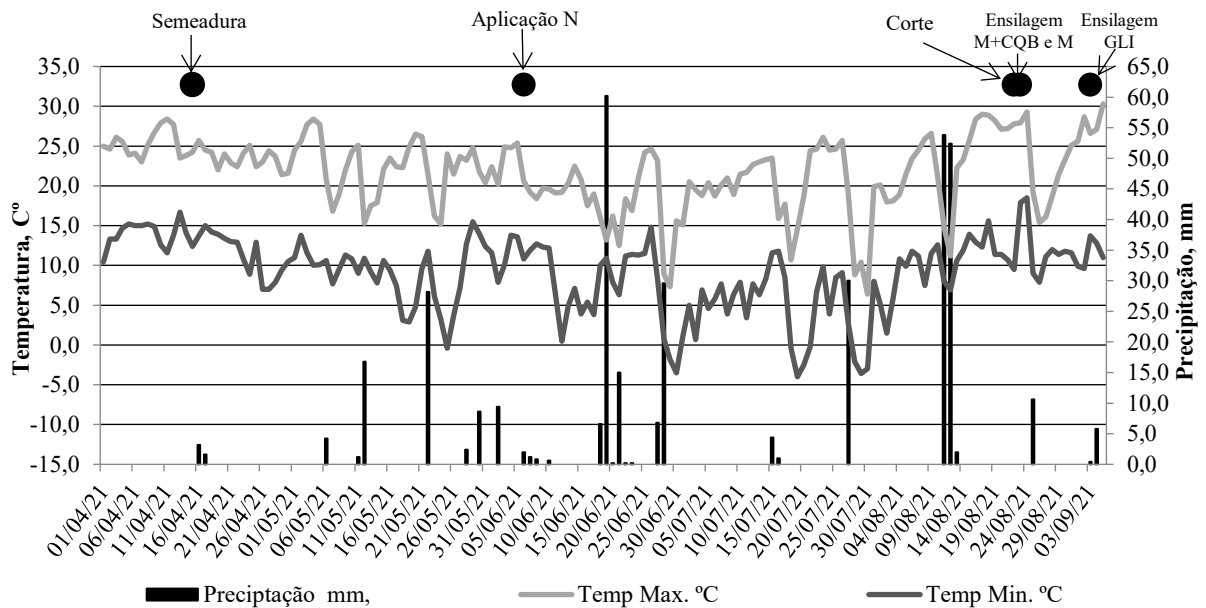


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima (°C) e média de precipitação em mm durante o período experimental

Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais

Os procedimentos experimentais que necessitaram do uso de animais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UNICENTRO), e aprovados para execução sob o ofício n° 020/2021.

Materiais e desenho experimental

Como material experimental utilizou-se a aveia branca (*Avena sativa*), cultivar GMX Tambo. A forragem foi implantada no dia 15 de Abril de 2021, em sistema de plantio direto, com semente realizada em espaçamento entre linhas de 0,17 m e profundidade média de 0,02 m, em parcelas medindo 5 x 5 m, totalizando uma área de 25 m² por parcela. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por três tratamentos, sendo três métodos de desidratação da forragem (Mecânico, Mecânico + Composto químico bacteriano e Glifosato), com cinco repetições cada, sendo cada repetição representada por uma parcela.

Para o método Mecânico + Composto químico bacteriano foi utilizado um composto constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , sulfato de potássio e celulase (tecnologia detida pela empresa SLO Biotecnologia e Agropecuária) que foi aplicado na dose de $5 g^{-1}$ do produto comercial para cada 1 L de água não clorada, conforme recomendação do fabricante. O Composto químico bacteriano foi aplicado na forragem por intermédio de um pulverizador momentos antes do corte, e em seguida foi realizado o revolvimento da forragem com auxílio de ancinhos até atingir teor de matéria seca (MS) desejado para ensilagem (45%).

No método de desidratação Mecânico a forragem foi apenas segada e revolvida com auxílio de ancinhos até atingir o teor de MS desejado para ensilagem (45%).

Para o uso do Glifosato, este foi aplicado na dose de $0,5 L ha^{-1}$, onde as plantas foram segadas somente quando atingiram teor de MS desejado para ensilagem (45%). O produto em questão possui seu uso autorizado pelo ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), nesta dosagem como agente de desidratação de aveia para confecção de silagem pré-secada.

Antes de realizar o corte, a aplicação do glifosato e do Composto químico bacteriano foi coletado de forma aleatória 10 amostras de 500 g. Destas, 5 foram mantidas integras e alocadas em estufa de ar forçado para determinação da MS parcial das plantas no momento do corte, e as demais tiveram suas estruturas colmo e folhas segmentadas para obtenção da relação folha:colmo (F:C) nas plantas. Após determinação da MS parcial destas estruturas se obteve a relação F:C na base seca.

Dentro de cada parcela foi também escolhido 1 m linear, de forma aleatória e coletado as plantas ali existentes. Ao totalizar 15 m lineares, ou seja, 15 pontos de coleta, estas plantas foram pesadas para estimar a produção média de massa de forragem verde ($kg ha^{-1}$). A partir desta produção e do teor de MS parcial das plantas foi estimado a produção de massa de forragem seca ($kg ha^{-1}$), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Características da lavoura de aveia branca no momento do corte

População (plantas ha ⁻¹)	1.930.000
Produção de massa verde de forragem	20.707
Produção de massa seca de forragem (kg)	4.448
MS (%)	21,48
Proporção de folhas (%MS)	42,80
Proporção de colmo (%MS)	57,20
Relação F:C (%)	74,82

MS: Matéria seca; F: folha; C: Colmo; ha: hectare.

Análises

Momento antes de realizar o corte da forragem, e a aplicação do glifosato e do Composto químico bacteriano foram escolhidas duas plantas dentro da área experimental de forma aleatória e coletou-se uma folha, conforme descrito por Gobbi et al. (2011). Posteriormente esta folha foi encaminhada ao laboratório para obtenção de imagens de sua lâmina por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a fim de avaliar as estruturas cuticulares da folha antes do corte, e este procedimento foi repetido no momento da ensilagem dos materiais.

Para a determinação das taxas de desidratação da forragem foi realizado amostragens no tempo zero (momento do corte), que foi realizado as 08h00 horas, e nas três primeiras horas subsequentes foi realizado a coleta de material a cada 30 minutos (08h00; 08h30; 09h00; 09h30; 10h00; 10h30; 11h00 horas). Passado esse período e até atingir o teor de MS pré-estipulado (45%) para a ensilagem as coletas foram realizadas a cada 3 horas. Ao atingir 45% de MS, a forragem de cada parcela foi picada com o auxílio de uma ensiladeira estacionária e armazenada em silos laboratoriais de PVC medindo 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, com uma compactação de 240 kg de MS m³, os quais foram vedados com CAP de PVC e fita adesiva.

As silagens pré-secadas permaneceram armazenadas em local coberto por 60 dias. No momento da abertura dos silos foi mensurado as perdas totais de matéria seca (equação 1), perdas por gases (equação 2) e perdas por efluentes (equação 3), conforme proposto por Jobim et al., (2007).

$$\text{Equação 1: PMS} = \left(\frac{\text{MSi} - \text{MSf}}{\text{MSi}} \right) \times 100$$

em que: PMS = Perda Total de MS; MSi = Quantidade de MS inicial, (peso do silo após enchimento - peso do conjunto vazio, sem a forragem, antes do enchimento (tara seca)), multiplicado pelo teor de MS da forragem na ensilagem; MSf = Quantidade de MS final. (Peso do silo cheio antes da abertura - peso do conjunto vazio, sem a forragem, após a abertura dos silos (tara úmida)), multiplicado pelo teor de MS da forragem na abertura. Conjunto vazio: silo+tampa+areia+tela+pano.

$$\text{Equação 2: } G = \left(\frac{(PCab - Pen) * MSab}{((PCen - Pen) * MSen) - ((PCen - Pen) * MSen)} \right)$$

em que: G = perda de gases em % da MS; PCen = peso do silo na ensilagem (Kg); Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia+tela+pano) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg); MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

$$\text{Equação 3: } E = \left(\frac{Pab - Pen}{Mvfe} \right) \times 1000$$

em que: E = produção de efluentes (Kg t de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na ensilagem (kg); MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

Imediatamente após a abertura dos silos, foram realizadas leituras de pH com potenciômetro digital, conforme metodologia estabelecida por Cherney e Cherney (2003). No mesmo momento também foram coletadas 500 g de silagem pré-secada de cada tratamento e alocadas em estufa de ar forçado para mensuração da ASA e, após pré-secas, foram moídas em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de 1 mm. Nestas, determinou-se de forma sequencial, conforme proposto por Van Soest, Robertson e Lewis (1991) os teores de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando α -amilase termoestável, e fibra em detergente ácido (FDA).

A proteína bruta (PB) e (NH₃, % N Total) foram quantificadas pelo método micro Kjeldahl, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e a ASE conforme metodologias da AOAC (2000). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela fórmula: CNF = 100 - (PB + FDNcp + EE + MM) em que, FDNcp corresponde ao FDN corrigido para proteína e cinzas.

Degradação ruminal

A taxa de degradação ruminal da MS das silagens pré-secadas foram estimadas pela técnica *in situ*, utilizando sacos de nylon medindo 12 cm x 8 cm, com poros de 50 µm contendo 5 g de amostra seca moída a 1 mm (NOCEK, 1988), estas foram incubadas em ordem cronológica reversa nos tempos 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas.

Para tal foi utilizado dois bovinos machos, portadores de cânula ruminal, alimentados apenas com silagem. Após retiradas do rúmen, as amostras foram devidamente lavadas manualmente e alocadas em estufa de circulação de ar forçado para posterior pesagem. A determinação da quantidade do material degradado foi realizada por diferença entre o total de amostra incubada e o total que desapareceu durante os períodos pré-determinados.

Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, a fim de verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Uma vez atendidos estes pressupostos, aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade de confiança, através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância.

A análise de cada variável seguiu o modelo estatístico $Y_i = \mu + D_i + \epsilon_i$;

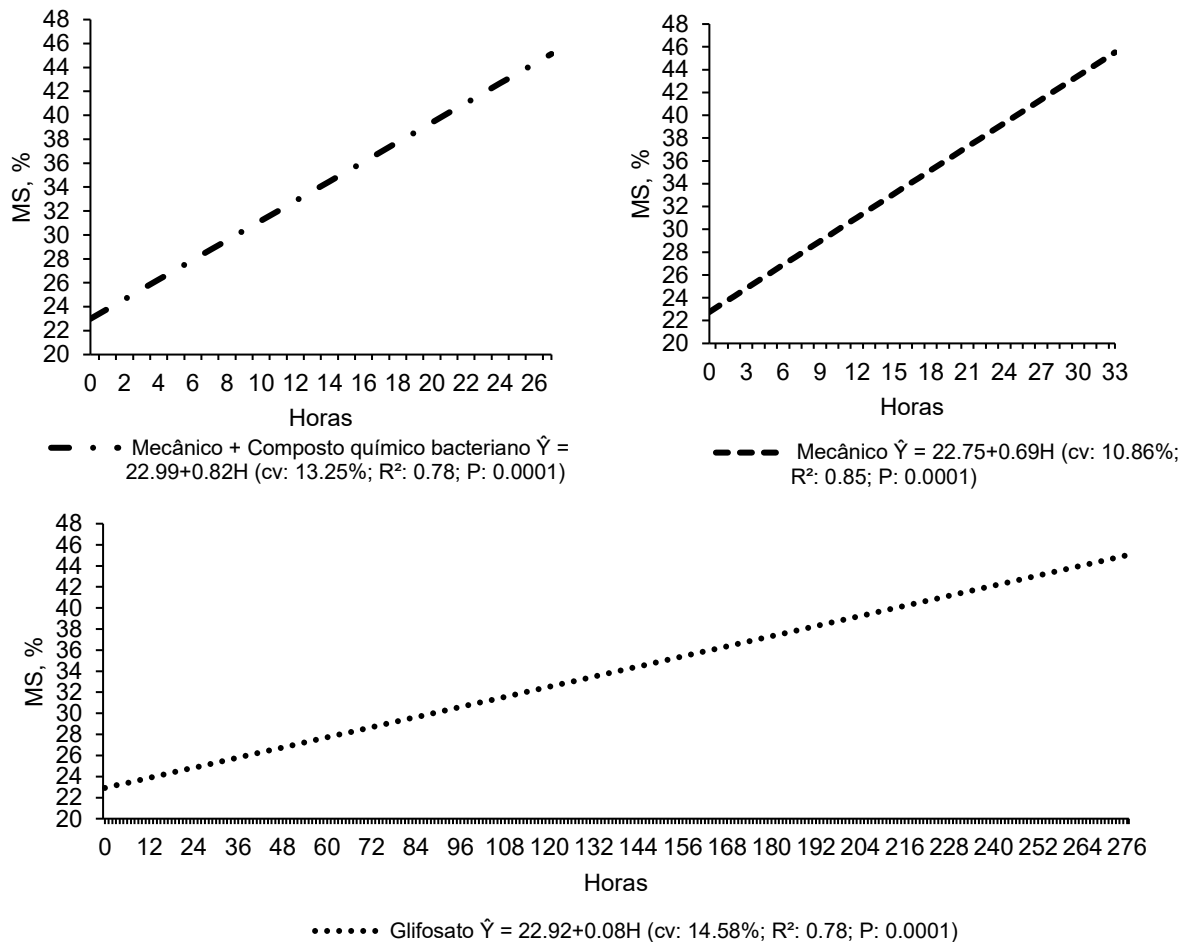
onde: Y_i = variáveis dependentes; μ = Média geral de todas as observações; D_i = Efeito dos métodos de desidratação da forragem de ordem "i"; e ϵ_i = Efeito aleatório residual.

Os dados relativos à taxa de desidratação da forragem e a taxa de degradação ruminal da MS também foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável horas de avaliação, por meio do procedimento "proc reg" do programa SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de desidratação da forragem apresentou comportamento linear crescente em todos os métodos de desidratação. O método Mecânico + Composto

químico bacteriano foi mais eficaz, elevando o teor de MS em 0,82% hora⁻¹ (Figura 2A), seguido do método Mecânico que elevou o teor de MS em 0,69% hora⁻¹ (Figura 2B), e do uso do Glifosato, que promoveu aumento no teor de MS de 0,08% hora⁻¹ (Figura 2C).



A: Método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano; B: Método de desidratação Mecânico; C: Glifosato

R²: coeficientes de determinação; CV: coeficiente de variação; H: hora.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1,0 x 10⁹ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1,0 x 10⁹ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1,0 x 10⁹ UFC, sulfato de potássio e celulase.

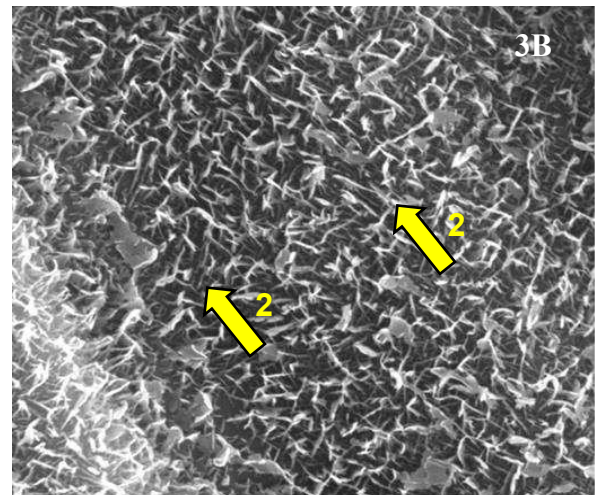
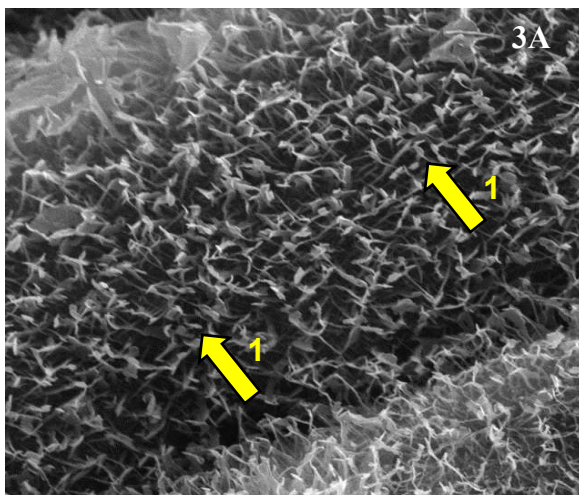
Figura 2. Taxa de desidratação da forragem de aveia branca submetida a três métodos de desidratação para confecção de silagem pré-secada

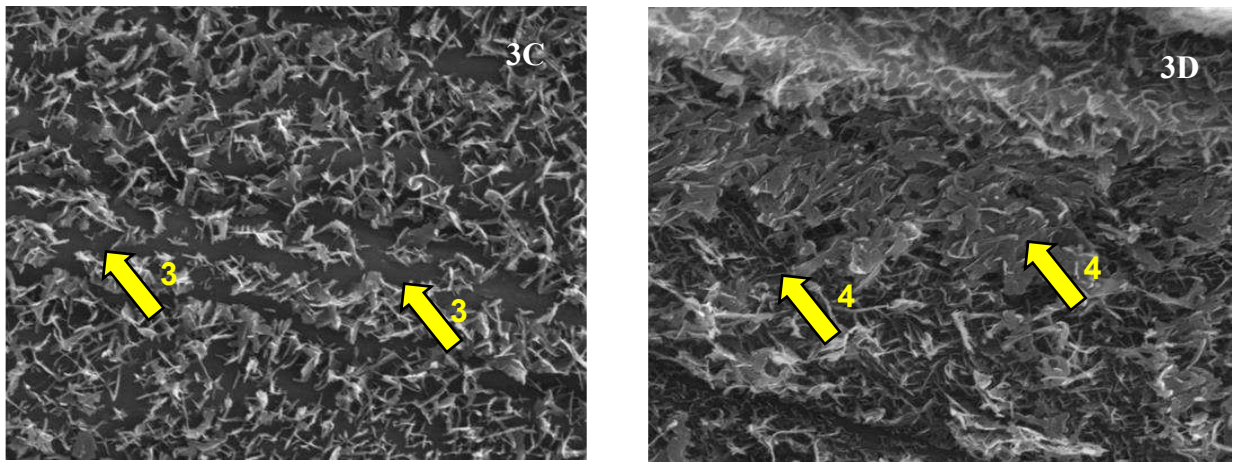
A melhora na taxa de desidratação promovida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano ocorreu devido a ação do sulfato de potássio e das bactérias do gênero *Bacillus* presente no composto químico bacteriano. O sulfato de

potássio controla a capacidade osmótica das células e faz com que o tempo para o fechamento estomático pós-corte seja prolongado; já os biosurfactantes produzidos pelas bactérias do gênero *Bacillus* reduzem a tensão superficial da água e auxiliam na desintegração da camada cerosa presente na superfície foliar, devido a sua ação de emulsão e detergência (BARROS et al., 2007; PES; ARENHARDT, 2015; FRACCHIA et al., 2015).

O Glifosato altera a permeabilidade seletiva das membranas celulares e prejudica a funcionalidade das aquaporinas, que são proteínas fundamentais para o transporte de água e o correto funcionamento estomático, tornando a perda de água mais lenta e consequentemente reduzindo a taxa de desidratação da planta (ZOBIOLE et al., 2010; NGUYEN et al., 2013).

As fissuras geradas na cera cuticular promovida pelos metabólitos produzidos pelas bactérias do gênero *Bacillus* presentes no composto químico bacteriano podem ser visualizadas na Figura 3C (apontadas pelas setas 3), onde se observa maior afastamento destas estruturas em relação aos demais métodos de desidratação, Figuras 3B (setas 2) e 3D (setas 4).





3A: Estrutura cuticular da folha de aveia no momento do corte; 3B: Estrutura cuticular da folha de aveia no momento da ensilagem quando desidratada pelo método Mecânico; 3C: Estrutura cuticular da folha de aveia no momento da ensilagem quando desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano; 3D: Estrutura cuticular da folha de aveia no momento da ensilagem quando dessecada com Glifosato.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Figura 3. Estrutura cuticular da folha de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Como a evaporação é altamente dependente de fatores climáticos, a partir do momento que os estômatos se fecham e a cutícula promove resistência à desidratação (TAIZ; ZEIGER, 2004), é importante gerar soluções de continuidade nesta estrutura para que ocorra maior evaporação da água presente na planta.

As perdas durante o processo fermentativo, assim como a composição química bromatológica das silagens pré-secadas, foram alteradas pelo método de desidratação utilizado ($P < 0,05$, Tabela 2).

As perdas de MS foram maiores na silagem pré-secada confeccionada com a forragem dessecada com Glifosato (18,18%), seguida da silagem pré-secada confeccionada a partir do método de desidratação Mecânico (5,55%) e Mecânico + Composto químico bacteriano (3,04%). As perdas por gases foram maiores nas silagens pré-secadas confeccionadas a partir das forragens dessecadas com Glifosato e desidratadas pelo método Mecânico (2,20% e 2,09%), que não diferiram entre si. Já as perdas por efluentes, foram maiores na silagem pré-secada confeccionada a partir do método de desidratação Mecânico (185,32 kg de efluente por t de massa verde), seguida do método Mecânico + Composto químico

bacteriano (168,31 kg de efluente por t de massa verde), e Glifosato (146,74 kg de efluente por t de massa verde).

Tabela 2. Perdas fermentativas e composição químico bromatológica de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação			Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato			
Perdas fermentativas						
Perdas de MS (%)	5,33 b	3,04 c	18,18 a	8,85	1,7842	0,0001
Perdas por gases (%)	2,09 a	1,37 b	2,20 a	1,88	0,1007	0,0001
Efluentes (kg t)	185,32 a	168,31 b	146,74 c	166,79	4,7121	0,0374
Composição químico bromatológica						
MS (%)	51,58 a	51,74 a	44,19 b	49,17	1,0147	0,0001
MM (% MS)	10,71	10,39	10,61	10,57	0,1136	0,5606
FDN (% MS)	52,10 b	51,64 b	58,58 a	54,11	0,8856	0,0001
FDA (% MS)	32,88 a	30,46 b	33,92 a	32,42	0,4441	0,0002
PB (% MS)	14,04 a	14,53 a	11,76 b	13,44	0,3486	0,0001
PIDN (% PB)	20,38 b	19,45 b	24,79 a	21,54	0,7720	0,0019
PIDA (% PB)	5,80 b	5,19 b	9,11 a	6,70	0,4699	0,0001
EE (% MS)	4,04 b	4,53 a	3,41 c	3,99	0,1265	0,0001
CNF (% MS)	32,67 a	32,13 a	29,14 b	31,31	0,4983	0,0009
N-NH ₃ (% NT)	0,18 b	0,16 b	0,23 a	0,19	0,0085	0,0008
pH	4,91	4,73	4,62	4,75	0,0826	0,3899

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5%.

MS: Matéria seca; MM: Matéria mineral; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; PB: Proteína bruta; PIDN: Proteína em detergente neutro; PIDA: Proteína em detergente ácido; EE: Extrato etéreo; CNF: Carboidratos não fibrosos; N-NH₃: Nitrogênio amoniacal; pH: Potencial hidrogeniônico; NT: nitrogênio total; EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1,0 x 10⁹ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1,0 x 10⁹ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1,0 x 10⁹ UFC, sulfato de potássio e celulase.

As maiores perdas de MS durante o processo fermentativo na silagem pré-secada confeccionada a partir da forragem dessecada com Glifosato sugere ser efeito da maior presença de bactérias heterofermentativas. Estas bactérias utilizam 1 mol de glicose para gerar 1 mol de ácido láctico, CO₂ ou etanol e ácido acético, além de competirem por substratos com as bactérias homofermentativas, as quais são responsáveis pelas menores perdas de MS, pois a partir de 1 mol de glicose geram 2 moles de ácido láctico (BORREANI et al., 2018, MUCK et al., 2018).

De igual forma as perdas por gases também estão relacionadas com a maior presença de bactérias heterofermentativas (CARDOSO et al., 2019). Menores perdas por gases é um indicativo de menor prevalência de fermentações secundárias durante a fase fermentativa, que é tida como indesejável, e uma vez que esta ocorra com menor intensidade, há melhor conservação do material ensilado (REN et al., 2018).

A produção de efluentes também é negativa, uma vez que este realiza a translocação de nutrientes para fora do silo, prejudicando o processo fermentativo, e a qualidade nutricional da silagem (MONTEIRO et al., 2011; MACÊDO et al., 2019).

Os teores de MS das silagens pré-secadas no momento da abertura dos silos foram maiores quando a forragem foi desidratada pelos métodos Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico (51,74% e 51,58% respectivamente), não diferindo entre si. Este aumento está relacionado com a produção de efluentes durante a fase fermentativa, pois além de nutrientes, há o transporte de água para fora do silo, o que eleva o teor de MS da silagem pré-secada (MACÊDO et al., 2019).

Os teores de FDN foram menores para as silagens pré-secadas confeccionadas a partir dos métodos de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico, porém não diferiram entre si (51,64% e 52,10% respectivamente). A FDA foi menor para a silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (30,46%) em relação aos demais.

O aumento dos compostos fibrosos também está relacionado com as perdas durante o processo fermentativo (Tabela 2). Segundo Simionatto et al. (2019), perdas ocorridas durante o processo fermentativo, reduzem o teor de carboidratos não fibrosos e concentram os fibrosos, o que não é desejável, uma vez que o aumento destes carboidratos reduz a ingestão do alimento e sua digestibilidade por restringirem a atuação de enzimas digestíveis produzidas pelos microrganismos ruminais (KIR, 2020; GARCEZ et al., 2016). Mesmo que a silagem pré-secada confeccionada com a forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano tenha tido a segunda maior produção de efluentes (Tabela 2), seus teores de FDN e FDA foram menores, fato que pode ser justificado pela maior conservação de carboidratos não fibrosos na forragem durante sua desidratação.

A PB foi superior na silagem pré-secada obtida pela desidratação Mecânica + Composto químico bacteriano e Mecânico, que não diferiram entre si, já os teores de PIDN, PIDA e N-NH₃ foram menores para estas silagens pré-secadas

(Tabela 2). O menor teor de PB da silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada pelo Glifosato é efeito de uma proteólise mais intensa, e esta ação pode ser comprovada pela maior concentração de NH_3 / % N total (0,23%) nesta silagem pré-secada.

O NH_3 é um metabólito gerado a partir da proteólise, e esta reação se torna mais acentuada quando ocorre lento rebaixamento do pH e atuações intensas de enterobactérias e *Bacillus* spp. (OGUNADE et al., 2017; KUNG et al., 2018). Contudo, vale destacar que, os valores apresentados no presente estudo estão abaixo do limite estabelecido por KUNG et al. (2018) que é de 10% para silagens de boa qualidade.

O teor de proteína ligada aos carboidratos fibrosos (PIDN e PIDA) também merece atenção especial, pois quanto maiores forem estes teores, menor será seu aproveitamento pelos animais (FASOLO; CARVALHO, 2021). Inferências estas que levam a crer que, quando a silagem pré-secada é confeccionada a partir de forragem dessecada com glifosato o aproveitamento de sua proteína será relativamente baixo, podendo trazer prejuízos á produção animal, seja ela destinada a produzir carne ou leite.

Em relação ao EE observou-se que na silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano foi maior (4,53%), seguido do Mecânico (4,04%) e do uso do Glifosato (3,41%). Segundo Ribas et al. (2021) quando a forragem permanece no campo desidratando ocorre redução em seu teor de EE, porque após o corte as atividades intracelulares se mantêm, e em uma tentativa de produzir energia ocorre a conversão de triglicerídeos em glicerol e ácido pirúvico, o qual é utilizado pelas mitocôndrias. Então, conforme aumenta o tempo que a forragem permanece no campo, aumenta o consumo de EE, fato que corrobora com os achados do presente estudo (Figura 2 e Tabela 2).

Os teores de CNF foram maiores para as silagens pré-secadas obtida pelos métodos de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico, porém não diferiram entre si (32,13% e 32,67% respectivamente). Maiores concentrações de carboidratos não fibrosos em alimentos destinado à alimentação de ruminantes é positivo, uma vez que estes carboidratos são importantes fontes de substrato para os microrganismos ruminais, os quais são responsáveis pelo processo fermentativo no interior do rúmen (GAYER et al., 2019).

As taxas de degradação ruminal das silagens pré-secadas avaliadas estão expressas na Figura 4, onde observa-se efeito significativo entre os métodos de desidratação testados.

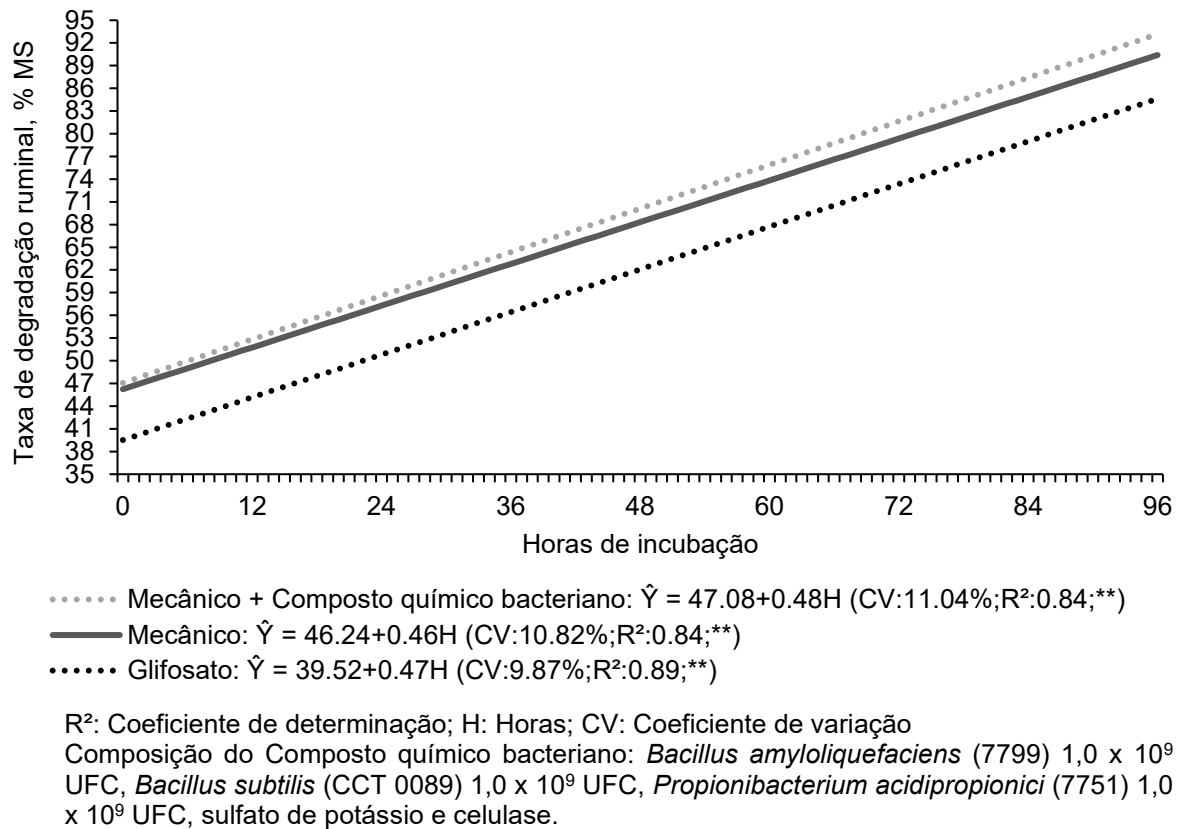


Figura 4. Taxa de degradação ruminal, (% MS) das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

A taxa de degradação (% hora) entre as silagens pré-secadas foram próximas (Mecânico + Composto químico bacteriano: 0,48% hora⁻¹; Mecânico: 0,46% hora⁻¹; Glifosato: 0,47% hora⁻¹), contudo, a degradação ao final das 96 horas de incubação foi maior na silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano, o que é efeito de seu maior teor de carboidratos não fibrosos, menor teor de FDA (Tabela 2), e ação da celulase presente no composto químico bacteriano.

Os carboidratos não fibrosos apresentam rápida fermentação (GAYER et al., 2019), sendo assim, em maior concentração, maior será a degradação do alimento nas primeiras horas. Comportamento observado no presente estudo

(Tabela 2 e Figura 4). A partir de 12 horas de incubação, predomina a degradação da fração fibrosa do alimento, a qual possui como um de seus constituintes a FDA, que é um limitante da degradação ruminal por restringir a ação das enzimas digestíveis produzidas pelos microrganismos ruminais (GARCEZ et al., 2016; IQBAL et al., 2018; KIR, 2020). A celulase presente no composto químico bacteriano é responsável pela quebra da celulose em oligossacarídeos, aumentando a disponibilidade de carboidratos solúveis, e a degradação da porção fibrosa do alimento (CAI et al., 2020).

CONCLUSÃO

O método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano foi mais eficaz, onde intensificou a taxa de desidratação da forragem de aveia branca, gerou uma silagem pré-secada de melhor qualidade bromatológica e maior degradação ruminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, D. S., CARNEIRO, S. S., NASCIMENTO, R. R., & SILVA, A. L. Pré-secado: uma alternativa para aumentar a segurança alimentar dos rebanhos no período de escassez de forragem. **Revista electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 11, p. 1-13, 2017.
- AOAC. **Official Methods of Analysis** (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, 2000.
- BARROS, F. F. C.; QUADROS, C. P.; JUNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Surfactina, Propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicação em alimentos. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 409-414, 2007.
- BERNARDES, T. F.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T.; MCALLISTER, T. A.; DROUIN, P.; NUSSIO, L. G.; HUHTANEN, P.; TREMBLAY, G.F.; BÉLANGER, G.; CAI, Y. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13703>
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n.5, p. 3952-3979, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- CAI, Y.; DU, Z.; YAMASAKI, S.; NGULUVE, D.; TINGA, B.; MACOME, F.; OYA, T. Community of natural lactic acid bacteria and silage fermentation of corn stover and sugarcane tops in Africa. *Asian-Australians Journal of Animal Science*, v. 33, p. 1252–1264, 2020.

CARDOSO, L. L.; RIBEIRO, K. G.; MARCONDES, M. I.; PEREIRA, O. G.; WEIB, K. Chemical composition and production of ethanol and other volatile organic compounds in sugarcane silage treated with chemical and microbial additives. **Animal Production Science**, v. 59, n.4, p. 721-728, 2019. <https://doi.org/10.1071/AN16204>

COSTA, M. L. L.; DE RESENDE, A. S. C.; DUARTE, I. N. H.; LIMA, N. R.; MOREIRA, G. R. Valor nutricional da silagem pré-secada de capim Tifton-85. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 26-33, 2019.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. *In*: Buxton, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage Science and Technology**. American Society of Agronomy 2003. p.141-198.

DONG, S.; AZARFAR, A.; YANG, Z. O. U.; LI, S.; WANG, Y.; CAO, Z. Effects of sequence of nylon bags rumen incubation on kinetics of degradation in some commonly used feedstuffs in dairy rations. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 1, p. 162–168, 2017. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61438-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61438-7).

FASOLO, D. J.; CARVALHO, A. F. G. Uso de Diferentes Inoculantes Bacterianos Isolados e em Associação para Silagem de Milho. **Revista Técnico-Científica**, v. 27, n. 1, p. 1-20, 2021.

FLUCK, A. C.; COSTA, O. A.; SCHAFFHÄUSER JÚNIOR, J.; ROSA, P. P.; CARDOZO, L.; SCHEIBLER, R. B.; RIZZO, F. A.; ALFAYA JÚNIOR, H. In vitro and in situ digestibility of annual ryegrass silage from distinct phenological growth stages and pre-dehydration times. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, p. 1239-1247, 2018. <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n5a2018-39421>

FRACCHIA, L.; BANAT, J. J.; CAVALLO, M.; CERESA, C.; BANAT, I. M. Potential therapeutic applications of microbial surface-active compounds. **AIMS Bioeng**, v. 2, n.3, p. 144–162, 2015. <https://doi.org/10.3934/bioeng.2015.3.144>

GARCEZ, B. S.; ALVES, A. A.; ARAÚJO, D. L. C.; LACERDA, M. D. S. B.; SOUZA, L. G. C.; CARVALHO, L. F. Degradabilidade ruminal do capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq. cv. colômbio) em três idades pós-rebrota. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 10, n. 2, p. 130-134, 2016. <https://doi.org/10.21708/avb.2016.10.2.5513>

GAYER, T. O.; KASPER, N. F.; TADIELO, L. E.; KROLOW, R. H.; DE AZEVEDO, E. B.; OAIGEN, R. P.; CASTAGNARA, D. D. Different dry matters content used for the conservation of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in anaerobic environment. *African Journal of Agricultural Research*, v. 14, n. 6, p. 369-378, 2019. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13675>

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; NETO, A. F. G.; ROCHA, G. C. Specific leaf area and quantitative leaf anatomy of signalgrass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700006>

GOMES, A. L. M.; JACOVACI, F. A.; BOLSON, D. C.; NUSSIO, L. G.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P. Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage.

Animal Feed Science and Technology, v. 247, p. 194-198, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.016>

GUAN H.; YAN Y. H.; LI X. L.; LI X. M.; SHUAI Y.; FENG G. Y.; RAN, Q.; CAI, Y.; LI, Y.; ZHANG, X. Microbial communities and natural fermentation of corn silages prepared with farm bunker-silo in Southwest China. **Bioresource Technology**, v. 265, p. 282–290, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.018>

IQBAL, M.W.; ZHANG, Q.; YANG, Y.; ZOU, C.; LI, L.; LIANG, X.; WEI, S.; LIN, B. Ruminal fermentation and microbial community differently influenced by four typical subtropical forages in vitro. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 100-108, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.10.005>

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>

KIR, H. Yield and quality traits of some silage maize cultivars. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 20, n. 4, p. 2843-2849, 2020.

KUNG JR, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

MACÊDO, A. J. S.; NETO, J. M. C.; DA SILVA, M. A.; SANTOS, E. M. Potentialities and limitations of forage plants for silage: Review. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 13, n. 2, p. 320-337, 2019. <https://doi.org/10.5935/1981-2965.20190024>

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B.; GOMES, G. L. G. C. Efeitos do glyphosate nos teores de lignina, celulose e fibra em *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 57-63, 2011. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i1.77>

MONTEIRO, I. J.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; RIBEIRO, M. D.; REIS, H. P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 33, p. 347-352, 2011. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.12629>

MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; CONTRERAS-GOVEA, F. E.; SANTOS, M. C.; KUNG JUNIOR, L. Silage review: Recent Advances and Future Uses of Silage Additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>

NASCIMENTO, M. C. O.; SOUZA, B. B.; SILVA, F. V.; MELO, T. S. Armazenamento de forragem para caprinos e ovinos no semiárido do nordeste. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 20-27, 2013. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i4.374>

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)

NGUYEN, M. X.; MOON, S.; JUNG, K. H. Genome-wide expression analysis of rice aquaporin genes and development of a functional gene network mediated by aquaporin expression in roots. **Planta**, v. 238, n. 4, p. 669-681, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1918-9>

OGUNADE, I. M.; JIANG, Y.; KIM, D. H.; CERVANTES, A. A. P.; ARRIOLA, K. G.; VYAS, D.; WEINBERG, Z. G.; JEONG, K. C.; ADESOGAN, A. T. Fate of Escherichia coli O157: H7 and bacterial diversity in corn silage contaminated with the pathogen and treated with chemical or microbial additives. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 1780-1794, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11745>

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

REN, H.; WANG, C.; FAN, W.; ZHANG, B.; LI, Z.; LI, D. Effects of formic or acetic acid on the storage quality of mixed air-dried corn stover and cabbage waste, and microbial community analysis. **Food Technology and Biotechnology**, v. 56, n. 1, p. 71–82, 2018. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.01.18.5455>.

RIBAS, W. F. G.; MONÇÃO, F. P.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MARANHÃO, C. M. D. A.; FERREIRA, H. C.; SANTOS, A. S. D.; GOMES, V. M.; RIGUEIRA, J. P. S. Effect of wilting time and enzymatic-bacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS capiaçu grass silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, n. 1, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200207>

SILVA, F. R. F.; CARVALHO, G. A.; CRUZ, P. G.; SALMAN, A. K. D.; SCHIMTT, E. Degradabilidade do capim-marandu manejado sob pastejo por vacas suplementadas ou não com óleo de soja. **Pubvet**, v. 12, n. 4, p. 1-7, 2018.

SIMIONATTO, M.; MAEDA, E. M.; FLUCK, A. C.; SILVEIRA, A. P.; PIRAN FILHO, F. A.; PAULA, F. L. M.; COSTA, O. A. D.; MAYER, L. R. R.; PAULO MACEDO, V. Nutritional and morphostructural characterization of pre-dried winter grass silage. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5Supl1, p. 2375-2386, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5Supl1p2375>

SOUNDHARRAJAN, I.; KIM, D. H.; SRISESHARAM, S.; KUPPUSAMY, P.; PARK, H. S.; YOON, Y. H.; KIM, W. H.; SONG, Y. G.; CHOI, K. C. Application of customised bacterial inoculants for grass haylage production and its effectiveness on nutrient composition and fermentation quality of haylage. **Biotech**, v. 7, n. 5, p. 321-330, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0965-5>

SUASSUNA, J. M. A.; DE MEDEIROS, A. N.; FERNANDES, B. D. O.; MENEZES, D. R.; ANDRADE, A. P.; RUFINO, M. D. O. A. Métodos in situ e in vitro utilizados para avaliação de alimentos e dietas de ruminantes. **Pubvet**, v. 15, n. 10, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n10a938.1-15>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004.

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, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

ZAMARCHI, G.; PAVINATO, P. S.; MENEZES, L. F. G.; MARTIN, T. N. Silagem de aveia branca em função da adubação nitrogenada e pré- murchamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2185-2196, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p2185>

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JR, R. S.; KREMER, R. J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C. M.; MUNIZ, A. S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide biochemistry and physiology**. v. 97, n. 3, p. 182- 193, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.01.004>

7 ARTIGO B - A DESIDRATAÇÃO MAIS EFICAZ DA FORRAGEM DE AVEIA BRANCA ALTERA A CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS E A CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA SILAGEM PRÉ-SECADA

MORE EFFECTIVE DEHYDRATION OF WHITE OAT FORAGE ALTERS CARBOHYDRATE CONCENTRATION AND DEGRADATION KINETICS OF HAYLAGE

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito de três métodos de desidratação da forragem de aveia sobre a composição dos carboidratos das silagens pré-secadas, a degradação ruminal da matéria seca (MS) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), assim como a cinética de degradação de carboidratos in vitro por meio de produção de gases. Os métodos de desidratação testados foram: 1) Mecânico; 2) Mecânico + Composto químico bacteriano, o qual é constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase; e 3) Dessecação com Glifosato. A silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano apresentou menor teor de carboidratos fibrosos (hemicelulose 21,17%, celulose 27,27%) e lignina 3,20%. A degradabilidade efetiva da MS das silagens pré-secadas, com taxas de passagem estimadas em 2%, 5% e 8% hora foi superior quando esta foi obtida pela forragem desidratada pelo método Mecânico associado ao Composto químico bacteriano. A produção final de gases, que é decorrente da fermentação dos carboidratos fibrosos e não fibrosos foi superior para o método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano (196,95 mL g⁻¹ de MS) seguido do método Mecânico (164,30 mL g⁻¹ de MS) e da dessecação com glifosato (151,36 mL g⁻¹ de MS). A silagem pré-secada confeccionada a partir do método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano apresentou menor proporção de carboidratos estruturais, maior degradabilidade efetiva da MS e maior produção de gases oriundo da degradação dos carboidratos fibrosos e não fibrosos.

Palavras-chave: Carboidratos não fibrosos, Fermentação ruminal, Degradabilidade efetiva, Produção de gases.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of three oat forage dehydration methods on the carbohydrate composition of haylage, ruminal degradation of dry matter (DM) and neutral detergent insoluble fiber (NDF), as well as the kinetics of carbohydrate degradation in vitro through gas production. The dehydration methods tested were: 1) Mechanical; 2) Mechanical + Bacterial chemical compound, which is made up of *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1.0×10^9 CFU, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1.0×10^9 CFU, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1.0×10^9 CFU, potassium sulfate and cellulase; and 3) Chemical, in which glyphosate was used as a desiccant. The haylage obtained by the Mechanical dehydration method + Bacterial chemical compound presented a lower content of fibrous carbohydrates (hemicellulose 21.17%, cellulose 27.27%) and lignin 3.20%. The effective DM degradability of haylage, with passage rates estimated at 2%, 5% and 8% hour, was higher when it was obtained from forage dehydrated by the Mechanical method associated with the Bacterial chemical compound. The final production of gases, which is due to the fermentation of fibrous and non-fibrous carbohydrates, was higher for the Mechanical dehydration method + Bacterial chemical compound ($196.95 \text{ mL g}^{-1} \text{ DM}$) followed by the Mechanical method ($164.30 \text{ mL g}^{-1} \text{ DM}$) and desiccation with Glyphosate ($151.36 \text{ mL g}^{-1} \text{ DM}$). The haylage made from the Mechanical dehydration method + Bacterial chemical compound showed a lower proportion of structural carbohydrates, greater effective degradability of DM and greater production of gases resulting from the degradation of fibrous and non-fibrous carbohydrates.

Key words: Non-fibrous carbohydrates, Ruminal fermentation, Effective degradability, Gas production.

INTRODUÇÃO

O uso de alimentos conservados, em especial, a silagem pré-secada vem sendo cada vez mais utilizada por pecuaristas que tem por intuito manter seus

sistemas intensivos e produtivos o ano todo (HORST et al., 2017a; COSTA et al., 2019). A confecção da silagem pré-secada tem por princípio submeter a forragem a desidratação após seu corte, prática que eleva o seu teor de matéria seca para que, durante a fase fermentativa no silo ocorra o desenvolvimento de um microbioma favorável à proliferação de bactérias desejáveis, e assim garanta a manutenção da qualidade nutricional da forragem ensilada (SOUNDHARRAJAN et al., 2017; COSTA et al., 2019).

O método de desidratação mais usual é o mecânico, onde após o corte da forragem a mesma é revolvida com auxílio de ancinhos até atingir teor de matéria seca de aproximadamente 45%, no entanto, este método é altamente dependente de fatores climáticos (BOLLER, 2012).

Quando utilizado o herbicida glifosato na confecção de silagem pré-secada, o processo não é tão dependente de fatores climáticos, uma vez que o glifosato é um herbicida sistêmico, que promove alteração no funcionamento das aquaporinas, reduz a absorção de água e interfere na síntese de alguns aminoácidos aromáticos que são precursores de compostos como a lignina (ZOBIOLE et al., 2010; MESCHÉDE et al., 2011).

A busca por alternativas que acelerem a desidratação da forragem deve ser considerada, e uma técnica inovadora e que pode se tornar promissora é associar o método Mecânico com composto químico bacteriano. Este quando produzido por bactérias do gênero *Bacillus*, *Propionibacterium acidipropionici*, sulfato de potássio e celulase, tem a capacidade de reduzir a tensão superficial da água, desintegrar a camada cerosa presente na folha, o que irá auxiliar na evaporação da água, e produzir ácidos como o ácido propionico, que além de acidificar o meio é um potente antifúngico (FRACCHIA et al., 2015; PIWOWAREK et al., 2018). O sulfato de potássio, por sua vez, mantém os estômatos abertos por mais tempo ao alterar o controle osmótico das células guarda da planta (PES; ARENHARDT, 2015). A celulase é responsável pela quebra da celulose em oligossacarídeos, celobiose e glicose, tornando esta fração mais digestível (CASTRO; PEREIRA, 2010).

Intensificar a taxa de desidratação da forragem se faz necessário para conservar ao máximo os seus nutrientes. Se este processo for ineficiente, as perdas podem ser irreparáveis, visto que imediatamente após o corte o processo respiratório da planta não é cessado, enzimas continuam ativas, e o consumo de nutrientes é

inevitável, o que ocasiona diminuição da qualidade e digestibilidade do alimento (NASCIMENTO et al., 2013).

Quando se busca maximizar a produção animal, obter o conhecimento da degradação dos alimentos é necessário pois é um indicador de qualidade nutricional (SILVA et al., 2018; ZHENG et al., 2021). Uma forma de estimar a degradabilidade do alimento é avaliar o perfil de sua fermentação e a produção de gases oriunda da degradação dos carboidratos. No entanto, estes parâmetros são facilmente modificados por sua composição química (OLIVEIRA et al., 2020). Maiores teores de carboidratos solúveis tendem a proporcionar alta degradabilidade efetiva (RIBAS et al., 2021). Já maiores teores de carboidratos estruturais, determinam a diminuição da degradação do alimento (HARPER et al., 2017).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar o efeito de três métodos de desidratação (Mecânico, Mecânico + Composto químico bacteriano e uso de Glifosato) da forragem de aveia, sobre a concentração de hemicelulose, celulose e lignina das silagens pré-secadas, cinética da degradação ruminal da MS e da FDN das silagens, assim como a cinética de degradação de carboidratos in vitro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local experimental

O estudo foi realizado no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado na cidade de Guarapuava – PR, e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Londrina (UEL) localizada em Londrina – PR. O clima da região de Guarapuava é do tipo subtropical mesotérmico úmido (Cfb), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado. Os dados climáticos do período experimental estão ilustrados na Figura 1.

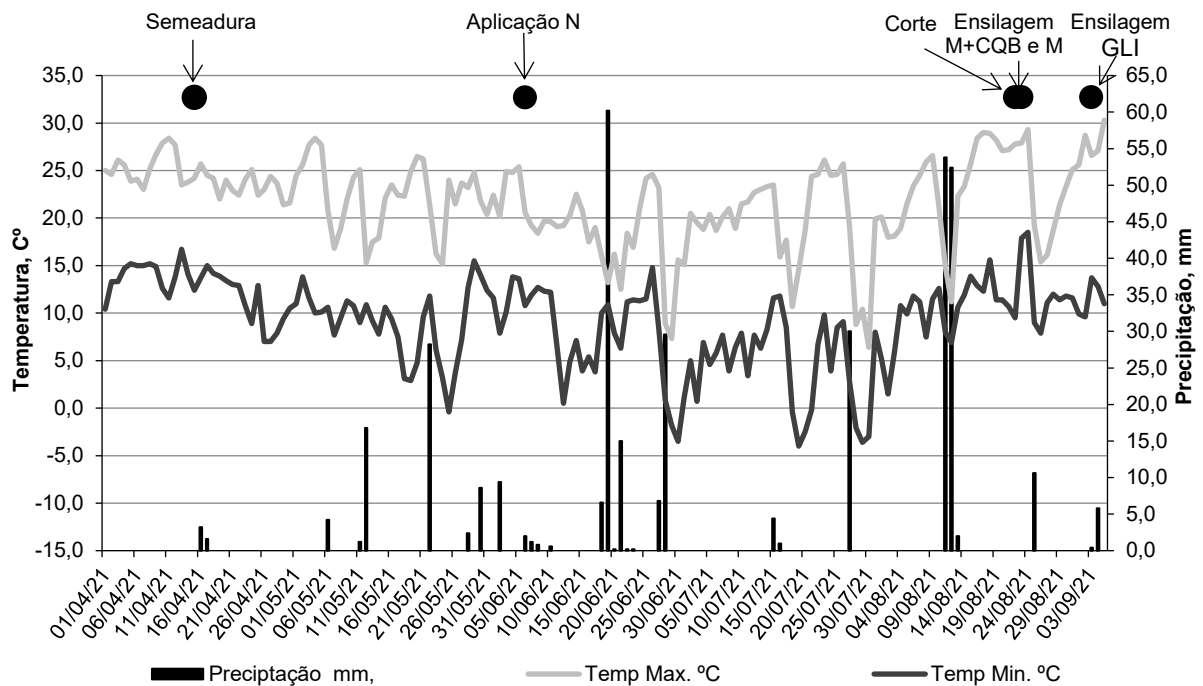


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima (°C) e média de precipitação em mm durante o período experimental

Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais

Os procedimentos experimentais que necessitaram do uso de animais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UNICENTRO), e aprovados para execução sob o ofício n° 020/2021.

Materiais e desenho experimental

Como material experimental utilizou-se a aveia branca (*Avena sativa*), cultivar GMX Tambo. A forragem foi implantada no dia 15 de Abril de 2021, em sistema de plantio direto, com semente realizada em espaçamento entre linhas de 0,17 m e profundidade média de 0,02 m, em parcelas medindo 5 x 5 m, totalizando uma área de 25 m² por parcela. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por três tratamentos, sendo três métodos de desidratação da forragem (1)

Mecânico, 2) Mecânico + Composto químico bacteriano e 3) Uso de Glifosato), com cinco repetições cada, sendo cada repetição representada por uma parcela.

Para o método de desidratação Mecânico a forragem foi segada e revolvida com auxílio de ancinhos, até atingir o teor de matéria seca (MS) desejado para ensilagem (45%).

No método Mecânico + Composto químico bacteriano foi utilizado um composto constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , sulfato de potássio e celulase (tecnologia detida pela empresa SLO Biotecnologia e Agropecuária) que foi aplicado na dose de $5 g^{-1}$ do produto comercial para cada 1 L de água não clorada, conforme recomendação do fabricante. O composto químico bacteriano foi aplicado na forragem por intermédio de um pulverizador momentos antes do corte, e em seguida foi realizado o revolvimento da forragem com auxílio de ancinhos até atingir teor MS desejado para ensilagem (45%).

O Glifosato foi aplicado na dose de $0,5 L ha^{-1}$, onde as plantas foram segadas somente quando atingiram teor de MS desejado para ensilagem (45%). O produto em questão possui seu uso autorizado pelo ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), nesta dosagem como agente de desidratação de aveia para confecção de silagem pré-secada.

Conforme os materiais foram apresentando teor de matéria seca desejado para a ensilagem (45%) estes foram picados e com o auxílio de uma ensiladeira estacionária e armazenados em silos laboratoriais de PVC medindo 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, com uma compactação de $240 kg de MS m^3$, os quais foram vedados com CAP de PVC e fita adesiva.

No momento da abertura dos silos foram coletadas amostras de silagens pré-secadas de cada tratamento e alocadas em estufa de ar forçado a $55 ^\circ C$ para determinação da ASA e posteriormente foi realizada sua moagem em moinho tipo "Willey" com peneira de 1 mm. Nestas, determinaram-se de forma sequencial, conforme proposto por Van Soest; Robertson; Lewis (1991) os teores de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando uma amilase termoestável, e fibra em detergente ácido (FDA). A proteína bruta (PB) foi quantificada pelo método micro Kjeldahl, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e a matéria seca total (MS) conforme metodologias da AOAC (2000), (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química bromatológica das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação			Média
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato	
ASA (%)	51,58	51,74	44,19	49,17
MM (% MS)	10,71	10,39	10,61	10,57
FDN (% MS)	52,10	51,64	58,58	54,11
FDA (% MS)	32,88	30,46	33,92	32,42
PB (% MS)	14,04	14,53	11,76	13,44
PIDN (% PB)	20,38	19,45	24,79	21,54
PIDA (% PB)	5,80	5,19	9,11	6,70
EE (% MS)	4,04	4,53	3,41	3,99
CNF (% MS)	32,67	32,13	29,14	31,31

MN: matéria natural, ASA: amostra seca ao ar, FDN: Fibra em detergente neutro, FDA: Fibra em detergente ácido, PB: proteína bruta, PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido, EE: Extrato etéreo.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Carboidratos

Os alimentos foram submetidos a análises para determinação dos teores de lignina em detergente ácido (LDA) utilizando ácido sulfúrico na concentração de 72%. A partir dos valores de FDN, FDA e LDA foi calculado o teor de hemicelulose: (Hemicelulose = FDN - FDA) e celulose: (Celulose = FDA - LDA).

O fracionamento de carboidratos foi realizado segundo Sniffen et al. (1992), sendo que os carboidratos totais (CT) foram estimados pela equação: $CT = 100 - (PB + EE + MM)$

A fração B2, ou seja, a fração lentamente degradada no rúmen foi determinada pela equação: $B2 = FDN_{cp} - \text{fração C}$

A fração C, que representa a fração indigestível da parede celular, foi calculada multiplicando-se o percentual de lignina pelo fator 2,4. A fração A + B1, que corresponde às frações de rápida e média degradação ruminal foi estimada pela equação: $A + B1 = 100 - (C + B2)$

Degradação ruminal

A taxa de degradação ruminal da MS das silagens pré-secadas foi estimada pela técnica *in situ*, utilizando sacos de nylon medindo 12 cm x 8 cm, com poros de 50 µm contendo 5 g de amostra seca moída a 1 mm (NOCEK, 1988), estas foram incubadas em ordem cronológica reversa nos tempos 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas.

Para tal foi utilizado dois bovinos machos, portadores de cânula ruminal alimentados apenas com silagem. Após retiradas do rúmen as amostras foram devidamente lavadas e alocadas em estufa de circulação de ar forçado para posterior pesagem e determinação da quantidade do material degradado. A partir do resíduo do material incubado foi determinado o teor de FDN, seguindo metodologia proposta por Van Soest et al. (1991) com α -amilase termoestável.

Um modelo de cinética de primeira ordem foi utilizado para estimar os parâmetros de degradação ruminal a partir das taxas de degradação da MS e FDN nos diferentes tempos de incubação, utilizando regressão não linear pelo método de Gauss-Newton. Os parâmetros de degradação da MS foram estimados usando a equação exponencial proposta por Orskov e McDonald (1979).

$$\text{Equação: DegMS} = a + b(1 - e^{-ct})$$

onde: DegMS = fração degradada no tempo "t" (%). "a" é a interceptação que representa a fração que desaparece instantaneamente em $t = 0$; "b" é a fração potencialmente degradável (%), e "c" é a taxa de degradação (h^{-1}). Quanto ao FDN, não deve haver intercepto; neste caso em particular, o parâmetro "a" foi excluído do modelo (DI MARCO et al., 2002).

A degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN no rúmen foi calculada conforme sugerido por Orskov e McDonald (1979):

$$\text{Equação: DEMS} = a + b \times [c/(c + k)]$$

$$\text{Equação: DEF DN} = b \times [c/(c + k)]$$

onde: k é a taxa de passagem ruminal, sendo 2%, 5% e 8% hora^{-1} , que representam baixo, médio e alto consumo de concentrado, respectivamente.

Cinética de degradação de carboidratos por meio de produção de gases

O líquido ruminal utilizado para realização da técnica de produção de gás *in vitro* foi coletado manualmente através de cânula ruminal de um ovino castrado, com aproximadamente 75 kg de peso corporal (PC), alimentado durante sete dias com

a dieta com relação volumoso:concentrado de 50:50. A coleta de líquido ruminal foi realizada antes da alimentação no período da manhã, filtrado em tecido de algodão com malha fina e colocado em garrafa térmica previamente aquecida a 39 °C para o transporte ao laboratório. Em seguida, as amostras foram incubadas. O tempo decorrido da coleta até a incubação foi de aproximadamente 30 minutos.

Os parâmetros cinéticos de degradação ruminal foram estimados por meio da técnica semiautomática de produção cumulativa de gases *in vitro* descrita por Schofield et al. (1994). Para este propósito, foram pesadas 300 mg de amostra pré-seca moída a 1 mm e alocadas em frascos de 50 mL. Todos os frascos receberam 24 mL de solução tampão previamente reduzido com CO₂, até atingir um valor de pH de 6,9 (McDOUGAL, 1949). Posteriormente, 6 mL de inóculo ruminal foi adicionado a cada frasco sob CO₂. Para ajustes, frascos sem substrato, considerados brancos, foram incubados para descontar o volume de gases do líquido ruminal e da solução tampão.

Os frascos de vidro foram vedados hermeticamente com rolha de borracha e imediatamente colocados em uma incubadora orbital refrigerada (Tecnal®, TE 421) na temperatura de 39 °C e agitação de 80 rpm. Antes de começar a contagem do tempo de incubação, realizou-se a despressurização dos frascos com o auxílio de agulhas, para garantir que a pressão de todos os frascos estivesse sob a mesma condição de pressão inicial. A partir deste momento, a pressão dos gases que foram produzidos pela fermentação do substrato e acumulada nos frascos foi mensurada por meio de um manômetro (modelo MPD-79; Instrutherm®) nos tempos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96 e 144 horas. Após cada mensuração foi realizada a despressurização dos frascos.

A pressão mensurada foi convertida em volume de acordo com a equação pré-estabelecida para as condições locais do Laboratório de Nutrição Animal da UEL:

$$\text{Equação: } V = 0,5702 + 3,2399 \times \text{Psi} + 0,1074 \times \text{Psi}^2. (R^2 = 0,99)$$

em que: V = volume de gás, em mL; Psi = pressão do gás, em psi. O volume foi corrigido para um grama de MS, descontando-se os valores obtidos nos frascos brancos.

Para estimar os parâmetros da cinética ruminal de carboidratos e produção de gases, os dados foram ajustados usando o modelo estatístico bicompartimental, conforme descrito por Schofield et al. (1994).

Equação: $V = \left(\frac{V_{cnf}}{1 + \exp(2 - 4 \times K_{cnf} \times (t - L))} \right) + \left(\frac{V_{cf}}{1 + \exp(2 - 4 \times K_{cf} \times (t - L))} \right)$

em que: V = volume de gás acumulado no tempo t, em mL; V_{cnf} = volume máximo de gás formado pela fração de carboidratos não fibrosos, em mL; K_{cnf} = taxa de degradação de carboidratos não fibrosos, em mL hora⁻¹; L = *lag time*, em horas; t = tempo de incubação, em horas; V_{cf} = volume máximo de gás formado pela fração de carboidratos fibrosos, em mL; K_{cf} = taxa de degradação de carboidratos fibrosos, em mL hora⁻¹.

Análise estatística

Os valores dos parâmetros da cinética de degradação de carboidratos por meio da produção de gases foram gerados a partir do programa estatístico R (2015), com algoritmo Gauss-Newton. Os demais dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, a fim de verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Uma vez atendidos estes pressupostos, aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade, através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância por meio do programa SAS (1993).

A análise de cada variável seguiu o modelo estatístico: $Y_i = \mu + D_i + \varepsilon_i$

onde: Y_i = variáveis dependentes; μ = média geral de todas as observações; D_i = efeito dos métodos de desidratação da forragem de ordem "i"; e ε_i = efeito aleatório residual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição dos carboidratos estruturais e o teor de lignina foram influenciados pelo método de desidratação ($P < 0,05$, Tabela 2). O maior teor de hemicelulose se deu para a silagem pré-secada confeccionada a partir da forragem dessecada com Glifosato (24,66%). Já os teores de celulose e lignina foram maiores para as silagens pré-secadas obtidas pelo uso do Glifosato e do método Mecânico, os quais não diferiram entre si, sendo os teores de celulose: 29,70% e 28,90% e lignina: 4,23% e 3,99% respectivamente.

Tabela 2. Teores de Celulose, hemicelulose e lignina e fracionamento de carboidratos de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação			Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato			
Hemicelulose (% MS)	19,22 b	21,17 b	24,66 a	21,68	0,720	0,0008
Celulose (% MS)	28,90 a	27,27 b	29,70 a	28,62	0,353	0,0054
Lignina (% MS)	3,99 a	3,20 b	4,23 a	3,80	0,131	0,0001
CT (% MS)	71,21 b	70,54 b	74,22 a	71,99	0,446	0,0001
A+B1 (% CT)	45,88 a	45,54 a	39,27 b	43,56	1,017	0,0001
B2 (% CT)	40,67 c	43,58 b	47,07 a	43,77	0,795	0,0001
C (% CT)	13,44 a	10,88 b	13,66 a	12,66	0,389	0,0003

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%. MS: matéria seca, CT: Carboidratos totais; A+B1: Fração solúvel e rapidamente degradável; B2: Fração potencialmente degradável; C: Fração não degradável; EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Aumento dos teores de carboidratos fibrosos no alimento dificulta a ação dos microrganismos ruminais. A hemicelulose tem como um de seus principais constituintes a xilana, que necessita de sistemas especializados como o xylanolítico para promover sua degradação (SARATALE et al., 2012). A celulose possui alto grau de polimerização, o que dificulta sua fermentação, e grandes proporções desta fração é correlacionada de forma negativa com a qualidade do alimento (GIGER-REVERDIN, 1995; VAN SOEST, 1994). A lignina por sua vez, é um composto fenólico, com alto grau de polimerização, e é capaz de restringir a atuação de enzimas digestíveis produzidas pelos microrganismos ruminais (KIR, 2020).

Os métodos de desidratação também influenciaram o fracionamento de carboidratos ($P < 0,05$, Tabela 2). Os carboidratos totais das silagens pré-secadas foram superiores quando utilizado Glifosato (74,22%) em relação aos métodos Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico (70,54% e 71,21% respectivamente). Em contrapartida, as frações A+B1 das silagens pré-secadas foram superiores nos métodos de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico, não diferindo entre si (45,54% e 45,88% respectivamente).

Maiores teores de frações solúveis dos carboidratos na silagem pré-secada é desejável, por serem importantes fontes de substrato para os

microrganismos ruminais, os quais são responsáveis por promover a degradação do alimento (GAYER et al., 2019).

A fração B2 foi maior para silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com Glifosato (47,07%) seguido do método Mecânico + Composto químico bacteriano (43,58%) e Mecânico (40,67%). A fermentação da fração B2 é dependente da taxa de passagem do alimento devido a sua lenta degradação, e esta característica está relacionada com os níveis de celulose e hemicelulose, que são carboidratos potencialmente digestíveis (SNIFFEN et al., 1992; GAYER et al., 2019).

Em relação a fração C, a menor proporção se deu na silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (10,88%), seguida do método Mecânico e do Glifosato, que não diferiram entre si (13,44% e 13,66% respectivamente). Esta fração dos carboidratos apresenta relação diretamente proporcional com os teores de carboidratos fibrosos e lignina, ou seja, quanto maiores os teores desses componentes, maiores serão as proporções da fração C no alimento.

A diminuição dos teores de carboidratos fibrosos, de suas frações menos digestíveis, e o aumento dos teores de suas frações solúveis nas silagens pré-secadas obtidas pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano (Tabela 2) sugerem ser efeito da ação efetiva da celulase presente no Composto químico bacteriano, associada com a melhor conservação dos componentes solúveis devido a uma desidratação mais eficaz. Estes comportamentos apresentados são positivos, pois melhoram significativamente a digestibilidade do alimento.

Os métodos de desidratação influenciaram a cinética de degradação *in situ* da MS e da FDN ($P < 0,05$, Tabela 3). A degradação da fração "a" foi superior nas silagens pré-secadas obtidas pelos métodos de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico (39,46% e 38,45% respectivamente) em relação a obtida pela forragem desidratada pelo Glifosato (34,23%). Logo, a degradação da fração "b" foi superior nas silagens pré-secadas obtidas pela forragem dessecada com Glifosato e desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (46,92% e 46,81% respectivamente), comportamento que é justificado pela concentração da fração B2 dos carboidratos destas silagens (Tabela 2), fração esta que apresenta degradação parcial.

Tabela 3. Cinética da degradação ruminal *in situ* da MS e da FDN da silagem pré-secada de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação			Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato			
MS						
a (% MS)	38,85 a	39,46 a	34,23 b	37,51	0,6403	0,0001
b (% MS)	44,72 b	46,81 a	46,92 a	46,15	0,3718	0,0108
c, hora ⁻¹	0,036 a	0,036 a	0,026 b	0,033	0,0010	0,0001
i (% MS)	16,43 b	13,72 c	18,85 a	16,33	0,5861	0,0001
DE, 2% hora ⁻¹	67,66 b	69,44 a	60,85 c	65,98	0,9889	0,0001
DE, 5% hora ⁻¹	57,64 b	58,94 a	50,37 c	55,62	1,0096	0,0001
DE, 8% hora ⁻¹	52,79 b	53,89 a	45,81 c	50,83	0,9579	0,0001
FDN						
b (% MS)	76,10 ab	77,15 a	72,68 b	75,31	0,7281	0,0180
c, hora ⁻¹	0,283 a	0,267 ab	0,223 b	0,258	0,0077	0,0168
i (% MS)	23,90 ab	22,85 b	27,32 a	24,69	0,7281	0,0180
DE, 2% hora ⁻¹	71,02 a	71,73 a	66,69 b	69,81	0,8262	0,0125
DE, 5% hora ⁻¹	64,58 a	64,90 a	59,36 b	62,95	0,9269	0,0103
DE, 8% hora ⁻¹	59,22 a	59,27 a	53,49 b	57,32	0,9863	0,0098

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%. MS: Matéria seca; FDN: Fibra em detergente neutro; "a" fração que desaparece instantaneamente; "b" fração potencialmente degradável; "c" taxa de degradação em horas; "i" fração indigestível; DE: degradabilidade efetiva com a taxa de passagem da digesta estimada em 2%, 5% e 8% hora⁻¹, que representam baixo, médio e alto consumo de concentrado; EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1,0 x 10⁹ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1,0 x 10⁹ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1,0 x 10⁹ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Independente da taxa de passagem ruminal estimada, a degradabilidade efetiva foi superior no método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano, seguido dos métodos Mecânico e do uso de Glifosato. Já a porção indigestível apresentou comportamento oposto, sendo inferior para a silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (13,72%), seguida do método Mecânico (16,43%) e do uso de Glifosato (18,85%).

Corroborando com os resultados do presente estudo (Tabelas 2 e 3) Horst et al. (2017b), ao avaliarem a degradação ruminal da silagem pré-secada de duas cultivares de aveia branca, também observaram menor degradação para a cultivar que possuía maiores teores de celulose e lignina.

As degradações das frações "a", "b", "i" e a degradabilidade efetiva estão intimamente relacionados com os teores de carboidratos não fibrosos e

carboidratos estruturais (Tabelas 3). Maiores teores de carboidratos solúveis de rápida fermentação no conteúdo celular e na lamela média aumentam a degradação da fração “a” e a degradabilidade efetiva do alimento, enquanto teores mais elevados de carboidratos estruturais reduzem sua degradabilidade (HARPER et al., 2017; RIBAS et al., 2021).

Ao analisar a cinética da degradação ruminal da FDN, notou-se que a degradação da fração “b” também apresentou maior média para a silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (77,15%), não diferindo do método Mecânico (76,10%), que também não diferiu ($P > 0,05$) quando utilizou Glifosato para dessecar a forragem (72,68%), em contrapartida, a porção indigestível foi maior para esta silagem pré-secada (24,69%).

A maior média na degradação da fração “b” da FDN na silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano está relacionada com a enzima celulase presente no Composto químico bacteriano, a qual decompõe a celulose em beta-glicose e polissacarídeos de cadeia curta, melhorando assim a digestibilidade da parede celular e o valor nutritivo do alimento (MUCK et al., 2018; BUREENOK et al., 2019).

A taxa de degradação da fração “b” e a degradabilidade efetiva da FDN das silagens pré-secadas obtidas pelos métodos de desidratação Mecânico e Mecânico + Composto químico bacteriano apresentaram as maiores médias dentre os métodos avaliados, porém não diferiram entre si. Isto indica que ambas as silagens pré-secadas possuem melhor qualidade de sua porção fibrosa, que para ruminantes alimentados com silagens pré-secada é de extrema importância, uma vez que sua concentração de amido é baixa e maior parte da energia disponível provirá da digestão desta fração (HARPER et al., 2017).

Os métodos de desidratação testados influenciaram ($P < 0,05$) o V_{cnf} , K_{cnf} , V_{cf} , K_{cf} e o V_{final} (Tabela 4). O V_{cnf} foi superior para os métodos de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico, os quais não diferiram entre si (117,99 e 107,6 mL g^{-1} de MS, respectivamente). A K_{cnf} apresentou maior média para o método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano (0,0746% h^{-1}), porém não diferiu do método Mecânico (0,0653% h^{-1}) o qual não diferiu da silagem pré-secada obtida a partir da forragem dessecada com Glifosato, que apresentou menor média (0,0538% h^{-1}).

O volume de gás produzido e a taxa de degradação de carboidratos não fibrosos é reflexo do grau de fermentação microbiano, sendo este moldado pela quantidade de substrato disponível e por sua taxa de degradação (ZHENG et al., 2021). A partir disso pode-se inferir que o Composto químico bacteriano foi eficaz, preservando e disponibilizando aos microrganismos ruminais maior concentração de carboidratos solúveis (Tabela 2).

Tabela 4. Cinética de degradação de carboidratos in vitro de silagens pré-secadas de aveia branca submetidas a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação			Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato			
Vcnf (mL g ⁻¹ de MS)	107,36 a	117,99 a	84,48 b	103,28	4,0382	0,0001
Kcnf (% h ⁻¹)	0,0653 ab	0,0746 a	0,0538 b	0,0646	0,0026	0,0003
L (h)	13,38	13,39	11,74	12,84	0,4518	0,2448
Vcf (mL g ⁻¹ de MS)	69,09 b	78,29 a	68,47 b	71,95	1,3478	0,0001
Kcf (% h ⁻¹)	0,0124 ab	0,0136 a	0,0114 b	0,0125	0,0003	0,0370
Vfinal (mL g ⁻¹ de MS)	164,30 b	196,95 a	151,75 c	171,00	5,2776	0,0001

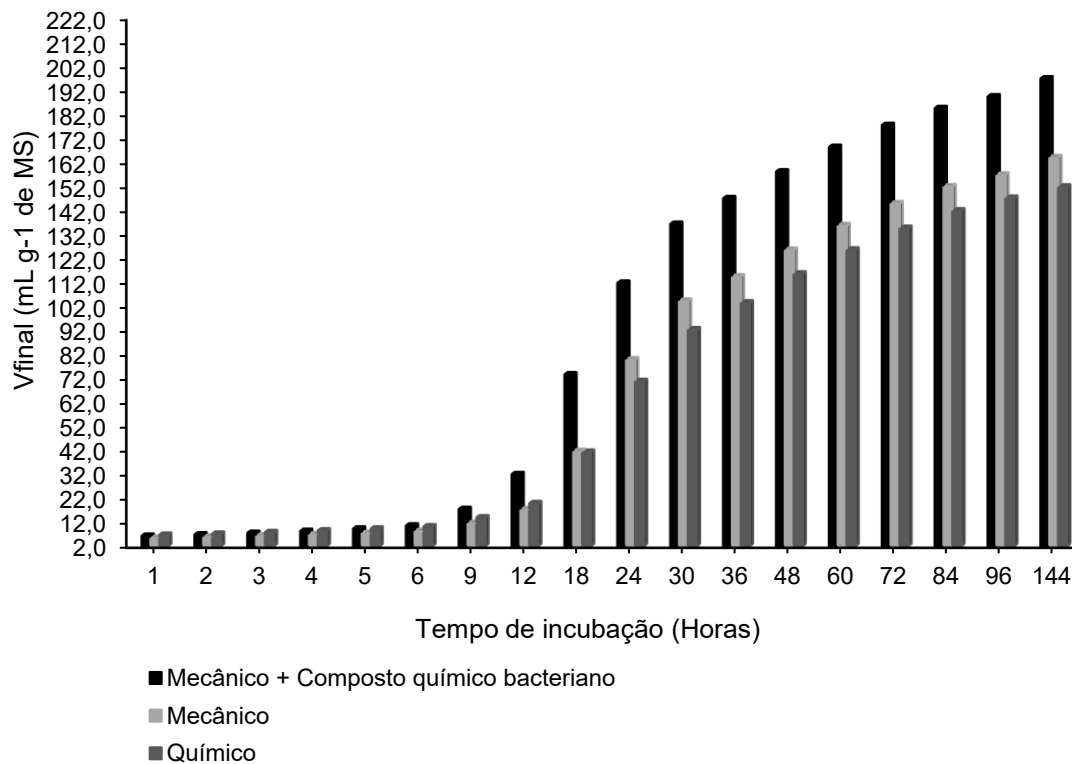
Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%; Vcnf: Volume de gás produzido através da degradação de carboidratos não fibrosos, Kcnf: Taxa de degradação de carboidratos não fibrosos, L: lag time, Vcf: Volume de gás produzido através da degradação de carboidratos fibrosos, Kcf: Taxa de degradação de carboidratos fibrosos, Vfinal: Volume final de gases oriundos da degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos; EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1,0 x 10⁹ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1,0 x 10⁹ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1,0 x 10⁹ UFC, sulfato de potássio e celulase.

A silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano apresentou maior Vcf (78,29 mL g⁻¹ de MS), enquanto as silagens pré-secadas obtidas pelos demais métodos não diferiram entre si e apresentaram menor Vcf (69,09 e 68,47 mL g⁻¹ de MS; Tabela 4). A Kcf apresentou maior média na silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano (0,0136% h⁻¹) porém não diferiu do método Mecânico (0,0124% h⁻¹), o qual também não diferiu do uso do Glifosato (0,0114% h⁻¹).

As maiores médias de Vcf e Kcf apresentada pela silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano está relacionado com seus menores teores de celulose e hemicelulose (Tabela 2).

Ao avaliar o volume final de gases oriundos da degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos observou-se que a silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano foi superior (196,95 mL g⁻¹ de MS) seguido do método Mecânico (164,30 mL g⁻¹ de MS) e do uso do Glifosato (151,75 mL g⁻¹ de MS), comportamento que pode ser visualizado através de representação gráfica (Figura 2).



Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1,0 x 10⁹ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1,0 x 10⁹ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1,0 x 10⁹ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Figura 2. Produção de gás durante o período de incubação da silagem pré-secada de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Maiores volumes de gases produzidos, são consequência da maior extensão da digestão dos carboidratos. Abd El Tawab et al. (2016) inferiram que a adição exógena de celulase melhora a digestão do alimento, corroborando com os achados para a silagem pré-secada confeccionada a partir do método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano (Tabela 3). Além da presença de enzimas exógenas, outro fator que interfere na digestibilidade de um alimento é seu teor de

FDA. Segundo Iqbal et al. (2018) alimentos com maiores teores de FDA resultam em menor produção de gás *in vitro*, comportamento também observado no presente estudo (Tabelas 1, 2 e 4).

CONCLUSÃO

O método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano foi mais eficaz, gerando uma silagem pré-secada com menores teores de carboidratos fibrosos e maior degradação de seus carboidratos fibrosos e não fibrosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL TAWAB, A. M.; KHATTAB, M. S. A. S.; EL-ZAIAT, H. H.; MATLOUP, O. H.; HASSAN, A. A. Effect of cellulase and tannase enzymes supplementation on the productive performance of lactating buffaloes fed diets contains date palm fronds. **Asian Journal Animal Science**, v. 10, n. 6, p. 307–331, 2016. <https://doi.org/10.3923/ajas.2016.307.312>

AOAC. **Official Methods of Analysis** (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, 2000.

BOLLER, W. Máquinas para a colheita e conservação de forragens. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária Floresta na Região Sul-Brasileira**. Brasília, EMBRAPA. 2012, p. 367-434.

BUREENOK, S.; LANGSOUMECHAI, S.; PITIWITTAYAKUL, N.; YUANGKLANG, C.; VASUPEN, K.; SAENMAHAYAK, B.; SCHONEWILLE, J. T. Effects of fibrolytic enzymes and lactic acid bacteria on fermentation quality and *in vitro* digestibility of Napier grass silage. **Italian of Journal Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 1438-1444, 2019. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1681910>

CASTRO, A. M.; PEREIRA JUNIOR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulasas na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 181-188, 2010.

COSTA, M. L. L.; DE RESENDE, A. S. C.; DUARTE, I. N. H.; LIMA, N. R.; MOREIRA, G. R. Valor nutricional da silagem pré-secada de capim Tifton-85. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 26-33, 2019.

DI MARCO, O.; AELLO, M.; NOMDEDEU, M.; VAN HOUTTE, S. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*). **Animal Feed Science and Technology**, v. 99, n. 4, p. 37-43, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00077-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00077-9)

FRACCHIA, L.; BANAT, J. J.; CAVALLO, M.; CERESA, C.; BANAT, I. M. Potential therapeutic applications of microbial surface-active compounds. **AIMS Bioengineering**, v. 2, n. 3, p. 144–162, 2015. <https://doi.org/10.3934/bioeng.2015.3.144>

GAYER, T. O.; KASPER, N. F.; TADIELO, L. E.; KROLOW, R. H.; DE AZEVEDO, E. B.; OAIGEN, R. P.; CASTAGNARA, D. D. Different dry matters content used for the conservation of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in anaerobic environment. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 6, p. 369-378, 2019. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13675>

GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 55, n. 3-4, p. 295-334, 1995. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00791-K](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00791-K)

HARPER, M. T.; OH, J.; GIALLONGO, F.; ROTH, G. W.; HRISTOV, A. N. Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6151-6163, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12553>

HORST, E. H.; NEUMANN, M.; MAREZE, J.; LEÃO, G. F. M.; DOCHWAT, A. Silagem pré-secada de cereais de inverno em estágio de pré-florescimento: Revisão. **Pubvet**, v. 11, p. 313-423, 2017a.

HORST, E. H.; NEUMANN, M.; SANTOS, J. C.; MAREZE, J.; MIZUBUTI, I. Y.; JÚNIOR, V. H. B. Fiber composition and degradability of cold season green forage and pre-dried silage harvested at pre-flowering. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 38, n. 4, p. 2041-2049, 2017b. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p2041>

IQBAL, M.W.; ZHANG, Q.; YANG, Y.; ZOU, C.; LI, L.; LIANG, X.; WEI, S.; LIN, B. Ruminal fermentation and microbial community differently influenced by four typical subtropical forages in vitro. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 100-108, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.10.005>

KIR, H. Yield and quality traits of some silage maize cultivars. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 20, n. 4, p. 2843-2849, 2020.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B.; GOMES, G. L. G. C. Efeitos do glyphosate nos teores de lignina, celulose e fibra em *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 57-63, 2011. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i1.77>

MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; CONTRERAS-GOVEA, F. E.; SANTOS, M. C.; KUNG JUNIOR, L. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>.

MCDUGAL, E. I. Studies on ruminant saliva. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v. 43, n. 1, p. 99-109, 1949.

NASCIMENTO, M. C. O.; SOUZA, B. B.; SILVA, F. V.; MELO, T. S. Armazenamento de forragem para caprinos e ovinos no semiárido do nordeste. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 20-27, 2013.

<http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i4.374>

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)

OLIVEIRA, J. G. D.; HENRIQUE, D. S.; ABREU, M. L. C.; FLUCK, A. C.; MAYER, L. R. R.; COSTA, O. A. D.; ATOJI-HENRIQUE, K. Evaluation of mathematical models to describe gas production kinetics of some tropical and temperate forages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. 1, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.37496/rbz4920190197>

ORSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

PIWOWAREK, K.; LIPÍŃSKA, E.; HAĆ-SZYMAŃCZUK, E.; KIELISZEK, M.; ŚCIBISZ, I. Propionibacterium spp.—source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 2, p. 515–538, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8616-7>

RIBAS, W. F. G.; MONÇÃO, F. P.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MARANHÃO, C. M. D. A.; FERREIRA, H. C.; SANTOS, A. S.; GOMES, V. M.; RIGUEIRA, J. P. S. Effect of wilting time and enzymatic-bacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS capiaçu grass silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200207>

SARATALE, G. D.; SARATALE, R. G.; OH, S. E. Production and characterization of multiple cellulolytic enzymes by isolated Streptomyces sp. MDS. **Biomass and Bioenergy**, v. 47, n. 1, p. 302-315, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.030>

SILVA, F. R. F.; CARVALHO, G. A.; CRUZ, P. G.; SALMAN, A. K. D.; SCHIMTT, E. Degradabilidade do capim-marandu manejado sob pastejo por vacas suplementadas ou não com óleo de soja. **Pubvet**, v. 12, n. 4, p. 1-7, 2018.

SOUNDHARRAJAN, I.; KIM, D. H.; SRISHESHARAM, S.; KUPPUSAMY, P.; PARK, H. S.; YOON, Y. H.; KIM, W. H.; SONG, Y. G.; CHOI, K. C. Application of customised bacterial inoculants for grass haylage production and its effectiveness on nutrient composition and fermentation quality of haylage. **Biotech**, v. 7, n. 5, P. 321-330, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0965-5>

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetic of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, 1994. doi:10.2527/1994.72112980x

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and

protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. (1991). 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, 1991.

ZHENG, Y.; ZHAO, Y.; XUE, S.; WANG, W.; WANG, Y.; CAO, Z.; YANG, H.; LI, S. Feeding value assessment of substituting cassava (*Manihot esculenta*) residue for concentrate of dairy cows using an in vitro gas test. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 307, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11020307>

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JR, R. S.; KREMER, R. J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C. M.; MUNIZ, A. S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 97, p. 182- 193, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.01.004>

8 ARTIGO C - O PADRÃO FERMENTATIVO E A ABUNDÂNCIA BACTERIANA DA SILAGEM PÉ-SECADA DE AVEIA BRANCA SÃO ALTERADOS PELO MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO DA FORRAGEM

THE FERMENTATION PATTERN AND BACTERIAL ABUNDANCE OF HAYLAGE WHITE OAT ARE ALTERED BY THE FORAGE DEHYDRATION METHOD

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a estabilidade aeróbica, o perfil fermentativo através da análise de ácidos orgânicos e a diversidade microbiológica em nível de filo e gênero da silagem pré-secada de aveia branca obtida a partir de três métodos de desidratação, sendo: 1) Mecânico; 2) Mecânico + Composto químico bacteriano, o qual é constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase; e 3) onde foi utilizado o Glifosato como dessecante. A silagem pré-secada confeccionada com a forragem desidratada pelo método Mecânico apresentou menor estabilidade aeróbica (69,20 horas), maior temperatura acumulada de 0 a 84 horas e de 0 a 168 horas (12,73°C e 25,91°C respectivamente). A silagem pré-secada confeccionada com a forragem dessecada com Glifosato possuiu maiores concentrações de ácido acético (3,96 g kg) e iso-butírico (0,78 g kg). A diversidade microbiológica e a riqueza não diferiram entre as silagens pré-secadas produzidas. Entretanto, a abundância relativa dos gêneros *Pantoea* e *Lactobacillus* foi maior na silagem pré-secada confeccionada com a forragem dessecada com Glifosato, já o gênero *Weissella* apresentou maior abundância relativa na silagem pré-secada confeccionada com a forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano. O método de desidratação da forragem altera a estabilidade aeróbica da silagem pré-secada, assim como a concentração de seus ácidos orgânicos e a abundância relativa de alguns gêneros bacterianos.

Palavras-chave: Ácido láctico, Bactérias homofermentativas, Estabilidade aeróbica, *Lactobacillus*.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the aerobic stability, the fermentative profile through the analysis of organic acids and microbiological diversity at the phylum and genus level of the haylage of white oats obtained from three dehydration methods, being: 1) Mechanical; 2) Mechanical + Bacterial chemical compound, which is made up of *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1.0×10^9 CFU, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1.0×10^9 CFU and *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1.0×10^9 CFU, potassium sulphate and cellulase; and 3) where Glyphosate was used as a desiccant. The haylage made with the forage dehydrated by the mechanical method showed lower aerobic stability (69.20 hours), higher accumulated temperature from 0 to 84 hours and from 0 to 168 hours (12.73°C and 25.91°C respectively). The haylage silage made with forage dried with Glyphosate had higher concentrations of acetic acid (3.96 g kg) and iso-butyric acid (0.78 g kg). Microbiological diversity and richness did not differ among the haylages produced. However, the relative abundance of the genera Pantoea and Lactobacillus was higher in the haylage made with forage dried with Glyphosate, while the genus Weissella presented higher relative abundance in the haylage made with the forage dehydrated by the mechanical method + Bacterial chemical compound. The forage dehydration method changes the aerobic stability of haylage, as well as the concentration of its organic acids and the relative abundance of some bacterial genera.

Key words: Aerobic stability, Homofermentative bacteria, Lactic acid, Lactobacillus

INTRODUÇÃO

Quando se deseja produzir um alimento conservado de qualidade, realizar a ensilagem da aveia pode ser uma boa alternativa, devido sua qualidade nutricional. No entanto, para atender um alto valor nutricional de sua porção vegetativa a aveia deve ser colhida em estágio de pré-florescimento, momento que seu teor de matéria seca é baixo e pode prejudicar o processo fermentativo (ZAMARCHI et al., 2014).

O baixo teor de matéria seca obriga que seja realizado a desidratação da planta até atingir um teor de matéria seca compatível para o desenvolvimento do correto processo fermentativo (CERUTTI et al., 2022). Processo este que pode ser

avaliado pelo desenvolvimento de bactérias ácido láticas, que apresentam a capacidade de fermentar carboidratos solúveis e produzir ácido lático, o qual promove o rebaixamento do pH do meio de forma rápida, conserva os nutrientes do material ensilado e o mantém preservado por longos períodos (KESHRI et al., 2018; KUNG et al., 2018).

O período de desidratação da forragem altera seus teores de carboidratos solúveis, ou seja, quanto menos eficiente este processo for, menor tende a ser a concentração destes carboidratos, pois são utilizados nas reações intracelulares das plantas após seu corte (NASCIMENTO et al., 2013; RIBAS et al., 2021).

Estas reações em cadeia (consumo de carboidratos, desenvolvimento microbiano, produção de ácidos orgânicos) também interfere no pós abertura dos silos, pois nesse momento a proliferação de fungos e leveduras é alta devido a presença de oxigênio, contudo, se durante a fase fermentativa também ocorrer o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido acético a proliferação destes microrganismos será inibida e assim garantirá maior estabilidade aeróbica da silagem pré-secada (RIBAS et al., 2021).

Fica claro que a comunidade microbiana é facilmente moldada durante a fase de confecção da silagem pré-secada, seja de forma positiva ou negativa, e esta irá moldar o processo fermentativo (GUO et al., 2018). Uma forma de avaliar o microbioma da silagem é através do sequenciamento gênico, o qual tem sido utilizado para obter uma visualização mais abrangente da comunidade microbiana e assim melhor descrever sua ecologia (LI et al., 2019).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito de três métodos de desidratação da forragem de aveia (Mecânico + Composto químico bacteriano, Mecânico e uso de Glifosato), frente a estabilidade aeróbica, o perfil fermentativo através da análise de ácidos orgânicos e a diversidade microbiológica em nível de filo e gênero das silagens pré-secadas produzidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local experimental

O estudo foi realizado no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado na cidade de Guarapuava – PR, em conjunto ao curso de pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina (UEL) localizada em Londrina – PR. O clima da região de Guarapuava é do tipo subtropical mesotérmico úmido (Cfb), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado. Os dados climáticos do período experimental estão ilustrados na Figura 1.

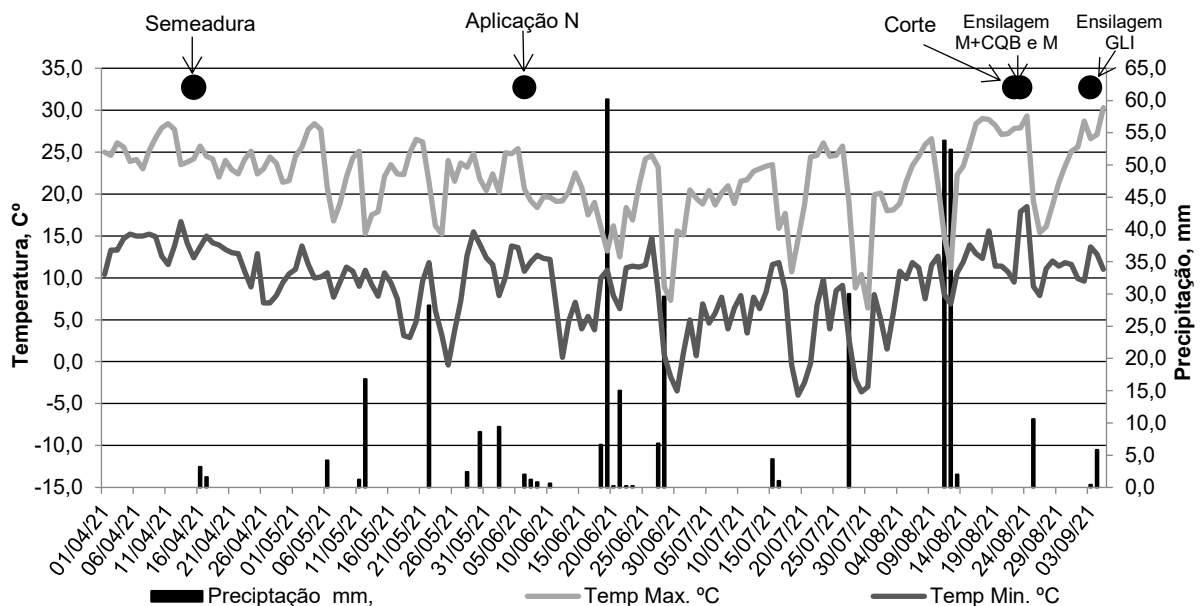


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima (°C) e média de precipitação em mm durante o período experimental

Materiais e desenho experimental

Como material experimental Aveia Branca, cultivar GMX Tambo. A forragem foi implantada no dia 15 de Abril de 2021, em sistema de plantio direto, com semente realizada em espaçamento entre linhas de 0,17 m e profundidade média de 0,02 m, em parcelas medindo 5 x 5 m, totalizando uma área de 25 m² por parcela. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por três tratamentos, sendo três métodos de desidratação da forragem (Mecânico + Composto químico bacteriano, Mecânico e uso de Glifosato), com cinco repetições cada, onde cada repetição foi representada por uma parcela.

Para o método Mecânico + Composto químico bacteriano o qual é constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC g^{-1} , sulfato de potássio e celulase (tecnologia detida pela empresa SLO Biotecnologia e Agropecuária) foi aplicado na dose de $5 g^{-1}$ do produto comercial para cada 1 L de água não clorada, conforme recomendação do fabricante. O composto químico bacteriano foi aplicado na forragem por intermédio de um pulverizador momentos antes do corte, e após foi realizado o revolvimento da forragem com auxílio de ancinhos até atingir teor de matéria seca (MS) desejado para a ensilagem.

No método de desidratação Mecânico a forragem foi apenas segada e revolvida com auxílio de ancinhos até atingir teor de matéria seca desejado para a ensilagem.

Para o uso do herbicida Glifosato, este foi aplicado na dose de $0,5 L ha^{-1}$, onde as plantas foram segadas somente quando atingiram teor de matéria seca desejado para ensilagem. O produto em questão possui seu uso autorizado pelo ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), nesta dosagem como agente de desidratação de aveia para confecção de silagem pré-secada.

Antes de realizar o corte, a aplicação do glifosato e do composto químico bacteriano foi coletado de forma aleatória 10 amostras de 500 g, onde 5 foram mantidas integras e alocadas em estufa de ar forçado para determinação da ASA das plantas no momento do corte, e as demais tiveram suas estruturas colmo e folhas segmentadas para se obter a relação folha:colmo (F:C) nas plantas.

Dentro de cada parcela foi escolhido 1 m linear, também de forma aleatória e coletado as plantas ali existentes, e ao totalizar 15 m lineares, ou seja, 15 pontos de coleta, estas plantas foram todas pesadas para estimar a produção média de massa de forragem verde ($kg ha^{-1}$), e partir deste valor e o valor da MS das plantas foi estimado a produção de massa de forragem seca ($kg ha^{-1}$), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Características da lavoura de aveia branca no momento do corte

População, plantas ha ⁻¹	1.930.000
Produção de massa de forragem verde, kg ha ⁻¹	20.707
Produção de massa de forragem seca, kg ha ⁻¹	4.448
MS (%)	21,48
Relação F:C (%)	74,82

ha: hectare.

Ao atingirem 45% de matéria seca, a forragem de cada parcela foi picada com o auxílio de uma ensiladeira estacionária e armazenadas em silos laboratoriais de PVC medindo 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, com uma compactação de 240 kg de matéria seca m³, as quais permaneceram armazenadas em local coberto por 60 dias.

Análise de estabilidade aeróbica

Imediatamente após a abertura dos silos foi realizado o teste de estabilidade aeróbica das silagens pré-secadas. Para tal um quilograma de amostra foi depositado em recipientes de polipropileno e transferidos para uma câmara climática com temperatura de 25 ± 2 °C. As temperaturas da silagem foram mensuradas com um termômetro de haste inserido a 10 cm no centro da massa, estas se deram em intervalos de seis horas, durante sete dias.

A perda de estabilidade aeróbia foi definida como o tempo necessário para a silagem apresentar uma elevação de 2 °C em relação à temperatura ambiente (Taylor e Kung Jr., 2002). No final da avaliação também foi realizada leitura de pH conforme metodologia estabelecida por Cherney; Cherney (2003). A temperatura acumulada, resultante a soma da diferença média diária das temperaturas nas silagens expostas ao ar em relação a temperatura ambiente de 0 a 84 e de 0 a 168 horas foi realizada segundo metodologia descrita por O'Kiely et al. (1999).

Análise de ácidos orgânicos

A concentração do ácido láctico foi realizada conforme metodologia descrita por Pryce (1969), e as concentrações de ácido acético, propiônico, butírico e

iso-butirico foram determinados foram determinadas por cromatografia gasosa, conforme metodologia utilizada em estudo desenvolvido por Del Valle et al. (2018).

Diagnóstico microbiológico digital

A identificação das bactérias foi realizada utilizando-se o sequenciamento de alto desempenho das regiões V3/V4 do gene 16S rRNA. O preparo das bibliotecas seguiu um protocolo proprietário (Neoprosecta Microbiome Technologies, Brasil). Foi realizada a amplificação com primers para região V3-V4 do gene rRNA 16S, 341F (CCTACGGGRRSGCAGCAG, WANG; QIAN, 2009) e 806R (GGACTACHVGGGTWTCTAAT, CAPORASO et al., 2012). As bibliotecas foram sequenciadas utilizando o equipamento MiSeq Sequencing System (Illumina Inc., USA), utilizando o sequenciamento paired-end, e kits V3 com 600 ciclos e V2 com 500 ciclos. Após, as sequências foram analisadas por meio do pipeline Sentinel.

No pipeline Sentinel os arquivos fastq foram avaliados quanto a qualidade Phred (QP) usando o programa FastQC (v.0.11.8) (ANDREWS, 2010). A seguir, os arquivos fastq foram submetidos à trimagem (limpeza das sequências produzidas a partir do sequenciamento, a qual tem a finalidade de remover regiões que apresentem baixa qualidade ou que são indesejadas por causarem erros nas análises dos dados) de primers e sequências com baixa qualidade (Phred < 20). O software utilizado para tal finalidade foi construído em Python (v.3.6), sendo este inspirado nas funcionalidades do projeto BioPython (COCK et al. 2009). Para os dados paired-end, antes da etapa de trimagem, dois pares de arquivos (R1 e R2) foram unidos em um só arquivo usando pandaseq (v.2.11) (MASELLA et al., 2012).

Clusters com abundância menor do que 2, foram removidos das análises, pois tais estruturas são relacionadas a sequências quimeras (SMYTH et al., 2010). As identificações taxonômicas foram realizadas com blastn (v.2.6.0+) (ALTSCHUL et al., 1990), usando como referência um banco de dados proprietário (Neoprosecta Microbiome Technologies, Brasil). Quanto a definição de uma espécie, dentre os 20 hits retornados para cada cluster, uma instrução em Python avalia se um dos três quesitos foram atendidos pelos hits: 1) maior bit-score; 2) menor evalue; e 3) taxonomias com maior representação. Os hits que atenderam um dos itens foram escolhidos como espécie representante, e essas análises foram realizadas na

plataforma computacional da Amazon, onde a estrutura de bioinformática da Neoprospecta está hospedada.

Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, a fim de verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Uma vez atendidos estes pressupostos, aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade de confiança, através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância.

A análise de cada variável seguiu o modelo estatístico $Y_i = \mu + D_i + \varepsilon_i$; Onde: Y_i = variáveis dependentes; μ = Média geral de todas as observações; D_i = Efeito dos métodos de desidratação da forragem de ordem "i"; e ε_i = Efeito aleatório residual.

Os dados de Riqueza e Índice de Shannon foram obtidas pelos pacotes (vegan; tidyverse; forcats e iNEXT) do programa estatístico R versão 4.2.1.

Os dados relativos a abundância relativa dos filotaxos e gêneros com abundância superior a 2% em pelo menos uma das silagens pré-secadas não atenderam os pressupostos de homogeneidade, a partir daí foi realizado a transformação de Box Cox, e, após realizado tal procedimento os dados atenderam os pressupostos de normalidade e homogeneidade e então aplicou-se o teste F a 5% de significância, através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância. A análise de componentes principais foi realizada através do pacote Vegan, do programa estatístico R, versão 4.3.0, a qual também possibilitou avaliar as correlações entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estabilidade aeróbica e os ácidos produzidos durante o processo fermentativo das silagens pré-secadas foram alterados conforme o método de desidratação utilizado ($P < 0,05$, Tabela 2).

Tabela 2. Estabilidade aeróbica e perfil fermentativo de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação			Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato			
EA, horas	69,20 c	78,20 b	127,0 a	91,47	6,8190	0,0001
<u>T. acumulada, °C</u>						
0 a 84 horas	12,73 a	8,85 b	6,90 c	9,49	0,6507	0,0001
0 a 168 horas	25,91 a	22,43 b	17,52 c	21,95	0,9295	0,0001
<u>pH</u>						
Início EA	4,91	4,73	4,62	4,75	0,0826	0,3899
Final EA	5,75	5,58	5,72	5,68	0,0413	0,2168
<u>Ácidos</u>						
Acético, g kg	2,88 c	3,36 b	3,96 a	3,40	0,1188	0,0001
Lático, g kg	28,54	31,17	27,26	28,98	0,8288	0,2309
Butírico, g kg	ND	ND	ND	-	-	-
Propiônico, g kg	ND	ND	0,08 a	0,03	0,0077	0,0001
Iso-butírico, g Kg	0,66 a	0,48 b	0,78 a	0,64	0,0336	0,0003

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5%.

T: Temperatura; EA: Estabilidade aeróbica; ND: não detectado; EPM: Erro padrão da média; °C: graus celsius.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

A silagem pré-secada confeccionada com a forragem dessecada com Glifosato levou mais tempo para perder sua estabilidade aeróbica (127 horas), seguido da silagem pré-secada confeccionada com a forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (78,20 horas) e Mecânico (69,20 horas).

A quebra da estabilidade aeróbia indica o início da deterioração por microrganismos (BERNARDES; CHIZZOTTI, 2012). O maior tempo para perda de estabilidade na silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com Glifosato se deu por sua maior concentração de ácido acético e pela presença de ácido propiônico, os quais apresentam ação antifúngica (MUCK et al., 2018; XU et al., 2019).

A temperatura acumulada de 0 a 84, e de 0 a 168 horas foram menores para a silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com glifosato (6,90 °C, e 17,52 °C respectivamente), seguida da silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano (8,85 °C e 22,43 °C respectivamente). O aumento de temperatura com o passar dos dias de exposição ao

oxigênio é normal e ocorre devido a proliferação de fungos e leveduras, e ambas as silagens pré-secadas que apresentaram menores temperaturas acumuladas obtiveram as maiores médias de ácido acético (3,96 g kg e 3,36 g kg, respectivamente), ácido este que apresenta importante ação antifúngica.

O ácido iso-butírico esteve presente em maior concentração nas silagens pré-secadas obtidas pelos métodos de desidratação Mecânico e quando a forragem foi dessecada com Glifosato. Este ácido é derivado da deaminação de aminoácidos provocada por microrganismos como enterobactérias e bacillus (KUNG et al., 2018). É importante salientar que, a maior presença desse ácido pode estar correlacionada com uma proteólise mais extensa durante a fase fermentativa.

A diversidade microbiana avaliada através da riqueza e do índice de Shannon não foi alterada entre as silagens pré-secadas avaliadas ($P > 0,05$, Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação da α diversidade microbiana em nível de Filo e Gênero de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação				
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano	Glifosato	EPM	p-valor
<u>Filo</u>					
Riqueza	4	4	4	-	-
Índice de	1,07	1,04	1,04	0,0122	0,3816
<u>Gênero</u>					
Riqueza	16	16	17	0,2427	0,1278
Índice de	2,07	1,97	2,05	0,0258	0,3170

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5%.

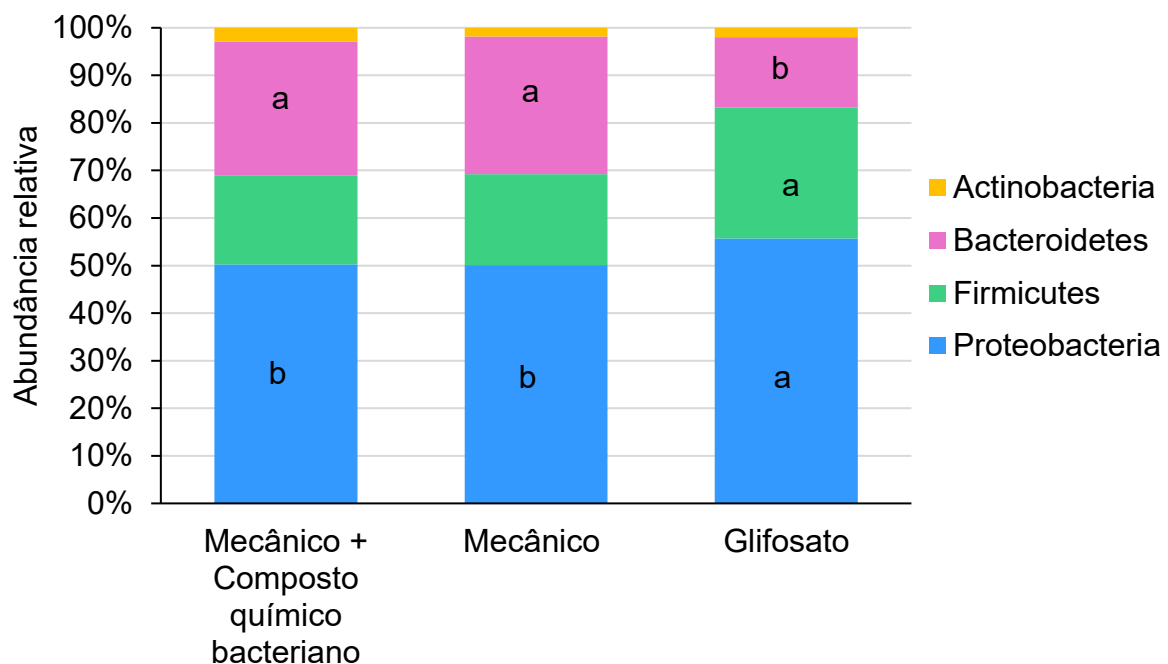
EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

O Índice de Shannon representa a diversidade bacteriana, e quando este está acima de 2,0, Zi et al. (2021) consideraram como uma alta diversidade. No presente estudo mesmo que não tenha apresentado diferença significativa entre as silagens pré-secadas avaliadas a diversidade bacteriana em nível de gênero pode ser considerada alta, e sugerir que os métodos de desidratação empregados não trouxeram prejuízos à diversidade bacteriana.

Mesmo que não tenha ocorrido diferença entre as diversidades avaliadas, não pode afirmar que também não haverá diferença na abundância bacteriana entre as silagens pré-secadas, uma vez que esta pode ser alterada pelas concentrações de ácidos orgânicos (LI et al., 2019) e pela composição bromatológica do material ensilado.

Na figura 2 é apresentado a abundância relativa dos filios bacterianos encontrados nas silagens pré-secadas, e pode-se observar que os filios dominantes foram Proteobacterias, Bacteroidetes e Firmicutes.



Barras de mesma cor, contendo letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5%. Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Figura 2. Abundância relativa da comunidade bacteriana em nível de filo das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

O filo Proteobacteria foi constituído pelos gêneros Pantoea, Sphingomonas e Stenotrophomonas, o filo Firmicutes foi constituído pelos gêneros Aerococcus, Enterococcus, Lactobacillus e Weissella, e o filo Bacteroidetes foi constituído pelo gênero Sphingobacterium.

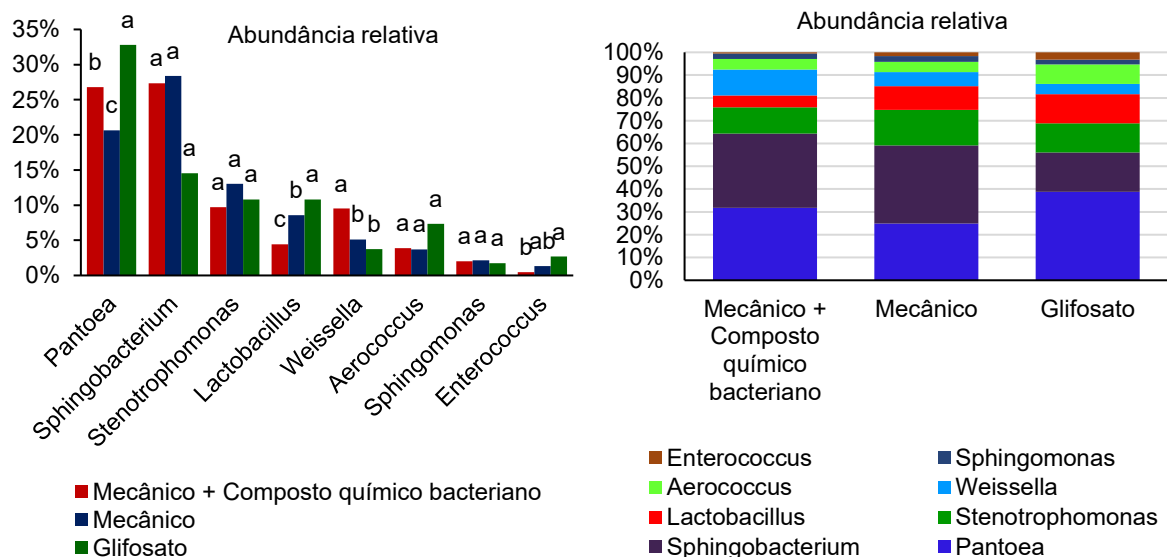
Dentre os filios presentes, Proteobacteria apresentou a maior abundância relativa nas silagens pré-secadas avaliadas. Segundo Wang et al. (2021)

a dominância deste filo se dá por sua boa relação com ambientes que possuam pH relativamente baixo e anaeróbicos, o qual é desenvolvido durante a fase fermentativa.

Bacteroidetes foi subdominante nas silagens pré-secadas confeccionadas a partir da forragem desidratada pelos métodos Mecânico + Composto químico bacteriano e Mecânico (29,10% \pm 1,94 e 29,08% \pm 1,78 respectivamente). Bacteroidetes são importantes na comunidade bacteriana de silagens, principalmente por hidrolisar polissacarídeos da matéria orgânica e os transformar em monossacarídeos, que ficara disponível para outros microrganismos como substrato, ou para os animais durante a alimentação (OGUNADE et al., 2018; YUE et al., 2013).

Na silagem pré-secada confeccionada com a forragem dessecada com Glifosato o filo subdominante foi Firmicutes (26,29% \pm 0,78). As bactérias deste filo além de produzir ácidos orgânicos através de processos fermentativos, também apresentam bom desenvolvimento em ambientes com pH baixo e anaeróbicos (ZANGH et al., 2019; GRAF et al., 2016).

Na figura 3 é apresentado a abundância relativa dos gêneros bacterianos que apresentaram em pelo menos uma das silagens pré-secadas avaliadas uma abundância superior que 2%, e destes, houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os gêneros Pantoea, Lactobacillus, Weissella e Enterococcus.



Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Figura 3. Abundância relativa da comunidade bacteriana em nível de gênero das

silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Os gêneros bacterianos mais abundantes presentes nas silagens pré-secadas avaliadas foram *Pantoea*, *Sphingobacterium* e *Stenotrophomonas*, onde apenas a *Pantoea* diferiu entre as silagens pré-secadas avaliadas. O gênero *Pantoea* apresentou maior abundância relativa na silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com Glifosato ($32,79\% \pm 2,64$), seguido da silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano ($26,77\% \pm 2,00$), e Mecânico ($20,65\% \pm 0,43$).

O desenvolvimento de bactérias do gênero *Pantoea* em silagens é efetivamente restringido quando seu pH está abaixo de 4,2 (SUN et al., 2021), o que não ocorreu nas silagens pré-secadas avaliadas no presente estudo (Tabela 2) e pode ser está a justificativa da alta prevalência deste gênero bacteriano.

O papel das bactérias do gênero *Pantoea* durante o processo fermentativo não está completamente elucidado, Ogunade et al. (2018) e Guan et al. (2018) prospectaram que estas bactérias são capazes de reduzir o nitrogênio amoniacal durante o processo fermentativo e converter carboidratos solúveis em ácidos orgânicos. Em contrapartida Li et al. (2021) as consideram indesejáveis, e acreditam que sua existência se limita em competir pelos mesmos substratos utilizados pelas bactérias lácticas.

No entanto, no presente estudo não foi possível observar se o gênero bacteriano *Pantoea* trouxe prejuízos no processo fermentativo, pois a concentração de ácido láctico entre as silagens pré-secadas avaliadas não diferiram entre si, assim como seus valores de pH, que além de não apresentarem diferença significativa ($P>0,05$), podem ser considerados adequados para uma silagem pré-secada e ainda ser sugestivo que o processo fermentativo ocorreu de forma adequada (Tabela 2),

Os gêneros *Sphingobacterium* e *Stenotrophomonas* como já citado não diferiram entre as silagens pré-secadas, porém sua abundância relativa chama atenção e é importante salientar suas importâncias. De acordo com Guo et al. (2021) e Chen et al. (2021) estas são capazes de realizar o sequestro de dióxido de carbono (CO_2) durante a fase fermentativa, cooperando com a redução da emissão de gases e perda de nutrientes. Durante seu crescimento anaeróbio autotrófico, as bactérias

destes gêneros convertem CO₂ em ácidos orgânicos através da eletrossíntese microbiana (BIAN et al., 2020).

O gênero *Lactobacillus* apresentou maior abundância relativa na silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com Glifosato (10,82% ± 0,51), quando comparado com as demais. Tal gênero bacteriano é dividido em homofermentativas, as quais convertem a glicose em ácido láctico, e heterofermentativas, as quais convertem glicose em ácido láctico, ácido acético e CO₂ (PRÜCKLER et al., 2015). Visto isso, sugere-se que houve uma maior prevalência de bactérias heterofermentativas na silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com Glifosato pois sua concentração de ácido acético foi superior que nas demais (Tabela 3).

Em contrapartida, o gênero *Weissella* apresentou maior abundância relativa na silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano em relação as demais (9,53% ± 0,95).

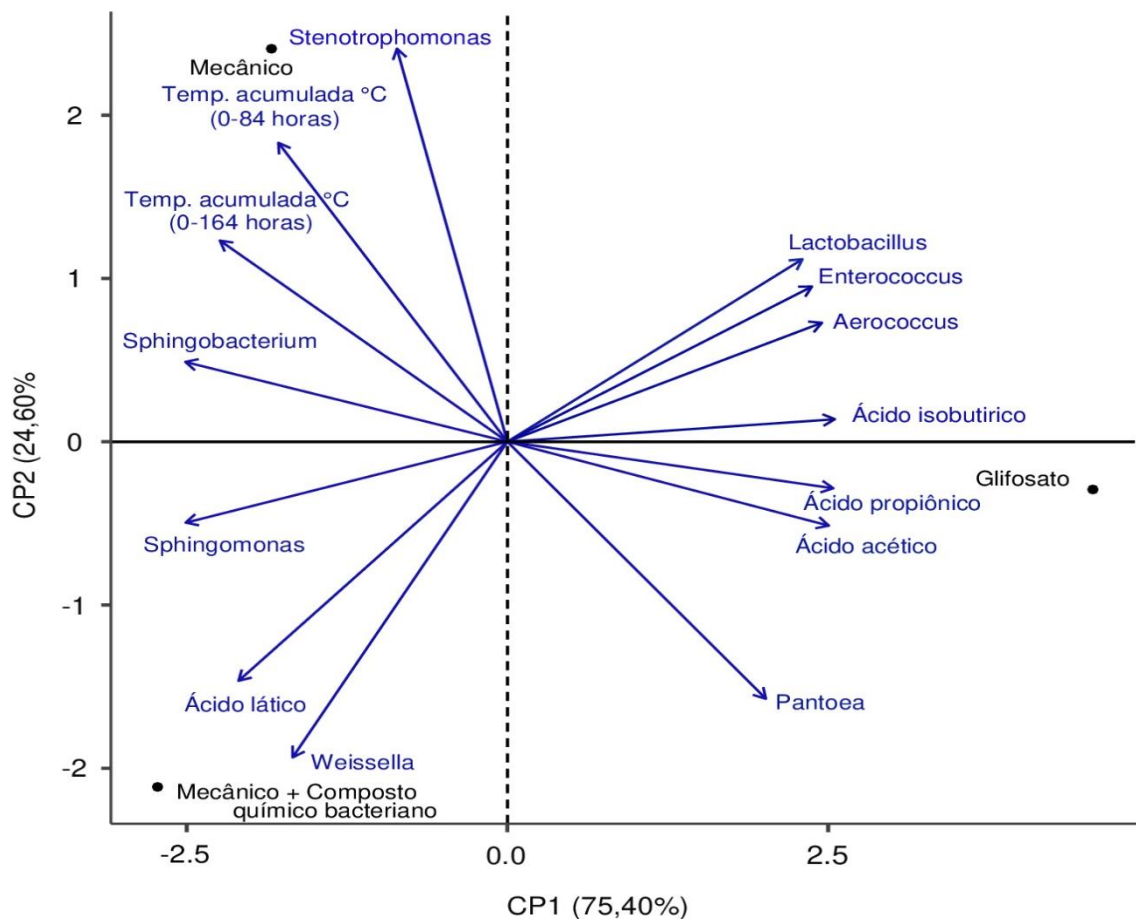
Este gênero é facilmente substituído por espécies como os *Lactobacillus* que toleram pH ácido ao passo que a fase fermentativa avança (GRAF et al., 2016; GUAN et al., 2018). A maioria das espécies bacterianas presentes no gênero *Weissella* são heterofermentativas obrigatórias, ou seja, produzem lactato e acetato após metabolizarem a glicose (GRAF et al., 2016). Metabolismo este que pode justificar a segunda maior concentração de ácido acético na silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano (Tabela 3).

O gênero *Enterococcus* mesmo que em baixa abundância, se mostrou presente nas silagens pré-secadas avaliadas. A silagem pré-secada obtida através da forragem dessecada com Glifosato apresentou maior média (2,69% ± 0,71), porém não diferiu da silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico (1,32% ± 1,19).

Algumas bactérias do gênero *Enterococcus* são consideradas por Muck (2010) como indesejáveis, pois se trata de um dos principais microrganismos que geram perdas proteicas, devido sua capacidade de degradar proteína, levando a produção de nitrogênio amoniacal. Mesmo que sua abundância relativa tenha sido baixa no presente estudo, sugere-se que sua presença foi responsável pela existência do ácido iso-bútrico nas silagens pré-secadas avaliadas (Tabela 3), ácido este que, segundo Kung et al. (2018) é derivado da deaminação.

Além de avaliar os gêneros bacterianos e os produtos oriundos da fermentação de forma separada, avaliar estes em conjunto e a relação que um possui com o outro também se faz importante.

O emprego da Análise de Componentes Principais (Figura 4) teve por finalidade avaliar as correlações entre os parâmetros fermentativos e os principais gêneros bacterianos encontrados nas silagens pré-secadas a partir de uma redução dos dados utilizados e eliminação de sobreposições. A CP1 explica 75,40% e o CP2 explica 24,60% da variância dos dados, o que permite uma interpretação segura das variáveis e dos métodos de desidratação estudados. A definição da contribuição das variáveis analisadas para a formação dos CPs se dá pelo comprimento das setas e por sua proximidade do eixo (HONGYU et al., 2015). As variáveis, ácido isobutírico, ácido propiônico e ácido acético tiveram maior contribuição na formação do CP1, já os gêneros *Sphingobacterium* e *Sphingomonas* tiveram menor contribuição na formação deste. O gênero *Stenotrophomonas* teve maior contribuição na formação do CP2 e *Weissella* a menor contribuição.



Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Figura 4. Análise de componentes principais para os parâmetros fermentativos e os principais gêneros bacterianos presente nas silagens pré-secadas de aveia branca submetida a três métodos de desidratação

Vale enfatizar que, neste tipo de análise a correlação é definida pelo ângulo que forma entre as variáveis, ou seja, se este for próximo a zero ou agudo, a correlação é alta e positiva, se for próximo a 180° , a correlação também é considerada alta, porém negativa, já se o ângulo for de 90° ou próximo, as variáveis possuem pouca ou nenhuma correlação (HONGYU et al., 2015).

Diante disso, nota-se que a temperatura acumulada de 0 a 84 horas e a temperatura acumulada de 0 a 168 horas apresentaram correlação positiva por formarem ângulos agudos e estão presentes no mesmo quadrante, ou seja, apresentam alta correlação entre si, assim como apresentaram correlação positiva com os gêneros *Stenotrophomonas* e *Sphingobacterium*.

A correlação positiva entre as temperaturas acumuladas ocorre pelo fato de uma estar diretamente relacionada com a outra, ou seja, uma vez que o processo de deterioração se inicia após a exposição do alimento conservado ao oxigênio e existe a proliferação de fungos e leveduras a temperatura tende a se elevar de forma gradativa. Já a correlação entre as temperaturas acumuladas e os gêneros *Stenotrophomonas* e *Sphingobacterium* ocorreu devido a presença do oxigênio, uma vez que estes são a bacilos Gram-negativos não fermentativos aeróbios ou anaeróbios facultativos (LI et al., 2021).

Também, observa-se correlação positiva do ácido propiônico com ácido isobutírico e ácido acético, e dos gêneros *Enterococcus* com os gêneros *Aerococcus* e *Lactobacillus*. A correlação direta entre os ácidos orgânicos está relacionada com o gênero bacteriano que os produzem. Segundo Kung et al. (2018) a produção de ácido acético e propiônico ocorre a partir da degradação de glicose e ácido láctico, ação realizada por bactérias heterofermentativas, e um dos principais gêneros bacterianos que realizam esta ação são os *Enterococcus*. Contudo, a presença do ácido isobutírico, também produzido por *Enterococcus* não é desejável, visto que sua produção se dá a partir da degradação proteica (MUCK, 2010; KUNG et

al., 2018). Logo, as correlações entre os gêneros bacterianos são justificadas pelo fato de estas pertencerem ao mesmo filo.

As correlações negativas entre as temperaturas acumuladas e os ácidos acético e propiônico é respondida pelo fato de estes ácidos possuírem ação antifúngica (DIEPERSLOOT et al., 2021) e quanto maior suas concentrações, menor tende a ser a proliferação de fungos e leveduras após a exposição da silagem pré-secada ao oxigênio, os quais são responsáveis pelo aumento de temperatura.

A correlação negativa entre os gêneros *Sphingobacterium* e *Stenotrophomonas* com o gênero *Pantoea* pode ter ocorrido pela maior conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, o que reduz o pH do meio e restringe o desenvolvimento de bactérias do gênero *Pantoea* (SUN et al., 2021). Também se nota correlações negativas entre *Lactobacillus*, *Enterococcus* e *Aerococcus* com *Weissella*, ácido láctico e *Sphingomonas*, a quais podem ter ocorrido devido a competição por substrato e redução de pH (GUAN et al., 2018; DING et al., 2020).

A silagem pré-secada obtida a partir do método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano possuiu maior concentração de ácido láctico e bactérias do gênero *Weissella*, o que é positivo, uma vez que as bactérias deste gênero produzem lactato e acetato (GRAF et al., 2016), entretanto, está possuiu menor presença dos gêneros *Lactobacillus*, *Enterococcus* e *Aerococcus*.

Quando a forragem foi desidrata pelo método Mecânico, a silagem pré-secada obtida, possuiu respectivamente maior e menor presença de bactérias do gênero *Stenotrophomonas* e *Pantoea*. As bactérias do gênero *Stenotrophomonas* reduzem a emissão de gases, as perdas de nutrientes e potencializam a redução do pH do meio durante seu crescimento, pois convertem CO₂ em ácidos orgânicos, já as bactérias do gênero *Pantoea* possuem crescimento restrito em meios ácidos (BIAN et al., 2020; GUO et al., 2021; CHEN et al., 2021).

A silagem pré-secada obtida pela forragem dessecada com Glifosato possuiu maior concentração de ácido propiônico e acético, o que sugere ser efeito de uma maior prevalência de bactérias heterofermentativas.

Após está revisão literária e análise dos dados, o processo fermentativo que possivelmente teria mais sucesso no tocante à máxima preservação de nutrientes em uma silagem pré-secada, seria desencadeado pela maior prevalência de bactérias dos gêneros *Sphingobacterium* e *Stenotrophomonas* que realizam o sequestro de dióxido de carbono durante a fase fermentativa, reduzem a

emissão de gases e a perda de nutrientes; bactérias do gênero *Lactobacillus*, que convertem a glicose em ácido lático e ácido acético, e bactérias do gênero *Weissella* que também produzem lactato e acetato.

CONCLUSÃO

O método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano e a dessecação da forragem com Glifosato fizeram com que suas silagens pré-secadas apresentassem melhor padrão fermentativo e proporcionaram maior prevalência de gêneros bacterianos desejáveis durante a fase fermentativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTSCHUL, S. F.; GISH, W.; MILLER, W.; MYERS, E. W.; LIPMAN, D. J. Basic local alignment search tool. **Journal of Molecular Biology**, v. 215, n. 3, p. 403- 410, 1990.

ANDREWS, S. FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data. 2010. Available online at: <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc>.

AOAC. **Official Methods of Analysis** (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, 2000.

BIAN, B.; BAJRACHARYA, S.; XU, J. J.; PANT D. Microbial electrosynthesis from CO₂: Challenges, opportunities and perspectives in the context of circular bioeconomy. **Bioresource Technology**. v. 302, n. 122863, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122863>

BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. Microbiology of ensiling. *In*: PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; SPOELSTRA, S. F. **Silage Science and Technology**. 42 ed, Madison, WI: American Society of Agronomy, 2003. p. 31–93.

CAPORASO, J. G.; LAUBER, C. L.; WALTERS, W. A.; BERG-LYONS, D.; HUNTLEY, J.; FIERER, N.; OWENS, S.M.; BETLEY, L.; FRASER, L.; BAUER, M.; GORMLEY, N.; GILBERT, J.A.; SMITH, G.; KNIGHT, R. (2012). Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. **The ISME Journal**, v. 6, n. 8, p. 1621-1624, 2012. <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.8>

CERUTTI, W. G.; JUNGBECK, M.; PEREIRA, S. N.; SILVEIRA, A. M.; SCHONS, C. L.; TONIN, T. J.; SKONIESKI, F. R.; VIEGAS, J. Evaluation of Winter Cereal Silages Subjected to Pre-Drying at Different Phenological Stages with and without the Use of

Additives. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 24, n. 2, p. 337-350, 2022.

COCK, P. J.; ANTÃO, T.; CHANG, J. T.; CHAPMAN, B. A.; COX, C. J.; DALKE, A.; FRIEDBERG, I.; HAMELRYCK, T.; KAUFF, F.; WILCZYNSKI, B. HOON, M. J. Biopython: freely available Python tools for computational molecular biology and bioinformatics. **Bioinformatics**, v. 25, n. 11, p. 1422–1423, 2009. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp163>

CHEN D. K.; ZHENG M. Y.; GUO X.; CHEN X. Y.; ZHANG Q. Altering bacterial community_ A possible way of lactic acid bacteria inoculants reducing CO₂ production and nutrient loss during fermentation. **Bioresource Technology**. v. 329, n. 124915, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124915>

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. *In*: Buxton, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage Science and Technology**. American Society of Agronomy 2003. p.141-198.

DEL VALLE, T. A.; ZENATTI, T. F.; ANTONIO, G.; CAMPANA, M.; GANDRA, J. R.; ZILIO, E. M. C.; MATTOS, L. F. A.; MORAIS, J. G. P. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 3, p. 630–638, 2018. <https://doi.org/10.1111/gfs.12356>.

Ding, Z.; Bai, J.; Xu, D.; Li, F.; Zhang, Y.; Guo, X. Microbial community dynamics and natural fermentation profiles of ensiled alpine grass *Elymus nutans* prepared from different regions of the qinghai-tibetan plateau. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, n.885, p. 1-15, 2020. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00855>

FLUCK, A. C.; COSTA, O. A.; SCHAFHÄUSER JÚNIOR, J.; ROSA, P. P.; CARDOZO, L.; SCHEIBLER, R. B.; RIZZO, F. A.; ALFAYA JÚNIOR, H. In vitro and in situ digestibility of annual ryegrass silage from distinct phenological growth stages and pre-dehydration times. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, p. 1239- 1247, 2018. <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n5a2018-39421>.

GOMES, A. L. M.; JACOVACI, F. A.; BOLSON, D. C.; NUSSIO, L. G.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P. Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 194-198, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.016>

GUAN, H.; YAN, Y. H.; LI, X. L.; LI, X. M.; SHUAI, Y.; FENG, G. Y.; RAN, Q.; CAI, Y.; LI, Y.; ZHANG, X. Microbial communities and natural fermentation of corn silages prepared with farm bunker-silo in Southwest China. **Bioresource Technology**, v. 265, p. 282–290, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.018>

GUO, X. S.; KE, W. C.; DING, W. R.; DING, L. M.; XU, D. M.; WANG, W. W.; ZHANG, P.; YANG, F. Y. Profiling of metabolome and bacterial community dynamics in ensiled *Medicago sativa* inoculated without or with *Lactobacillus plantarum* or *Lactobacillus buchneri*. **Scientific Reports**, v. 8, n. 357, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18348-0>

GUO, X.; ZHENG, P.; ZOU, X.; CHEN, X.; ZHANG, Q. Influence of Pyrolytic Acid on Fermentation Parameters, CO₂ Production and Bacterial Communities of Rice Straw and Stylo Silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, n. 12, p. 1862, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.701434>

GRAF, K.; ULRICH, A.; IDLER, C.; KLOCKE, M. Bacterial community dynamics during ensiling of perennial ryegrass at two compaction levels monitored by terminal restriction fragment length polymorphism. **Journal of Applied Microbiology**, v. 120, n. 6, p. 1479-1491, 2016. <https://doi.org/10.1111/jam.13114>

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Principal Component Analysis: theory, interpretations and applications. **Engineering and Science**, v.1, n.5, p.83-90, 2015. <https://doi.org/10.18607/ES20164053>

KESHRI, J.; CHEN, Y.; PINTO, R.; KROUPITSKI, Y.; WEINBERG, Z. G.; SELA, S. Microbiome dynamics during ensiling of corn with and without *Lactobacillus plantarum* inoculant. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, p. 4025–4037, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8903-y>

KUNG JUNIOR, L., SHAVER, R. D., GRANT, R. J., & SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

LI, M.; LV, R.; ZHANG, L.; ZI, X.; ZHOU, H.; TANG, J. Melatonin is a promising silage additive: evidence from microbiota and metabolites. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670764>

LI, P.; ZHANG, Y.; GOU, W.; CHENG, Q.; BAI, S.; CAI, Y. Silage fermentation and bacterial community of bur clover, annual ryegrass and their mixtures prepared with microbial inoculant and chemical additive. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 285-293, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.009>

MASELLA, A. P.; BARTRAM, A. K.; TRUSZKOWSKI, J. M.; BROWN, D. G.; NEUFELD, J. D. PANDAseq: paired-end assembler for illumina sequences. **BMC Bioinformatics**, v. 13, n. 31, p. 1-7, 2012.

MUCK, R. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183–191, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>

MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. Manchester: John Wiley, 1991.

NASCIMENTO, M. C. O.; SOUZA, B. B.; SILVA, F. V.; MELO, T. S. Armazenamento de forragem para caprinos e ovinos no semiárido do nordeste. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 20-27, 2013. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i4.374>

OGUNADE, I. M.; JIANG, Y.; PECH CERVANTES, A. A.; KIM, D. H.; OLIVEIRA, A. S.; VYAS, D.; WEINBERG, Z. G.; JEONG, K. C.; ADESOGAN, A. T. Bacterial diversity and composition of alfalfa silage as analyzed by Illumina MiSeq sequencing: effects of

Escherichia coli. O157:H7 and silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 2048–2059, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12876>

O'KIELY, P.; MOLONEY, A.; KEATIN, T.; SHIELS, P. Maximizing output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems. **Teagasc**, 1999.

BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. Microbiology of ensiling. *In*: PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; SPOELSTRA, S. F. BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage Science and Technology**. 42 ed, Madison, WI: American Society of Agronomy, 2003. p. 31–93.

PRÜCKLER, M.; LORENZ, C.; ENDO, A.; KRALER, M.; DÜRRSCHMID, K.; HENDRIKS, K. F. S.; AUTERITH, E.; KNEIFEL, W.; MICHLMAYR, H. Comparison of homo- and heterofermentative lactic acid bacteria for implementation of fermented wheat bran in bread. **Food Microbiology**, v. 49, p. 211–219, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.014>

PRYCE, J. D. A. Modification of the Barker -Summerson Method for the Determination of Lactic Acid. **Analyst**, v. 94, n. 1, p. 1151-1152, 1969.

SUN, L.; BAI, C.; XU, H.; NA, N.; JIANG, Y.; YIN, G.; LIU, S.; XUE, Y. Succession of bacterial community during the initial aerobic, intense fermentation, and stable phases of whole-plant corn silages treated with lactic acid bacteria suspensions prepared from other silages. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.655095>.

SMYTH, R. P.; SCHLUB, T. E.; GRIMM, A.; VENTURI, V.; CHOPRA, A.; MALLAL, S.; DAVEMPORT, M. P.; MAK, J. Reduzindo a formação de quimeras durante a amplificação por PCR para garantir uma genotipagem precisa. **Gene**, v. 469, n. 1-2, p. 45-51, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2010.08.009>

XU, X.; WILLIAMS, T. C.; DIVNE, C.; PRETORIUS, I. S.; PAULSEN, I. T. (2019). Evolutionary engineering in *Saccharomyces cerevisiae* reveals a TRK1-dependent potassium influx mechanism for propionic acid tolerance. **Biotechnol Biofuels**, v. 12, n. 1, p. 97, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1427-6>

YUE, Z. B.; CHEN, R.; YANG, F.; JAMES, M.; TERENCE, M.; LIU, Y.; LIAO, W. Effects of dairy manure and corn stover co-digestion on anaerobic microbes and corresponding digestion performance. **Bioresource Technology**, v. 128, n. 1, p. 65–71, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.115>

WANG, Y.; QIAN, P. Y. Conservative fragments in bacterial 16S rRNA genes and primer design for 16S ribosomal DNA amplicons in metagenomic studies. **PloS one**, v. 4, n. 10, p. e7401, 2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007401>

WANG, C.; ZHENG, M.; WU, S.; ZOU, X.; CHEN, X.; GE, L.; ZHANG, Q. Effects of gallic acid on fermentation parameters, protein fraction, and bacterial community of whole plant soybean silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, n. 662966, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.662966>

ZAMARCHI, G.; PAVINATO, P. S.; MENEZES, L. F. G.; MARTIN, T. N. Silagem de aveia branca em função da adubação nitrogenada e pré- murchamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2185-2196, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p2185>

ZI, X.; LI, M.; CHEN, Y.; LV, R.; ZHOU, H.; TANG, J. Effects of citric acid and *Lactobacillus plantarum* on silage quality and bacterial diversity of king grass silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, n. 631096, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.631096>.

9 ARTIGO D - O MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO DA PLANTA DE AVEIA BRANCA MELHORA A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM PRÉ-SECADA, ASSIM COMO O DESEMPENHO PRODUTIVO DE NOVILHOS RECRIADOS INTENSIVAMENTE EM CONFINAMENTO

THE METHOD OF DEHYDRATING THE WHITE OAT PLANT IMPROVES THE BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF HAYLAGE, AS WELL AS THE PRODUCTION PERFORMANCE OF STEERS REARED INTENSIVELY IN FEEDLOT

RESUMO

Quando se deseja maximizar o sistema pecuário e submeter os animais a uma recria intensiva, utilizar alimentos conservados de qualidade como fonte de volumoso se torna importante para garantir o máximo crescimento dos animais. O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito de dois métodos de desidratação da forragem de aveia branca sobre a taxa de desidratação das plantas, composição bromatológica da silagem pré-secada e o efeito destas no desempenho de novilhos mantidos em recria intensiva em confinamento. Para a confecção da silagem pré-secada foi utilizado a Aveia branca, cultivar GMX Tambo. Os métodos de desidratação da forragem testados foram, Mecânico e Mecânico + Composto químico bacteriano, o qual é constituído por *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase. Para a avaliação de desempenho dos animais foram utilizados 20 novilhos $\frac{1}{2}$ sangue Angus, com peso médio inicial de $346 \pm 8,1$ kg e idade média de 11 ± 1 meses. O período experimental foi de 55 dias, sendo 15 dias de adaptação a dieta e instalações e 2 períodos de 20 dias cada, totalizando 40 dias de avaliação, período este que permitiu os animais atingissem o peso de 415 ± 8 kg. Os animais alimentados com silagem pré-secada confeccionada a partir da forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano permaneceram mais tempo ruminando, e apresentaram melhor digestibilidade aparente da matéria seca (MS). Quando alimentados com silagem pré-secada confeccionada a partir da forragem desidratada pelo método Mecânico os animais necessitaram de 0,926 kg de alimento a mais para ganhar um kg de peso. A silagem pré-secada confeccionada a partir da

ferragem desidratada pelo m3todo Mec3nico + Composto qu3mico bacteriano proporcionou um ganho de peso de 161,54 kg ha a mais que a silagem pr3-secada confeccionada a partir da ferragem desidratada pelo m3todo Mec3nico, al3m de apresentar menores perdas durante o desabastecimento do silo. O m3todo de desidrata33o Mec3nico + Composto qu3mico bacteriano, melhorou degrada33o ruminal da MS e da Fibra em detergente neutro (FDN) da silagem pr3-secada, melhorou a digestibilidade aparente da MS e da FDN na dieta, reduziu o consumo di3rio dos animais e garantiu melhor convers3o alimentar durante a fase de recria.

Palavras chave: Comportamento ingestivo, desempenho animal, ferragem de esta33o frio, taxa de desidrata33o.

ABSTRACT

When you want to maximize the livestock system and subject the animals to intensive rearing, using quality preserved feed as a source of roughage becomes essential to ensure maximum growth of the animals. The present study aimed to evaluate the effect of two methods of foraging white oat on the dehydration rate of plants, bromatological composition of haylage and the effect of these on the performance of steers kept in intensive recreation in feedlot. For the preparation of haylage was used white oats, cultivar GMX Tambo. The forage dehydration methods tested were Mechanical and Mechanical + Bacterial chemical compound, which consists of *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1.0×10^9 CFU, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1.0×10^9 CFU, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1.0×10^9 CFU, potassium sulfate and cellulase. For the performance evaluation of the animals were used 20 steers $\frac{1}{2}$ Angus blood, with mean initial weight of 346 ± 8.1 kg and mean age of 11 ± 1 months. The experimental period was 55 days, with 15 days of adaptation to diet and facilities and 2 periods of 20 days each, totaling 40 days of evaluation, a period that allowed the animals to reach the weight of 415 ± 8 kg. The animals feed with haylage made from dehydrated forage by the mechanical method + Bacterial chemical compound longer ruminating and presented better apparent digestibility of dry matter (DM). When feed with haylage made from the forage dehydrated by the mechanical method the animals needed 0.926 kg of food more to gain one kg of weight. The haylage made from the forage dehydrated by the mechanical method + Bacterial chemical compound provided

a weight gain of 161.54 kg ha more than the haylage made from the forage dehydrated by the mechanical method, in addition to presenting lower losses during silo depletion. The mechanical dehydration method + Bacterial chemical compound improved ruminal degradation of DM and neutral detergent fiber (NDF) of the haylage, improved apparent digestibility of DM and NDF in the diet, reduced the daily consumption of animals and ensured better feed conversion during the rearing phase.

Key words: Animal performance, Cold season forage, Dehydration rate, Ingestive behavior.

INTRODUÇÃO

O uso de alimentos conservados em sistemas pecuários é uma importante ferramenta quando se tem por objetivo reduzir a variação na qualidade do volumoso fornecido e garantir aos animais oferta compatível as suas exigências nutricionais o ano todo (MEINERZ et al., 2015). Dentre os alimentos conservados utilizados na alimentação de ruminantes pode-se citar as silagens pré-secadas, que na maioria das ocasiões é confeccionada a partir de forragens de estação fria e cada vez mais vem sendo utilizada na alimentação dos animais, seja como parte do volumoso fornecido na dieta ou fonte única (COSTA et al., 2019).

A confecção de silagem pré-secada de forragens de estação fria, em especial a aveia, visa a produção em quantidade e qualidade, atendendo as exigências nutricionais dos animais. Devido à alta qualidade da porção fibrosa deste volumoso, que é constituída por uma alta proporção de folhas jovens, seu uso é recomendado em propriedades que realizam a recria intensiva de bovinos de corte. O principal objetivo desta prática é reduzir o ciclo produtivo, manter um crescimento contínuo, e evitar a deposição precoce e excessiva de tecido adiposo nos animais (BARBERO et al., 2017; BATISTELLI et al., 2022).

A confecção de silagem pré-secada, em quase sua totalidade ocorre em regiões de clima frio e úmido, o que passa a dificultar sua confecção. O princípio de sua confecção é submeter a forragem a desidratação após seu corte, para que, após a vedação do silo, seja criado o micro bioma favorável ao crescimento de bactérias produtoras de ácidos que inibem a proliferação de bactérias indesejáveis, e

garantir a manutenção da qualidade nutricional e a estabilidade da forragem ensilada (NATH et al., 2018; COSTA et al., 2019).

O método de desidratação mecânica é o mais utilizado, mas altamente dependente de fatores ambientais, e, o tempo prolongado que a forragem pode ficar exposta no campo favorece a ocorrência de perdas decorrentes de intempéries climáticas (AMORIM et al., 2017).

Visando intensificar a desidratação da forragem e reduzir a ocorrência de perdas, novas tecnologias que acelerem esta etapa de confecção da silagem pré-secada devem ser avaliadas. Uma alternativa inovadora e promissora é associar o método mecânico com um Composto químico bacteriano, o qual é constituído por bactérias do gênero *Bacillus*, *Propionibacterium acidipropionici*, sulfato de potássio e celulase.

As bactérias do gênero *Bacillus* são produtoras de biosurfactantes, que tem a capacidade de reduzir a tensão superficial da água e auxiliar na solubilização de compostos insolúveis em água como a camada cerosa presente na superfície foliar. As bactérias *Propionibacterium acidipropionici* são produtoras de ácido propiônico que, além de acidificar o meio, é um potente antifúngico; ao evitar o desenvolvimento de fungos, os açúcares da forragem são preservados (SHARMA e SAHARAN, 2016; TADROS, 2017; PIWOWAREK et al., 2018).

O sulfato de potássio por sua vez, modula o fechamento estomático ao realizar controle osmótico intracelular (WASAYA et al., 2021). Segundo MacRobbie (2006) o acúmulo de potássio nas células guardas leva a manutenção da abertura estomática, e assim favorece a perda de água para o ambiente após seu corte. Por fim, a celulase é responsável pela quebra da celulose em oligossacarídeos, celobiose e glicose, tornando-a mais disponível para os animais (CASTRO e PEREIRA, 2010).

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo, avaliar o efeito dos métodos de desidratação da forragem de aveia branca (Mecânico e Mecânico + Composto químico bacteriano) sobre a taxa de desidratação das plantas, composição bromatológica da silagem pré-secada, mas também avaliar a performance de ganho de peso, consumo de matéria seca, digestibilidade aparente da matéria seca e da fibra em detergente neutro da dieta e ultrassonografia de carcaça de novilhos de corte recriados intensivamente em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Local experimental

O experimento foi realizado no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado na cidade de Guarapuava – PR, em conjunto ao curso de pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina (UEL) localizada em Londrina – PR.

Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais

Os procedimentos experimentais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UNICENTRO), e aprovados para execução sob o ofício n° 020/2021.

Material e desenho experimental (silagens pré-secadas)

Ao se tratar da avaliação da silagem pré-secada, utilizou-se como material experimental Aveia branca, cultivar GMX Tambo. A lavoura foi implantada no dia 15 de Abril de 2021, em sistema de plantio direto, com semeadura realizada em espaçamento entre linhas de 0,17 m e profundidade média de 0,2 m em uma área útil de 3,0 hectare. O delineamento experimental foi de blocos inteiramente casualizados, composto por dois tratamentos, sendo dois métodos de desidratação da forragem (Mecânico e Mecânico + Composto químico bacteriano), com cinco repetições cada.

Para método Mecânico foi realizado apenas o revolvimento da forragem com auxílio de ancinhos após seu corte. No método Mecânico + Composto químico bacteriano, o composto utilizado possui em sua constituição *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC g⁻¹, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC g⁻¹, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC g⁻¹, sulfato de potássio e celulase, que foi aplicado na dose de 5 g⁻¹ do produto para cada 1 L de água não clorada. O composto químico bacteriano foi aplicado por intermédio de um

pulverizador momentos antes do corte, e em seguida foi realizado o revolvimento da forragem com auxílio de ancinhos.

Análises químico bromatológicas

Para a determinação das taxas de desidratação das plantas foi realizado amostragens para determinação do teor de matéria seca parcial, equivalente a amostra seca ao ar (ASA) conforme AOAC (2000) no tempo zero (momento do corte), que foi realizado as 08h00 horas, nas três primeiras horas subsequentes foi realizado a coleta de cada material a cada 30 minutos (08h00; 08h30; 09h00; 09h30; 10h00; 10h30; 11h00 horas), e até atingir o teor de matéria seca pré-estipulado (45%). Para a ensilagem as coletas foram realizadas a cada 3 horas. Ao atingirem 45% de matéria seca, as forragens foram recolhidas e ensiladas em silos tipo trincheira, medindo 10,0 x 3,70 x 0,85 m.

No momento da abertura dos silos amostras de silagens pré-secadas foram coletadas e alocadas em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 horas para mensuração da ASA, e posterior moagem em moinho tipo “Willey” com peneira de 1 mm. Nestas, determinou-se de forma sequencial, conforme proposto por Van Soeste, Robertson e Lewis (1991) os teores de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando uma amilase termo estável, fibra em detergente ácido (FDA). Para determinação da lignina em detergente ácido (LDA) foi utilizado ácido sulfúrico com concentração de 72%.

A proteína bruta (PB) foi quantificada pelo método micro Kjeldahl, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE) e a matéria mineral (MM) conforme AOAC (1995).

Taxa de degradação ruminal

A taxa de degradação ruminal das silagens pré-secadas foi estimada pela técnica *in situ* (Nocek, 1988), incubadas em ordem cronológica reversa nos tempos 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas. Para tal foi utilizado dois bovinos machos, portadores de cânula ruminal. Após retiradas do rúmen as amostras foram devidamente lavadas manualmente e alocadas em estufa de circulação de ar forçado

a 55 °C por 72 horas para posterior pesagem e determinação da quantidade do material degradado. A partir do resíduo do material incubado, foi determinado sua FDN.

Um modelo de cinética de primeira ordem foi utilizado para estimar os parâmetros de degradação ruminal a partir das taxas de desaparecimento de MS e FDN nos diferentes tempos de incubação, utilizando regressão não linear pelo método de Gauss-Newton. Os parâmetros de degradação da MS foram estimados usando a equação exponencial proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Equação: $DegMS = a + b(1 - e^{-ct})$ Onde:

DegMS = Fração degradada no tempo "t" (%), a é a interceptação que representa a fração (%) que desaparece instantaneamente em $t = 0$, b é a fração potencialmente degradável (%), c é a taxa de degradação fracionada (por h). Quanto ao FDN, não deve haver intercepto, neste caso em particular, o parâmetro a foi excluído do modelo (Di Marco et al., 2002).

A degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN no rúmen foi calculada conforme sugerido por Ørskov e McDonald (1979):

Equação: $DEMS = a + b \times [c / (c + k)]$

Equação: $DEFDN = b \times [c / (c + k)]$

Onde: k é a taxa de passagem ruminal, sendo 2%, 5% e 8% hora⁻¹, que representam baixo, médio e alto consumo de concentrado, respectivamente.

Material e desenho experimental (desempenho animal)

Utilizou-se 20 novilhos ½ sangue Angus ½ sangue Nelore, inteiros, provenientes do mesmo rebanho, com peso médio inicial de 346 ± 8 kg e idade média de 11 ± 1 meses. Os animais foram alojados em 10 baias de confinamento, semi-cobertas, possuindo um comedouro de concreto e um bebedouro metálico regulado por boia. A distribuição dos animais nas unidades experimentais foi realizada com base no peso corporal (PC), área de olho de lombo (AOL), índice de marmoreio e espessura de gordura da picanha (EGP), determinados através de ultrassom (Aloka® SSD-500 Vet) constituído de ecocâmara acoplada a uma probe de 17 cm e 3,5 MHz. Esta prática foi adotada a fim de uniformizar ao máximo a distribuição dos animais dentro dos tratamentos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído de dois tratamentos (Silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico e silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano), com cinco repetições cada, onde cada repetição foi representada por uma baia com dois animais.

O período experimental foi de 55 dias, sendo 15 dias de adaptação a dieta e instalações e 40 dias avaliativos, divididos em 2 períodos de 20 dias cada, onde os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 06h00 e às 17h00 horas. Este período de 55 dias foi o suficiente para realizar a recria dos animais, e proporcionar o início da terminação destes com 415 ± 8 kg.

Avaliação comportamental

A avaliação do comportamento ingestivo dos animais foi realizada na metade do período experimental em tempo contínuo de 48 horas, com início às 12 horas no primeiro dia e término às 12 horas do terceiro dia de avaliação. As observações foram realizadas por 6 avaliadores treinados por turno em sistema de rodízio a cada 6 horas, sendo as leituras tomadas em intervalos regulares de 3 minutos. Os dados do comportamento ingestivo, representado pelas atividades de ócio, ruminação, consumo de água e consumo de alimentos, foram expressos em horas dia⁻¹. Ainda, seguindo a mesma metodologia, foram determinados a frequência da ocorrência das atividades de alimentação, abeberação, micção e defecação expressas em vezes dia⁻¹. Na observação noturna, o ambiente foi mantido com iluminação artificial, modo que os animais permaneceram desde a chegada na unidade experimental. As metodologias de avaliação comportamental seguiram mesmo modelo realizado em estudo conduzido por Michels et al., (2018).

Na mesma ocasião também foi determinado a digestibilidade aparente da matéria seca e da FDN da ração. Para tal, foram realizadas amostragens compostas das rações de cada tratamento durante as 48 horas de avaliação. Após o término da avaliação, as amostras foram homogeneizadas para formar uma amostra composta, por baia e tratamento. Em intervalos de seis horas foi realizado a coleta total das fezes produzidas dentro das baias, pesadas e refrigeradas. Após as 48 horas

de avaliação as mesmas também foram homogeneizadas, e uma amostra de 500 g de cada repetição foi destinada à análises de FDN e MS.

A MS e a FDN das rações e das fezes de cada repetição foram determinados utilizando os mesmos procedimentos adotados na análise da ração. A digestibilidade aparente da MS (DAMS) foi calculada através da equação:

$$\text{DAMS (\%)} = \left(\frac{(\text{MS ingerida} - \text{MS excretada})}{\text{MS ingerida}} \right) \times 100$$

Para o cálculo da digestibilidade aparente da FDN, foi utilizado a mesma fórmula, mas substituindo os valores da MS por FDN.

A distribuição do tamanho das partículas das fezes foi realizada através da análise de peneiras (Nasco Digestion Analyzer, Nasco, EUA). O separador NDA é composto por três peneiras: topo 4,76 mm, meio 2,38 mm e fundo 1,59 mm (Cotanch & Darrah, 2012). Método que é adequado para validar a digestibilidade de uma RTM (Keimer et al., 2016).

Avaliação de desempenho produtivo

A ingestão voluntária dos alimentos foi registrada diariamente, através da pesagem da quantidade fornecida e das sobras do dia anterior para realizar o ajuste do fornecimento, a fim de manter as sobras em 5% do total fornecido na base seca.

Os alimentos foram fornecidos *ad libitum* na forma de ração total misturada (RTM), composta por 60% de silagem pré-secada de aveia e 40% de concentrado na base seca. O concentrado foi elaborado a base de: farelo de soja: 5,1%; casca de soja: 7,0%; farelo de trigo: 20,0%; grãos de cevada moídos: 8,3%; radícula de cevada: 7,3%; grãos de milho moído: 33,7%; gérmen de milho: 6,7%; calcário calcítico: 3,9%; farelo de amendoim: 5,0%; sal comum: 0,6%; uréia pecuária: 1,7%; e 1^o premix mineral: 0,7%.

Em intervalos de quatro dias, durante todo o período experimental, foram coletadas amostras da ração de cada tratamento e refrigeradas. Ao término do período experimental as amostras de cada tratamento foram homogeneizadas e encaminhadas para determinação de sua composição química, a qual seguiu as

mesmas metodologias descrita para avaliação da composição química das silagens pré-secadas na abertura dos silos (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas experimentais obtidas a partir de silagens pré-secadas de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Ração experimental	
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano
MS, % da Matéria Natural	64,93	65,18
MM, % da MS	9,35	8,72
FDN, % da MS	53,13	51,95
FDA, % da MS	37,81	36,76
LDA, % da MS	11,08	10,18
PB, % da MS	15,85	16,38
PIDN, % da PB	29,18	24,70
PIDA, % da PB	23,72	19,64
EE, % da MS	2,57	2,62

¹Premix mineral, níveis de garantia por kg: Ca: 97,00 g; P: 64,90 g; S: 10,00 g; Na: 125,00 g; Co: 44,50 mg; Cu: 1213,00 mg; I: 60,00 mg; Fe: 1907,00 mg; Mn: 1189,00 mg; Se: 10,00 mg; e Zn: 2880,00 mg; F: 649,00 mg, monensina sódica: 40 mg.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Os animais foram pesados nos dias 0, 20 e 40, após jejum sólido de 12 horas, para determinar o ganho de peso médio diário (GMD). As rações e as sobras foram pesadas diariamente para determinação da ingestão diária de MS, expressa em kg dia^{-1} (IMS kg dia^{-1}) e relativo ao peso vivo (IMS, % PV dia^{-1}), e nestas também foi determinado o teor de FDN para quantificar a ingestão diária de FDN, expressa em kg dia^{-1} (IFDN kg dia^{-1}) e relativo ao peso vivo (IFDN, % PV dia^{-1}). A partir dos dados de GMD e IMS kg dia^{-1} foi calculado a conversão alimentar (CA).

Toda silagem pré-secada apta ao consumo dos animais e a deteriorada foram pesadas diariamente, e a partir destes valores foi possível determinar as perdas durante o período experimental.

Características da carcaça in vivo

Ao final do período experimental, foram realizadas avaliações de área de olho de lombo (AOL, cm²), marmoreio, espessura de gordura subcutânea do músculo *Longissimus dorsi* (EGS, mm) e espessura de gordura da picanha (EGP, mm), utilizando conjunto de equipamentos constituídos de uma ecocâmara (Aloka® SSD-500 Vet) acoplada a uma probe de 17 cm e 3,5 MHz. As medidas foram realizadas na região da 12^a e 13^a costelas, transversalmente ao músculo *Longissimus dorsi* seguindo as recomendações de Herring et al. (1994). As imagens foram interpretadas pelo laboratório responsável pela garantia da qualidade dos dados (Designer Genes Technology) através do software “BIA/DGT Brasil”. O marmoreio foi avaliado por meio da existência de depósitos de gordura entre as fibras musculares no *Longissimus dorsi*, e pontuados através de índices crescentes variando de 1 (inexistente) a 5 (excessivo) adaptados do sistema proposto por Müller (1987).

Análises estatísticas

O procedimento UNIVARIATE foi aplicado para avaliar a presença de *outliers*. Em seguida, os dados referentes à taxa de desidratação das plantas, análise bromatológica e a cinética da degradação ruminal da MS e da FDN das silagens pré-secadas no momento da abertura dos silos foram submetidos à ANOVA por intermédio do procedimento GLM (SAS, 1993), adotando o nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$). Por ser um delineamento em blocos inteiramente casualizados seguiu o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + b_i + DM_j + \varepsilon_{ij};$$

onde: Y_{ij} = variáveis dependentes; μ = média geral de todas as observações; b_i = efeito de bloco de ordem “i”; DM_j = Efeito dos métodos de desidratação da forragem de ordem “j”; e ε_{ij} = é o valor do erro. A taxa de desidratação das plantas também foi submetida à análise de regressão polinomial por meio do procedimento “proc reg” do programa (SAS, 1993).

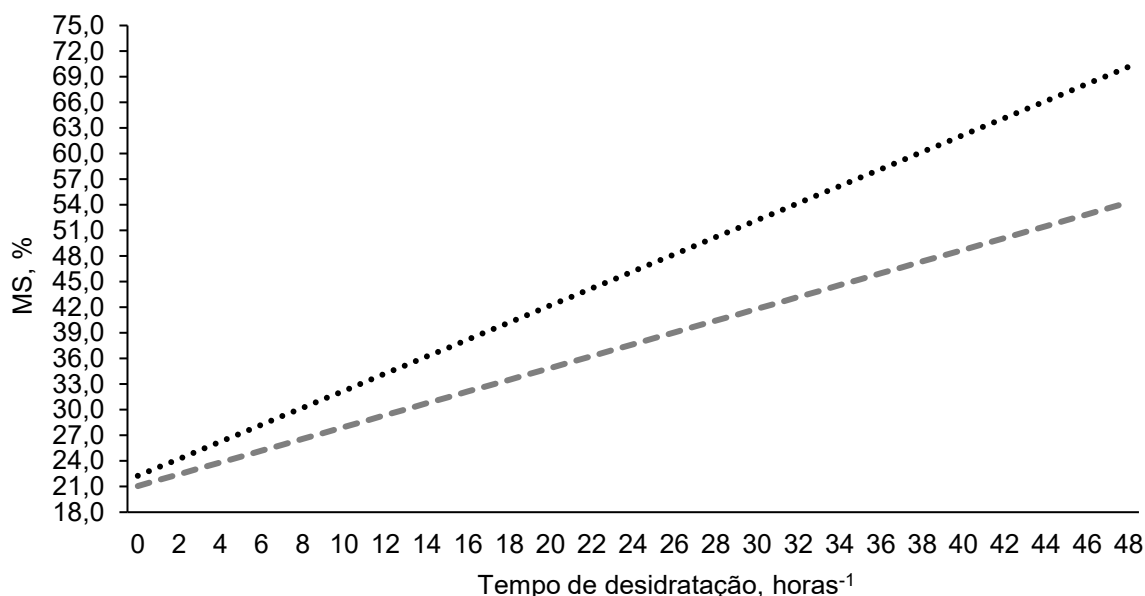
Os dados referentes ao desempenho animal, comportamento ingestivo e características da carcaça foram submetidos à ANOVA por intermédio do procedimento MIXED (SAS, 1993), adotando o nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$). Por ser um delineamento inteiramente casualizado seguiu o modelo matemático:

$$Y_i = \mu + DM_i + \varepsilon_i;$$

onde: Y_i = variáveis dependentes; μ = Média geral de todas as observações; DM_i = Efeito dos métodos de desidratação da forragem de ordem "i"; e ε_i = é o valor do erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A desidratação das plantas submetidas ao método Mecânico + Composto químico bacteriano ocorreu de forma mais intensa que as plantas submetidas ao método Mecânico (0,99% hora⁻¹ contra 0,69% hora⁻¹ respectivamente), conforme ilustrado na Figura 1.



..... Mecânico + Composto químico bacteriano: $\hat{Y} = 22.26 + 0.99^1H$ ($^2CV: 11.54\%$; $^3R^2: 0.93$; **)

--- Mecânico: $\hat{Y} = 21.07 + 0.69H$ ($CV: 12.95\%$; $R^2: 0.89$; **)

¹horas; ²Coeficiente de variação; ³Coeficiente de determinação; ** $p < 0.01$.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Figura 1. Taxa de desidratação da forragem de aveia submetida a dois métodos de desidratação para confecção de silagem pré-secada

O sulfato de potássio, que compõe o Composto químico bacteriano apresenta rápida absorção quando aplicado via foliar, e é responsável pela regulação da turgidez de tecidos, controlando a abertura e fechamento dos estômatos (PES e

ARENHARDT, 2015; WASAYA et al., 2021). Com sua concentração elevada nos tecidos, ocorre a manutenção da turgidez das células guardas e assim os estômatos permanecem abertos por mais tempo, favorecendo a maior perda de água pelas plantas após o corte.

Após fechamento estomático a evaporação ocorre via cuticular, sendo mais lenta, pois esta estrutura é formada por ceras e tem o papel de dificultar a evaporação da água. No entanto, os biosurfactantes produzidos pelas bactérias do gênero *Bacillus* presentes no composto químico bacteriano tem a função de reduzir a tensão superficial da água, e desintegrar a camada cerosa presente na folha devido sua capacidade de detergência e assim tornar a evaporação mais eficiente (BARROS et al., 2007; TADROS, 2017; SHARMA e SAHARAN, 2016).

Ao analisar a composição bromatológica das silagens pré-secadas, observa-se diferença entre os métodos de desidratação utilizados ($P < 0,05$, Tabela 2). As silagens pré-secadas obtidas pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano possuíram os menores teores de MM:12,16%; FDA:48,36%; LDA:14,71%; PIDN:35,93% e PIDA: 27,00%, além do menor volume de silagem deteriorada: 2,56% em relação ao método de desidratação Mecânico.

Tabela 2. Composição bromatológica das silagens pré-secadas de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Silagem pré-secada		Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano			
MS, % da Matéria Natural	46,88	47,29	47,09	0,2323	0,3988
MM, % da MS	13,18 a	12,16 b	12,67	0,1362	0,0057
FDN, % da MS	67,47	65,35	66,42	0,7855	0,2141
FDA, % da MS	50,18 a	48,36 b	49,27	0,3864	0,0472
LDA, % da MS	16,33 a	14,71 b	15,52	0,1708	0,0015
PB, % da MS	15,96	16,70	16,33	0,1699	0,0623
PIDN, % da PB	43,38 a	35, 93 b	39,65	0,5529	0,0001
PIDA, % da PB	33,80 a	27,00 b	30,39	0,8659	0,0044
EE, % da MS	2,04	2,09	2,07	0,0429	0,5766
Perdas, % MS*	14,71 a	2,56 b	8,60	0,0247	<0,0001

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste F a 5%; EPM: erro padrão da média.

* Silagem pré-secada deteriorada durante período de desabastecimento do silo.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Os menores teores de MM, FDA e LDA é positivo, uma vez que seu aumento ocorre quando existe a redução de carboidratos solúveis, e é importante pontuar que a FDA e a LDA são responsáveis por gerar redução na digestibilidade do alimento (KIR, 2020; NEGRÃO et al., 2020), e esta redução pode ocorrer durante o processo lento de desidratação da planta, ou durante um processo fermentativo ineficiente da silagem pré-secada.

A percentagem de proteína ligada aos compostos fibrosos também merece atenção especial, pois seu aproveitamento por parte dos animais será limitado (SCHUMACHER et al., 2021).

Evitar perdas durante a fase de desabastecimento dos silos é tão importante quanto assegurar o bom valor nutricional no momento da confecção da silagem pré-secada, pois com maiores volumes disponíveis de silagem de boa qualidade, mais animais serão alimentados e, assim, aumenta-se a rentabilidade da propriedade. A menor deterioração ocorrida na silagem pré-secada obtida pela forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano sugere ser efeito da ação dos metabólitos (surfactina, iturina e ácido propiônico) produzidos pelas bactérias presentes no composto químico bacteriano, pois estes apresentam ação antifúngica e bactericida (PIWOWAREK et al., 2018; CARDOSO et al., 2019).

Ao analisar a cinética de degradação ruminal das silagens pré-secadas (Tabela 3) observa-se efeito significativo ($P < 0,05$) entre os métodos de desidratação da forragem.

Tabela 3. Cinética de degradação ruminal da MS e da FDN da silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Métodos de desidratação		Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano			
		% MS			
a	33,19	33,85	33,52	0,1823	0,1063
b	44,02 b	46,57 a	45,30	0,5272	0,0417
c, horas ⁻¹	0,033	0,033	0,033	0,0011	0,9323
i	22,19 a	19,57 b	20,88	0,5606	0,0482
DE, 2%	61,05 b	62,80 a	61,92	0,1508	0,0004
DE, 5%	51,01 b	52,36 a	51,68	0,1814	0,0062
DE, 8%	46,29 b	47,45 a	46,87	0,1882	0,0152
		% FDN			
b	68,83 b	70,97 a	69,90	0,2034	0,0008
c, horas ⁻¹	0,30 a	0,26 b	0,28	0,0070	0,0276
i	31,22 a	29,12 b	30,17	0,2061	0,0010
DE, 2%	64,54 b	65,86 a	65,20	0,1381	0,0014
DE, 5%	59,01	59,55	59,28	0,1687	0,1464
DE, 8%	54,24	54,20	54,22	0,2640	0,9419

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

“a” é a fração que desaparece instantaneamente; “b” é a fração potencialmente degradável; “c” é a taxa de degradação em horas; “i” é a fração indigestível; DE: degradabilidade efetiva com a taxa de passagem da digesta estimada em 2%, 5% e 8% hora⁻¹, que representam baixo, médio e alto consumo de concentrado; DE: Degradabilidade efetiva; EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) 1,0 x 10⁹ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) 1,0 x 10⁹ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) 1,0 x 10⁹ UFC, sulfato de potássio e celulase.

A silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano possuiu maior degradação da fração b e maior DE com taxas de passagem da digesta estimada em 2%, 5% e 8%, e menor porção indigestível em relação a silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico.

A fração b indica a potencial degradabilidade do alimento, ou seja, quanto maior o valor dessa fração, maior a sua degradação no rúmen (ORSKOV e MCDONALD, 1979). Esta inferência sustenta as maiores DE encontradas na silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano.

A degradação ruminal da FDN da silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano apresentou melhores resultados para a fração b (potencialmente digestível), fração indigestível e

para a DE com taxa de passagem a 2% em relação a silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico. Já a taxa de degradação da fração b foi superior na silagem pré-secada obtida pela desidratação Mecânica em relação ao método Mecânico + Composto químico bacteriano (0,30% contra 0,26% respectivamente).

A maior degradabilidade da FDN da silagem pré-secada obtida pela desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano sugere ação efetiva da celulase presente no composto químico bacteriano, enzima que aumenta a degradação das fibras e a disponibilidade de carboidratos solúveis (CAI et al., 2020). Vale ressaltar que altas taxas de degradabilidade da FDN é desejável, pois os produtos de sua fermentação são importantes fontes de energia para os ruminantes (HARPER et al., 2017).

Quando se avalia tecnologias que maximizem a produção de alimentos conservados, realizar avaliações com animais é tão importante quanto as avaliações realizadas em laboratório, pois a partir destes resultados será possível observar as melhorias se transcrevem em melhor desempenho animal.

Diante do exposto, na Tabela 4 é apresentado os dados de comportamento ingestivo de novilhos mantidos em recria em sistema intensivo, onde apenas o tempo de ruminação diferiu ($P < 0,05$) entre as silagens pré-secadas avaliadas.

Tabela 4. Comportamento ingestivo de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Silagem pré-secada		Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano			
	Horas dia ⁻¹				
Alimentação	3,94	3,91	3,92	0,1228	0,9245
Ingestão de água	0,29	0,25	0,27	0,0236	0,5113
Ruminação	5,93 b	7,78 a	6,85	0,2497	0,0307
Ócio	13,87	12,08	12,97	0,3469	0,1063
	Vezes dia ⁻¹				
Comedouro	21,40	17,90	19,65	1,1064	0,2959
Bebedouro	7,10	7,40	7,25	0,3614	0,7766
Excreção líquida	7,80	5,90	6,85	0,5836	0,2830
Excreção sólida	7,40	9,20	8,30	0,3112	0,0751

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

Os animais alimentados com silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano passaram mais tempo ruminando ($7,78 \text{ horas}^{-1}$) em relação aos animais alimentados com silagem pré-secada obtida pelo método Mecânico ($5,93 \text{ horas}^{-1}$). O maior tempo de ruminação pode ser reflexo da menor taxa de degradação da FDN desta silagem pré-secada (Tabela 3), o que pode ter levado a digesta permanecer no rúmen por um tempo maior, e assim estimular a ruminação.

O aumento no tempo de ruminação é positivo, uma vez que esta ação tem por objetivo reduzir o tamanho das partículas do alimento, e expor a fração da fibra digerível (PAZDIORA et al., 2011), favorecendo a colonização e fermentação realizada por microrganismos ruminais.

Os parâmetros avaliados por meio da coleta de fezes dos animais estão apresentados na Tabela 5, e observa-se que, a digestibilidade aparente da dieta e da FDN da ração composta por a silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano foi superior.

Tabela 5. Produção média de esterco em kg dia^{-1} e digestibilidade aparente das dietas de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Silagem pré-secada		Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano			
MS das fezes, %	16,48	16,00	16,24	0,1296	0,2268
Produção de fezes MN	16,57	15,14	15,85	0,3952	0,2369
Produção de fezes, MS	2,72	2,42	2,57	0,0559	0,0926
Escore fezes	2,87	2,85	2,86	0,0088	0,3496
FDN nas fezes, %	64,19	62,75	63,47	0,2924	0,1182
Digestibilidade, %	71,69 b	74,86 a	73,27	0,4768	0,0470
Digestibilidade da FDN, %	63,78 b	68,35 a	66,07	0,6441	0,0365
	Fibra fecal, (%)				
Peneira 4,76 mm	0,86 a	0,44 b	0,65	0,0205	0,0001
Peneira 2,38 mm	26,67 a	21,66 b	24,17	0,7188	0,0392
Peneira 1,59 mm	72,46 b	77,89 a	75,17	0,7211	0,0286

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

Escore de fezes: 1- fezes líquidas, sem consistência; 2 - fezes soltas, com poucas ondulações, sem definição de forma; 3 - fezes pastosas com pilhas entre 1 e 4,5 centímetros de altura e com 2 a 4 anéis concêntricos (ideal); 4 - fezes pouco líquidas com pilhas entre 5 a 7,5 centímetros de altura; 5 - fezes endurecidas com pilhas com mais de 7,5 centímetros de altura.

DAMS: Digestibilidade aparente da MS; DAFDN: Digestibilidade aparente da FDN; EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

A melhor digestibilidade aparente da dieta e da fração fibrosa acima apresentada é reflexo da menor participação de carboidratos estruturais nestas silagens (Tabela 2), ação da celulase presente no composto químico bacteriano, o que potencializa a degradação por parte dos microrganismos ruminais (DIAS et al., 2015; KIR, 2020) e pelo maior tempo de ruminação (PAZDIORA et al., 2011).

Em relação a fibra fecal, houve menor proporção de fibra retida nas peneiras de 4,76 mm e 2,38 mm e maior proporção na peneira de 1,59 mm quando os animais foram alimentados com silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano. Segundo Keimer et al. (2016) maiores proporções de fibra na peneira inferior é indicativo de melhor fermentação ruminal, o que gera melhor digestibilidade do alimento, e estes valores podem ser decorrentes de um maior período que está digesta permaneceu no rúmen.

Em relação aos parâmetros de desempenho produtivo, apenas as variáveis IMS expressa em kg dia^{-1} e % do peso vivo, IFDN kg dia^{-1} , CA e ganho de peso por unidade de área apresentaram efeito significativo (Tabela 6). O GMD não apresentou diferença significativa entre as silagens pré-secadas avaliadas, no entanto, ambas permitiram aos animais ganhos acima de $1,500 \text{ kg dia}^{-1}$.

Tabela 6. Desempenho produtivo de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Silagem pré - secada		Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano			
<u>GMD, kg dia^{-1}:</u>					
0 a 40 dias	1,517	1,590	1,554	0,0218	0,2737
<u>IMS, kg dia^{-1}:</u>					
0 a 40 dias	9,636 a	8,883 b	9,259	0,0942	0,0225

<u>IMSPV, % do peso vivo:</u>					
0 a 40 dias	2,46 a	2,24 b	2,35	0,0308	0,0310
<u>IFDN, kg dia⁻¹:</u>					
0 a 40 dias	5,092 a	4,545 b	4,819	0,0767	0,0358
<u>IFDNPV, % do peso vivo:</u>					
0 a 40 dias	1,28	1,16	1,22	0,0247	0,1149
<u>CA: CMSD:GMD, kg kg⁻¹:</u>					
0 a 40 dias	6,740 a	5,814 b	6,277	0,1302	0,0360
<u>Ganho de peso (kg ha⁻¹):</u>					
0 a 40 dias	503,81 b	665,35 a	584,58	12,0912	0,0015

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

EPM: Erro padrão da média.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

A IMS, seja ela expressa em kg dia⁻¹ ou % do peso vivo, foi inferior para os animais alimentados com silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano, assim como a IFDN kg dia⁻¹.

É relatado por Salfer et al. (2018) que quando existe aumento do tempo de ruminação o consumo tende a reduzir, comportamento que corrobora com os achados no presente estudo e justifica a menor ingestão de MS dos animais (Tabelas 4 e 6), já a menor ingestão de FDN sugere-se que seja reflexo da menor ingestão de MS. Contudo é importante salientar que mesmo com redução de consumo o ganho de peso não foi prejudicado.

A CA foi melhor para os animais alimentados com silagem pré-secada obtida pelo método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano, os quais necessitaram de 0,926 kg a menos da RTM para ganhar 1 kg de peso. A melhora da CA se dá quando os animais recebem alimentos que possuem, maior concentração de nutrientes disponíveis, e maior digestibilidade (PINO et al., 2018).

Com a ultrassonografia de carcaça realizada *in vivo* (Tabela 7) observa-se que as variáveis analisadas não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Tabela 7. Características de carcaça de novilhos mantidos em sistema de recria intensiva alimentados com silagem pré-secada de aveia branca submetida a dois métodos de desidratação

Parâmetros	Silagem pré-secada		Média	EPM	p-valor
	Mecânico	Mecânico + Composto químico bacteriano			
AOL, cm ²	73,01	73,98	73,49	1,0698	0,7574
Marmoreio, pontos	2,48	2,65	2,56	0,1089	0,6056
EGS, mm	4,36	5,16	4,76	0,1634	0,1222
EGP, mm	6,55	6,17	6,36	0,2271	0,5728

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

EPM: Erro padrão da média; As avaliações de ultrassonografia de carcaça foram realizadas *in vivo*.

Composição do Composto químico bacteriano: *Bacillus amyloliquefaciens* (7799) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,0 \times 10^9$ UFC, *Propionibacterium acidipropionici* (7751) $1,0 \times 10^9$ UFC, sulfato de potássio e celulase.

CONCLUSÃO

O método de desidratação Mecânico + Composto químico bacteriano fez com que a silagem pré-secada apresentasse melhor qualidade bromatológica e melhor degradabilidade efetiva da MS e da FDN.

A ração composta pela silagem pré-secada desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano apresentou maior digestibilidade da matéria seca e da FDN, gerou nos animais menor ingestão de matéria seca e melhor conversão alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, D. S.; CARNEIRO, S. S.; ASCIMENTO, R. R.; SILVA, A. L. Pré-secado: uma alternativa para aumentar a segurança alimentar dos rebanhos no período de escassez de forragem. *Revista eletrônica de Veterinaria*, v. 18, n. 11, p. 1-13, 2017.

AOAC. *Official Methods of Analysis* (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, 2000.

BARBERO, R. P.; MALHEIROS, E. B.; NAVE, R. L.; MULLINIKS, J. T.; DELEVATTI, L. M.; KOSCHECK, J. F.; REIS, R. A. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 23-31, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.015>

BARROS, F. F. C.; QUADROS, C. P.; JUNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Surfactina, Propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicação em alimentos. *Química nova*, v. 30, n. 2, p. 409-414, 2007.

BATISTELLI, I. J. C.; BATISTELLI, J. C. O. R.; BESS, B. L.; MENEZES, F. L.; MORAES, K. A. K.; MORAES, E. H. B. K. Criação intensiva em confinamento como estratégia de manejo em bovinos de corte - revisão de literatura. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 2, p. 1-17, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25179>

CAI, Y.; DU, Z.; YAMASAKI, S.; NGULUVE, D.; TINGA, B.; MACOME, F.; OYA, T. Community of natural lactic acid bacteria and silage fermentation of corn stover and sugarcane tops in Africa. *Asian-Australians Journal of Animal Science*, v. 33, p. 1252-1264, 2020.

CARDOSO, L. L.; RIBEIRO, K. G.; MARCONDES, M. I.; PEREIRA, O. G.; WEIB, K. Chemical composition and production of ethanol and other volatile organic compounds in sugarcane silage treated with chemical and microbial additives. *Animal Production Science*, v. 59, n. 4, p. 721-728, 2019.

CASTRO, A. M.; PEREIRA JR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. *Química Nova*, v. 33, n. 1, p. 181-188, 2010.

COSTA, M. L. L.; RESENDE, A. S. C.; DUARTE, I. N. H.; LIMA, N. R.; MOREIRA, G. R. (2019). Valor nutricional da silagem pré-secada de capim Tifton-85. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 6, n. 1, p. 26-33, 2019.

COTANCH, K.; DARRAH, J. Fecal fractions of the NASCO Digestion Analyzer/Cargill Manure Screener. The William H. Miner Agricultural Research Institute. Farm Report, June 2012.

DIAS, D. L. S.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; CARVALHO, G. G. P.; BRANDÃ, R. K. C.; SILVA, A. L. N.; MENDES, F. B. L. Recria de novilhos em pastagem com e sem suplementação proteico/energética nas águas: consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 2, p. 985-998, 2015.

DI MARCO, O.; AELLO, M.; NOMDEDEU, M.; VAN HOUTTE, S. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Animal Feed Science and Technology*, v. 99, n. 4, p. 37-43, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00077-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00077-9)

HARPER, M. T.; OH, J.; GIALLONGO, F.; ROTH, G. W.; HRISTOV, A. N. Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 8, p. 6151-6163, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12553>

HERRING, W. O.; MILLER, D. C.; BERTRAND, J. K.; BENYSHEK, L. L. Evaluation of machine, technician and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal Animal Science*, v. 72, p. 2216-2226, 1994.

KEIMER, B.; BOCKHOP, I.; SCHLAGHECK, A.; SCHÖN, H. G.; WESTENDARP, H. Effects of live yeast on particle size distribution of feces and performance parameters

in dairy cows fed on starch-rich diets. *Veterinarija ir Zootechnika*, v. 73, n. 95, p. 1-4, 2016.

KIR, H. Yield and quality traits of some silage maize cultivars. *Fresenius Environmental Bulletin*, v. 20, n. 4, p. 2843-2849, 2020.

KLJAK, K.; HEINRICHS, B. S.; HEINRICHS, A. J. Fecal particle dry matter and fiber distribution of heifers fed ad libitum and restricted with low and high forage quality. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n.5, p. 4694-4703, 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15457>.

MACROBBIE, E. A. Osmotic effects on vacuolar ion release in guard cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 4, p. 1135-1140, 2006. <https://doi.org/10.1073/pnas.0510023103>

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; NÖRNBERG, J. L.; VIÉGAS, J.; AGNOLIN, C. A.; SCHEIBLER, R. B.; SKONIESK, F. R.; ZIECH, M. F.; QUATRIN, M. P. Use of remaining biomass of cold season pastures for conserved forage production. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, n.5, p. 1390-1398, 2015.

MICHELS, A.; NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; RECK, A.M.; BERTAGNON, H. G.; LOPES, L. S.; SOUZA, A. M.; SANTOS, L. C.; STADLER JÚNIOR, E. S. Isoquinoline alkaloids supplementation on performance and carcass traits of feedlot bulls. *Asian-Australians Journal of Animal Science*, v. 31, n. 9, p. 1474-1480, 2018. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0868>.

MÜLLER, L. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1987.

NATH, C. D.; NERES, M. A.; SCHEIDT, K. C.; BERSOT, L. S.; SUNAHARA, S. M. M.; SARTO, J. R. W.; STANGARLIN, J. R.; GOMES, S. D.; SERENO, M. J.; PERIN, A. P. Characterization of Tifton 85 bermudagrass haylage with different layers of polyethylene film and storage time. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 31, n. 8, p. 1197-1204, 2018. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0604>

NEGRÃO, F. M.; ZANINE, A. M.; SILVA FILHO, A. S.; SILVA, A. R.; SANTOS, R. M.; CALDEIRA, F. H. B.; LINS, T. O. J. D.; CIRÍACO, A. P.; FREIRIA, L. B.; REIS, R. H. P. Losses and chemical composition of the silts of *piatã* grass with inclusion of bean residue. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. e900974753, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4753>

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)

ORSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>

PAZDIORA, R. D.; BRONDANI, I. L.; SILVEIRA, M. F.; ARBOITTE, M. Z.; CATTELAM, J.; PAULA, P. C. Effects of supply frequency of roughage and concentrate on ingestive

behavior of feedlot cows and heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 10, p. 2244-2251, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001000026>

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. *Fisiologia Vegetal*. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

PINO, F.; MITCHELL, L. K.; JONES, C. M.; HEINRICHS, A. J. Comparison of diet digestibility, rumen fermentation, rumen rate of passage, and feed efficiency in dairy heifers fed ad-libitum versus precision diets with low and high quality forages. *Journal of Applied Animal Research*, v. 46, n. 1, p. 1296-1306, 2018. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1498788>

PIWOWAREK, K.; LIPÍŃSKA, E.; HAĆ-SZYMAŃCZUK, E.; KIELISZEK, M.; ŚCIBISZ, I. *Propionibacterium* spp.—source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 102, n. 2, p. 515–538, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8616-7>

SALFER, I. J., MORELLI, M. C., YING, Y., ALLEN, M. S., & HARVATINE, K. J. The effects of source and concentration of dietary fiber, starch, and fatty acids on the daily patterns of feed intake, rumination, and rumen pH in dairy cows. *Journal of dairy science*, v. 101, n.12, p. 10911–10921, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15071>

SCHUMACHER, L. L.; VIÉGAS, J.; TONIN, T. J.; PEREIRA, S. N.; SKONIESKI, F. R.; CARDOSO, G. S.; HORA, A. L. V. C.; TEIXEIRA, J. V.; TEMP, L. B.; NEMOTO, B. S. Effect of inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* on nitrogen and glycidic fractionation in sorghum silagens. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. 1-11, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12321>

SHARMA, D.; SAHARAN, B. S. Functional characterization of biomedical potential of biosurfactant produced by *Lactobacillus helveticus*. *Biotechnology Reports*, v. 11, p. 27-35, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2016.05.001>.

TADROS, T. Stabilisation of dispersions using a graft copolymer of hydrophobically modified polyfructose. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 519, p. 11-19, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.11.004>

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, 1991.

WASAYA, A.; AFFAN, M.; AHMAD YASIR, T.; MUBEEN, K.; ALI, M.; NAWAZ, F.; EL SABAGH, A. Foliar Potassium Sulfate Application Improved Photosynthetic Characteristics, Water Relations and Seedling Growth of Drought-Stressed Maize. *Atmosphere*, v. 12, n. 6, p. 663, 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12060663>

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As hipóteses do trabalho se confirmaram, onde não houve interferência negativa na comunidade bacteriana entre os métodos de desidratação, ambas apresentaram adequado valor nutricional, porém, de modo geral, a silagem pré-secada obtida a partir da forragem desidratada pelo método Mecânico + Composto químico bacteriano foi superior que as demais. Entretanto, a condução de mais estudos, em outros ambientes se faz necessário, e também estudos que visem identificar as espécies bacterianas presentes na comunidade e a partir daí obter um conhecimento mais aprofundado em relação ao processo fermentativo de alimentos conservados via fermentação.