

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
*CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CLAUDIA ANETE FÜHR

**VALOR NUTRICIONAL, CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E  
MICROBIOLÓGICAS DA SILAGEM DE SORGO BRS 658 COM O USO  
DE ADITIVOS**

Marechal Cândido Rondon – PR

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
*CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CLAUDIA ANETE FÜHR

**VALOR NUTRICIONAL, CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E  
MICROBIOLÓGICAS DA SILAGEM DE SORGO BRS 658 COM O USO  
DE ADITIVOS**

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - na Área de Concentração: Produção e Nutrição Animal.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marcela Abbado Neres

Marechal Cândido Rondon - PR

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Führ, Claudia Anete

Valor nutricional, características fermentativas e microbiológicas da silagem de sorgo brs 658 com o uso de aditivos / Claudia Anete Führ; orientador(a), Marcela Abbado Neres, 2020.

64 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Zootecnia Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.

1. Silagem. 2. Sorgo. 3. Nutrição . I. Neres, Marcela Abbado. II. Título.

## CLAUDIA ANETE FUHR

### Valor nutricional, características fermentativas e microbiológicas da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de aditivos

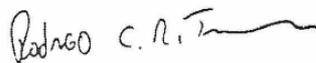
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”, Área de Concentração em “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Ruminantes / Forragicultura”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



Orientador(a) / Presidente – Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Abbado Neres  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Campus de Mal. Cândido Rondon

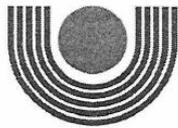


Membro – Dr.<sup>a</sup> Caroline Daiane Nath  
ZD Alimentos S/A



Membro – Prof. Dr. Rodrigo César dos Reis Tinini  
Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguazu (FAESI)

Marechal Cândido Rondon, 28 de setembro de 2020.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

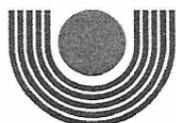
Eu, **PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> MARCELA ABBADO NERES**, declaro como **ORIENTADORA** que presidi os trabalhos de defesa à **distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Claudia Anete Fuhr**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da banca examinadora, **formalizo como Orientadora**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da banca examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 28/09/2020, com o trabalho intitulado **“Valor nutricional, características fermentativas e microbiológicas da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de aditivos”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

*Marcela Abbado Neres*

PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> MARCELA ABBADO NERES – ORIENTADORA/PRESIDENTE  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

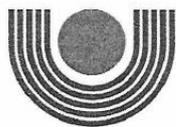
### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Dr.<sup>a</sup> Caroline Daiane Nath**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Claudia Anete Fuhr**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como membro externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 28/09/2020, com o trabalho intitulado **“Valor nutricional, características fermentativas e microbiológicas da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de aditivos”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

DR.<sup>a</sup> CAROLINE DAIANE NATH  
ZD Alimentos S/A



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

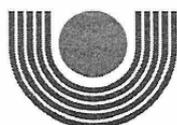
Eu, **Prof. Dr. Rodrigo César dos Reis Tinini**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Claudia Anete Fuhr**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como membro externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 28/09/2020, com o trabalho intitulado **“Valor nutricional, características fermentativas e microbiológicas da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de aditivos”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RODRIGO CÉSAR DOS REIS TININI

Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguçu (FAESI)



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

### DECLARAÇÃO DE APRESENTAÇÃO DE DEFESA PARA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Claudia Anete Fuhr**, discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Unioeste, DECLARO que realizei a minha DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO à distância, de forma síncrona e por videoconferência, do trabalho intitulado “**Valor nutricional, características fermentativas e microbiológicas da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de aditivos**”, para Banca Examinadora realizada em 28/09/2020.

---

CLAUDIA ANETE FUHR

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Nível: Mestrado

*A Deus, por iluminar e abençoar minha vida.*

*Á minha mãe, **Maria Bennemann Führ**,  
Obrigada por todo amor, respeito, confiança e incentivo.*

*Ao meu esposo **Magno Daniel Porfirio**, pelo companheirismo, confiança, incentivo e  
principalmente amor sincero e verdadeiro.*

*Ao meu querido irmão, **Carlos Führ**, pela amizade, ajuda e parceria que nos une.*

*E a todos os meus amigos, professores e colegas pela ajuda e por acreditarem em  
mim.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná (UNIOESTE) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ), pela oportunidade de realização do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo auxílio prestado durante a realização do trabalho.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dra. Marcela Abbado Neres, pela orientação, paciência, disponibilidade e confiança depositadas em mim.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIOESTE que participaram desta jornada.

Ao assistente do programa Paulo Henrique Morsch, que sempre esteve prontamente disponível, esclarecendo dúvidas e auxiliando no que fosse necessário.

À amiga e Dr.<sup>a</sup> Caroline Daiane Nath, por toda ajuda prática e teórica para a realização deste trabalho e por sua amizade.

À colega e mestre Leslei Caroline Santos, pelo tempo e orientações para a realização deste trabalho.

Aos colegas, amigos e profissionais que de alguma forma colaboraram para a realização do experimento e condução das análises.

Aos funcionários do Laboratório de Química Agrícola e Ambiental, pela realização da análise química do solo.

Aos funcionários da Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, da UNIOESTE, pela colaboração nos trabalhos.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná – *campus* Toledo, pela disponibilização do espaço físico para a moagem das amostras.

À empresa RIBER KWS SEMENTES Ltda., que gentilmente cedeu as sementes para a realização deste experimento.

À empresa SOORO Ltda., que solicitamente forneceu o soro de leite líquido para a realização deste experimento.

## **BIOGRAFIA**

Claudia Anete Führ, filha de Lauro Führ e Maria Führ, nasceu em Marechal Cândido Rondon – PR, no dia 03 de julho de 1991.

Ingressou no Colégio Estadual Pato Bragado, no ano de 2006, onde concluiu o Ensino Médio em 2008.

Ingressou na Universidade Paranaense – UNIPAR, *campus* de Toledo - Paraná, no ano de 2009, cumprindo todas as exigências para a obtenção do título de Bióloga, colando grau em janeiro de 2013.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon - Paraná, no ano de 2017, cumprindo todas as exigências e obtendo o título de Mestre em Zootecnia em 28 de setembro de 2020.

## **VALOR NUTRICIONAL, CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E MICROBIOLÓGICAS DA SILAGEM DE SORGO BRS 658 COM O USO DE ADITIVOS**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o valor nutricional, o fracionamento de carboidratos, o perfil fermentativo, a estabilidade aeróbia e a população de fungos presentes na silagem de sorgo forrageiro BRS 658 com o uso de aditivos. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, e foram avaliados sete tratamentos: silagem de sorgo (testemunha); silagem de sorgo + inoculante microbiano 0,2% da matéria natural (MN); silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN; silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN + inoculante microbiano 0,2% MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% da MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN + 4% açúcar mascavo MN. O sorgo foi cortado aos 111 dias após a emergência, no estágio de grão leitoso – farináceo e ensilado em silos de policloreto de vinil, adaptados com válvula de Bunsen, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. O açúcar mascavo adicionado à silagem de sorgo promoveu elevação nos teores de: matéria seca, matéria orgânica, fração A + B1 dos carboidratos, carboidratos solúveis, recuperação de matéria seca e redução nos teores de matéria mineral, fibra de detergente neutro e fibra em detergente ácido. A silagem de sorgo com soro de leite + inoculante microbiano proporcionou elevação dos teores de proteína bruta. O tratamento inoculante microbiano + açúcar mascavo apresentou o menor teor de nitrogênio amoniacal. O tratamento soro de leite + açúcar mascavo + inoculante microbiano promoveu maior massa específica. A utilização de açúcar mascavo como aditivo na silagem de sorgo forrageiro BRS 658, contribuiu para melhorar o valor nutricional elevando os teores de matéria seca, matéria orgânica, carboidratos totais e fração A + B1 e diminuindo os teores de matéria mineral, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. A utilização de inoculante microbiano + açúcar mascavo na silagem de sorgo BRS 658 diminuiu os teores de nitrogênio amoniacal, pH e ácido propiônico. Em todos os tratamentos não houve quebra da estabilidade aeróbia das silagens. O açúcar mascavo foi o aditivo que mostrou promover melhora em alguns parâmetros relacionados ao valor nutricional e perfil fermentativo.

**Palavras-chave:** Açúcar mascavo, ensilagem, estabilidade silagem, proteína bruta, soro de leite.

## **NUTRITIONAL VALUE, FERMENTATIVE AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SORGHUM SILAGE BRS 658 WITH THE USE OF ADDITIVES**

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the nutritional value, the fractionation of carbohydrates, the fermentative profile, aerobic stability and the population of fungi present in the forage sorghum silage BRS 658 with the use of additives. The design was completely randomized (DIC) with four replications, and seven treatments have been evaluated: sorghum silage (control); sorghum silage + microbial inoculant 0.2% of natural matter (NM); sorghum silage + 4% brown sugar NM; sorghum silage + 4% brown sugar NM + microbial inoculant 0.2% NM; sorghum silage + liquid whey at 3% of NM; sorghum silage + 3% NM liquid whey + 0.2% NM microbial inoculant; sorghum silage + liquid whey at 3% NM + microbial inoculant 0.2% MN + 4% brown sugar NM. The sorghum was cut at 111 days after emergence, in the milky - farinaceous grain stage and ensiled in polyvinyl chloride silos, adapted with a Bunsen valve, with 10 cm in diameter and 40 cm in length. Brown sugar added to sorghum silage increased the levels of: dry matter, organic matter, fraction A + B1 of carbohydrates, soluble carbohydrates, recovery of dry matter and reduction in the levels of MM, NDF and ADF. Sorghum silage with whey + microbial inoculant increased crude protein levels. The microbial inoculation treatment + brown sugar had the lowest ammoniacal nitrogen content. The treatment whey + brown sugar + microbial inoculant promoted greater specific mass. The use of brown sugar as an additive in forage sorghum silage BRS 658, contributed to improve the nutritional value by increasing the levels of dry matter, organic matter, total carbohydrates and fraction A + B1 and decreasing the levels of mineral matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber. The use of microbial inoculant + brown sugar in the sorghum silage BRS 658 decreased the levels of ammoniacal nitrogen, pH and propionic acid. In all treatments, there was no break in the aerobic stability of the silages. Brown sugar was the additive that showed improvement in some parameters related to nutritional value and fermentative profile.

**Keywords:** brown sugar, silage, silage stability, crude protein, whey.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1. EFEITO DO USO DE DIFERENTES ADITIVOS EM SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO BRS 658 SOBRE O VALOR NUTRICIONAL, DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* E FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS

Tabela 1. Composição bromatológica da forragem de sorgo forrageiro BRS 658 no momento do corte.....	32
Tabela 2. Composição bromatológica da silagem de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.....	35
Tabela 3. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro (DIVFDN), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A + B1), fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C).....	40

### CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, PERDAS E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO BRS 658 COM USO DE DIFERENTES ADITIVOS

Tabela 1. Composição bromatológica, população fúngica e perfil fermentativo da forragem de sorgo forrageiro BRS 658 no momento do corte.. .....	53
Tabela 2. Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), carboidratos solúveis (CHO), pH e população fúngica em silagens de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.....	56
Tabela 3. Produção de ácidos orgânicos (g kg <sup>-1</sup> ) em silagens de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.....	56
Tabela 4. Perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), recuperação da matéria seca (RMS) e massa específica (ME) de silagens de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos. ....	60

## 1. SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1	Sorgo .....	17
2.2	Conservação de forragens .....	19
2.3	Silagem.....	20
2.4	Aditivos usados na silagem.....	21
2.5	Referências.....	23
<b>3</b>	<b>EFEITO DO USO DE DIFERENTES ADITIVOS EM SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO BRS 658 SOBRE O VALOR NUTRICIONAL, DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> E FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS</b>	<b>26</b>
3.1	Introdução .....	28
3.2	Material e Métodos .....	29
3.3	Resultados e Discussões.....	34
3.4	Conclusões .....	42
3.5	Referências.....	43
<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, POPULAÇÃO FÚNGICA, PERDAS E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO BRS 658 COM USO DE DIFERENTES ADITIVOS.....</b>	<b>46</b>
4.1	Introdução .....	48
4.2	Material e métodos.....	49
4.3	Resultados e Discussão .....	54
4.4	Conclusões .....	64
4.5	Referências.....	65

## 1 INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] pertence à família Poaceae, é uma planta C4 e é muito utilizado para o plantio de segunda safra, pois possui maior tolerância a estresses hídricos quando comparado ao milho (MAGALHÃES et al. 2014). O sorgo pode ser utilizado na alimentação humana e animal, podendo suprir as necessidades dos ruminantes durante o período de escassez de forragens e segundo Silva et al. (2012), tem baixa exigência de água e grande potencial de produção de biomassa.

Dessa forma, pode ser empregado a fim de amenizar os efeitos das perdas produtivas e nutricionais das pastagens de verão, sendo uma alternativa para uso na sua forma conservada. Uma das principais técnicas de conservação de forragens no Brasil é a silagem, que mantém a forragem armazenada em silos e se conservando através de processos fermentativos.

Para uma planta promover condições adequadas no processo fermentativo, deverá atender alguns requisitos, tais como: teor de MS em torno de 350 g kg<sup>-1</sup>; alto teor de carboidratos solúveis (150 g kg<sup>-1</sup>), baixo poder tampão e microflora epifítica (McDONALD et al., 1991).

Para que o processo de ensilagem seja efetivo, este necessita de adoção das técnicas de forma correta. Dentre diversos fatores relevantes para que ocorra a fermentação de forma desejável, estão a escolha correta da forrageira a ser utilizada, o manejo eficiente durante o ensilamento, manutenção do ambiente anaeróbio dentro do silo e a queda do pH pela produção do ácido lático que inibe microrganismos indesejáveis.

O sorgo forrageiro, assim como o milho, pertence ao grupo de plantas utilizadas na alimentação animal, com híbridos destinados à produção de silagem, como o BRS 658, que possui resistência à seca e ao acamamento, alta qualidade de forragem e grande porcentagem de grãos na massa.

O uso do sorgo para produção de silagem pode ser associado ao uso de aditivos, que são aplicados no momento da ensilagem, podendo estimular a fermentação, reduzir perdas de nutrientes e atuar interagindo com o valor nutritivo da planta.

Os inoculantes microbianos (cepas de bactérias) têm como objetivo diminuir as perdas que ocorrem durante a ensilagem, porém, com custo elevado. Dessa forma, muitos agricultores optam por produtos encontrados na propriedade, com baixo custo e de fácil

acesso, como o soro de leite, que é uma fonte de bactérias lácticas e açúcares e o açúcar mascavo que aumenta a quantidade de carboidratos disponíveis para serem utilizados pelas bactérias lácticas.

A inclusão do soro de leite, inoculante microbiano e açúcar mascavo aumentará a qualidade da silagem de sorgo através do valor nutricional, perfil fermentativo e baixa população de fungos. Portanto, objetivou-se com o presente estudo avaliar a capacidade fermentativa, o valor nutricional e a população de fungos da silagem de sorgo forrageiro BRS 658 com o uso de aditivos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Sorgo**

Dentre as várias plantas forrageiras existentes, o milho é muito utilizado na produção de silagem no Brasil, sendo considerada a cultura padrão para o processo (SILVA et al., 2018). Em contrapartida, o sorgo pode ser utilizado para produção de silagens em razão de suas características fenotípicas, sendo uma planta semelhante ao milho quanto ao plantio, manejo, colheita e armazenamento.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é resistente a diversos fatores ambientais, tais como a baixa disponibilidade hídrica, alto rendimento de matéria seca por área e concentração de carboidratos solúveis necessária (VERIATO et al., 2018).

A maior variabilidade de espécies de sorgo tanto silvestre, quanto cultivada se encontra na região noroeste da África e parte da Ásia, conhecidas como a região de origem do sorgo (RUAS et al., 1980). O sorgo chegou a China pela rota da seda no século III D.C. (SANTOS et al., 2005).

Comerciantes de escravos africanos introduziram o sorgo na América através do Caribe, chegando aos Estados Unidos na metade do século XIX. Por volta de 1970, o sorgo passou a ser usado comercialmente no Brasil (RIBAS, 2003).

Dentre os cereais, o sorgo é considerado o quinto cereal mais importante do mundo, pois serve para a alimentação animal e humana (PEERZADA et al., 2017). Segundo Conab (2019), a estimativa de área plantada para o sorgo no Brasil é de 787,6 mil hectares, com uma produtividade de 2.472 kg ha<sup>-1</sup>, dados estimados em relação à produção de grãos.

Ao longo dos anos, a área plantada do sorgo tem aumentado no Brasil, pois o mesmo possui diversas vantagens, tais como: menor exigência em fertilidade do solo, capacidade de rebrota após a colheita dos grãos e maior tolerância a déficit hídrico (OLIVEIRA, 2020).

A capacidade de rebrota e perfilhamento são afetadas pelo manejo da cultura e pela população de plantas. Outro fator que interfere no processo de perfilhamento são estresses causados a planta, podendo ser causados por insetos, baixos índices pluviométricos e temperatura desfavorável (MAGALHÃES et al., 2003).

A planta também possui características xerofílicas, ou seja, não necessita de alta fertilidade do solo e é tolerante à seca e salinidade (PINHO et al., 2015). Essas características tornam a mesma uma ótima opção em relação às demais culturas, como por exemplo, o milho, que necessita de melhores condições para o seu desenvolvimento.

A facilidade em relação ao plantio, manuseio, colheita e armazenamento fornecem ao sorgo características favoráveis para a ensilagem. Segundo Landau e Guimarães (2010), outras características benéficas são a produção de biomassa no sistema de plantio direto e possível utilização no sistema de rotação de culturas, sendo seu sistema radicular capaz de descompactar o solo e realizar a movimentação dos nutrientes nas camadas do solo.

Além do fornecimento do sorgo aos animais na forma de silagem, pode ser fornecido na forma *in natura*, pois possui alta digestibilidade, produtividade e teores de matéria seca ideais.

O sorgo é classificado em quatro grupos: sorgo granífero; forrageiro; sacarino e vassoura. O sorgo granífero é caracterizado pelo menor porte, o que facilita a colheita mecanizada. Já os sorgos do segundo grupo são utilizados para produção de silagem, possuem porte alto, com maior formação de massa. Além da silagem, são utilizados para fornecimento *in natura*, corte ou pastejo, fenação e cobertura morta.

Para a produção de açúcar e álcool, o sorgo sacarino é o mais indicado e utilizado em diversos países. O quarto tipo, permite que suas panículas sejam utilizadas para produção de vassouras (RIBAS, 2008).

O sorgo forrageiro, também conhecido como sorgo silageiro, é um tipo de sorgo desenvolvido e utilizado principalmente para produção de silagem, possui porte alto, podendo chegar a mais de dois metros, possui grande quantidade de folhas elevando a quantidade de forragem produzida.

Sua denominação “silageiro” é justamente pelo fato de ter aptidão para produção de silagem (DIPAP, 2010). As características bromatológicas do sorgo são equivalentes de 85 a 90% da silagem de milho, o que favorece sua utilização na forma de silagem (MORAES et al., 2013).

O sorgo, quando usado para produção de silagem se destaca, pois possui alta produtividade em condições de baixa fertilidade do solo e em períodos mais secos. Além disso, a qualidade da silagem produzida a partir dessa forrageira é elevada, sendo comparada a outras culturas já consagradas e amplamente utilizadas no processo de ensilagem (NEUMANN et al., 2004).

O sorgo BRS 658 possui ciclo vegetativo ideal para silagem, produtividade com cerca de  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , colmos com alto padrão fermentativo e com grande porcentagem de grãos na massa. Possui também tolerância à seca, com baixo custo de produção, resistência ao acamamento e tolerância ao míldio (doença causada por fungo), o que garante ao produtor uma alta produtividade, tanto para uso como forragem quanto para ensilagem (EMBRAPA, 2016).

## **2.2 Conservação de forragens**

O principal objetivo da conservação de forragens é armazenar o material excedente conservando seu valor nutritivo, a partir daí se tornando estável, é fornecido aos animais nos períodos de escassez (BARROS et al., 2018).

O período de estacionalidade da produção forrageira afeta diretamente a alimentação dos ruminantes, principalmente daqueles que têm por base a criação a pasto. Com o aumento dos processos produtivos da pecuária, aumenta a necessidade de alimentos tanto quantitativamente quanto qualitativamente, principalmente nos períodos de escassez de pastagens.

Portanto, só é possível fornecer alimento aos animais em período de escassez, quando é realizada uma estocagem no período favorável ao crescimento da forrageira (NERES e AMES, 2015), bem como é necessário o planejamento da suplementação contínua da alimentação dos animais em sistema intensivo de produção.

Dentre as técnicas de conservação, estão: a fenação, o pré-secado e a ensilagem, sendo a última a mais utilizada atualmente, pois é um processo que pode ser realizado independentemente do tamanho da propriedade e do rebanho. A silagem, se executada de

maneira correta, pode proporcionar a manutenção da qualidade e do valor nutricional da forragem fresca (MORAES et al., 2013).

É importante ressaltar que o processo de ensilagem deve ser realizado de maneira eficiente, pois quaisquer problemas como a má compactação ou vedação do silo, prejudicam o processo de conservação da silagem, o que resulta em perdas nutricionais.

### **2.3 Silagem**

Silagem é o produto do processo de conversão de carboidratos solúveis da forragem em ácidos orgânicos, principalmente ácidos láctico e acético, realizados por bactérias do ácido láctico em condições anaeróbicas e tem como objetivo manter a qualidade e o valor nutricional da forragem fresca (MOURA et al., 2017).

A silagem passou a ser utilizada inicialmente na Hungria e na Alemanha por volta de 1860, sendo introduzida no Brasil somente no final do século XVIII e sua expansão iniciou-se em meados de 1960, sendo difundida pelos órgãos de extensão rural, fundações, universidades e cooperativas (OLIVEIRA et al., 2009).

Os alimentos volumosos, quando de boa qualidade são utilizados em relação aos concentrados, por apresentarem menores custos (SOUZA, 2016).

Após o corte, o material pode ser aditivado ou não, sendo então acondicionado em silos, onde é compactado para expulsão do oxigênio e ocorre o fechamento. Segundo Nussio et al. (2017), o processo fermentativo possui quatro fases distintas: a fase inicial aeróbica, a fase de fermentação, a fase estável e a fase de alimentação.

Na primeira fase denominada aeróbica, o oxigênio presente no meio é reduzido pelo processo de respiração das plantas, ou seja, quanto mais oxigênio no meio, maior a duração dessa etapa e maior pode ser a deterioração causada por microrganismos aeróbicos e pelo processo de respiração das plantas, que consomem os carboidratos solúveis e liberam CO<sub>2</sub> calor e água.

Após o esgotamento do oxigênio, tem início a 2ª fase de fermentação, predominando as bactérias heterofermentativas que produzem ácido láctico e ácido acético. Com a produção dos ácidos, o pH (potencial hidrogeniônico) diminui e a partir de valores abaixo de 5,0 ocorre a inibição das bactérias heterofermentativas e

predominam as bactérias homofermentativas, produzindo somente ácido lático (McDONALD et al., 1991).

Na terceira fase, o pH deverá atingir valores em torno de 3,8 e 4,2 encerrando a atividade dos microrganismos. A partir desse momento, temos a fase de estabilidade do silo.

A quarta fase ocorre quando o material é reexposto ao oxigênio e se a estabilidade aeróbia é insuficiente. A presença de O<sub>2</sub> estimula a proliferação de microrganismos deterioradores, interferindo na qualidade da silagem pelo consumo dos carboidratos, ácido lático, ocorrendo a elevação do pH, o que leva à rejeição do alimento por parte dos animais (BORREANI e TABACO, 2010).

Alguns fatores como a cultivar, o estágio de maturação no momento do corte e um processo de fermentação adequado têm relação direta com o valor nutricional da silagem, com sua composição química e, conseqüentemente, no desempenho animal (COSTA et al., 2016).

As características fermentativas necessárias para uma boa fermentação são: carboidratos solúveis de 80 a 100 g kg<sup>-1</sup>, teor de matéria seca de 300 a 350 g kg<sup>-1</sup> e baixo poder tampão (ZHANG et al., 2015).

Segundo Junges (2010), quando a produção de silagem é realizada de maneira adequada as perdas são consideradas mínimas, tanto de qualidade como de quantidade, sendo então utilizada no período de escassez de pastagens como a principal fonte de volumoso.

## **2.4 Aditivos usados na silagem**

Os aditivos utilizados na silagem são produtos comerciais ou não, aplicados diretamente no material a ser ensilado e estimulam ou inibem fermentações, reduzem perdas por nutrientes e podem interferir beneficemente no valor nutritivo da planta ensilada (COSTA et al., 2017). Diversos aditivos vêm sendo utilizados com o propósito de diminuir as perdas de energia e melhorar o ganho de desempenho do animal.

McDonald et al. (1991) afirmam que os aditivos para silagem são classificados em cinco categorias principais: conhecidos como estimulantes de fermentação; a segunda categoria são os inibidores de fermentação; a terceira categoria são os inibidores da deterioração aeróbia; os nutrientes e por fim os aditivos absorventes.

Os inoculantes microbianos utilizados na silagem proporcionam um rápido desenvolvimento das bactérias lácticas e colaboram para a diminuição das fermentações de microrganismos indesejáveis (BEZERRA et al., 2015). A aplicação de inoculantes microbianos reduz as perdas ocasionadas durante o armazenamento e melhora a estabilidade aeróbia (NUSSIO et al., 2019).

Evidências científicas demonstram que o uso de inoculantes microbianos aumenta o desempenho e a produção animal, além de melhorar a fermentação (NUSSIO et al., 2019).

Fontes de nutrientes que são comumente utilizadas como aditivos são a amônia, alguns subprodutos da fabricação de alimentos como o melão, soro de leite e bagaço de frutas (NUSSIO, 2017). Outro aditivo que pode ser utilizado na ensilagem é o açúcar mascavo, que fornece uma quantidade maior de substrato para as bactérias presentes na planta, favorecendo a proliferação e, conseqüentemente, a fermentação da silagem.

A utilização de fontes de carboidratos ocorre desde o passado, por suas características de fácil manipulação e por serem de baixo custo (BERNARDES et al., 2013). O açúcar mascavo é uma fonte prontamente disponível de carboidratos, o que favorece a fermentação, pois as bactérias lácticas utilizam o mesmo como fonte de substrato.

O soro de leite líquido *in natura* é um subproduto lácteo amplamente utilizado pela indústria, sendo transformado em bebidas fermentadas, aditivos para panificação, sucos ou usado na forma desidratada como fonte de energia, podendo ser utilizado na forma *in natura* para alimentação animal.

Quando utilizado para alimentação animal, é uma fonte de bactérias lácticas, estas por sua vez podem favorecer o processo fermentativo e aumentar o valor nutricional da silagem. O soro de leite é de baixo valor comercial quando *in natura*, se descartado de maneira inadequada em rios e lagos é considerado como um poluente, pois possui grande quantidade de oxigênio (PRAZERES et al., 2012).

A planta de sorgo, da mesma forma que a de milho, é utilizada para silagem, possuindo teores adequados de matéria seca, carboidratos solúveis e baixo poder tampão. Porém, devido a falhas que podem ocorrer durante as fases do processo, a utilização de aditivos torna-se necessária, colaborando com a fermentação e com a preservação do material (PERAZZO et al., 2017).

## 2.5 Referências

- BARROS, J. R. L.; CRUZ, G. R. B.; MELO, A. M. et al. Caracterização do manejo alimentar de caprinos e ovinos na microrregião do cariri ocidental do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.13, n.4, p. 144-151, 2018.
- BERNARDES, T. F.; SOUZA, N. S. S.; SILVA, J. S. L. P.; et al. Uso de inoculante bacteriano e melaço na ensilagem de capim-elefante. **Revista de Ciências Agrárias**, v.56, n.2, p.173-178, 2013.
- BEZERRA, H. F. C.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; et al. Degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de milho e inoculante da microbiota autóctone. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.2, p.265-277, 2015.
- BORREANI, G.; TABACO, E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 6, p. 2620-2629, 2010.
- CONAB – Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6 - Safra 2018/19, n.5 - Quinto levantamento, 2019.
- COSTA, R. F.; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.38, n.2, p.127-133, 2016.
- COSTA, R. R.; SANTOS, M. G. S.; BARBOSA, J. P. F.; et al. Vantagens no uso de aditivos em silagem de milho. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v.1, n.1, p.1-6, 2017.
- DIPAP. Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento Rural – **Aspectos Gerais do Cultivo do Sorgo para o Semiárido Alagoano**, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **BRS 658 Híbrido de sorgo silageiro**: silagem de alta qualidade. Sete Lagoas, 2016. Folder
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção pecuária municipal**. Rio de Janeiro, v. 45, p.1-8, 2017.
- JUNGES, DANIEL. **Aditivo microbiano na silagem de milho em diferentes tempos de armazenamento e avaliação da estabilidade aeróbia por termografia em infravermelho**. 2010. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P. **Zoneamento da cultura do sorgo**. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2003. 4p.
- MAGALHÃES P. C.; et al. 2014. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM A (Ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV. p.58-88.
- MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. da. et al. Produção e análise química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.4, p.624-634, 2013.
- MOURA, M. M. A.; PIRES, D. A. A.; COSTA, R. F. et al. Valor nutricional de silagens de sorgo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.39, n.2, p.137-142, 2017.
- McDONALD, P.; HENDERSON A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. New York: Chalcombe Publications, 1991. 339 p.
- NERES, M. A; AMES, J. P. Novos aspectos relacionados à produção de feno no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.14, n.1, p.10-17, 2015.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.03, n.03, p.438-452, 2004.
- NUSSIO, L. G.; SOUSA, D. O.; GRITTI, V. C.; et al. **Proceedings of the V international symposium on forage quality and conservation**. 5ed. Piracicaba: ESALQ, 2017.
- NUSSIO, L. G.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, K. S.; et al. **Proceedings of the VI international symposium on forage quality and conservation**. 6ed. Piracicaba: ESALQ, 2019.
- OLIVEIRA, P. S.; PEREZ, J. R. O.; EVANGELISTA, A. R. Silagem de milho para ovinos. **Boletim Técnico Universidade Federal de Lavras**, v.38, p.27, 2009.
- OLIVEIRA, S. M. P; **Potencial de forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciadas com sorgo granífero em sistema integrado**. 2020. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde.
- PERAZZO, A. F.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; et al. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**, v.8:1088, 2017.
- PEERZADA, A. M.; ALI, H.; HANIF, Z.; Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.). **Biological Invasions**, v.16, p.1-9, 2017.

- PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; BEZERRA, H. F. C. et al. Cultivares de sorgo para silagem de diferentes propósitos. **Ciência Rural**, v.45, n.2, p.298-303, 2015.
- PRAZERES, A.R.; CARVALHO, F.; RIVAS, F.J. Cheese whey management: a review. **Journal of Environmental Management**, v.110, p.48-68, 2012.
- RIBAS, P. M. **Cultivo do sorgo**. 2008. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/plantio-plantio.html](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantio-plantio.html)> Acesso em: 04/03/2019.
- RIBAS, P. M. **Sorgo: Introdução e Importância Econômica**. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA, 2003. 16 p. (Documento 23).
- RUAS, D. G. G.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. Origem e importância do sorgo para o Brasil. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, v. 1, n.1, p. 1-12, 1980.
- SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. **Melhoramento de sorgo**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 605-658, 2005.
- SILVA, R.; SANTOS, A.; TABOSA, J. N. et al. Avaliação de diferentes genótipos de sorgo para forragem e silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p. 225-233, 2012.
- SILVA, M. J.; BALBINO, L. C.; CARDOSO, D. A. D. B.; MIRANDA, L. M. Características bromatológicas em híbridos de milho para produção de silagem no Estado de Minas Gerais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.5, n.2, p.76-82, 2018.
- SOUZA, JANAINA. **Variação no custo de alimentação de vacas leiteiras com o uso de silagens de diferentes qualidades**. 2016. 49f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- VERIATO, F. T.; PIRES, D. A. A.; TOLENTINO, D. C.; et al. Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.40, e34458, 2018.
- ZHANG, S. J.; CHAUDHRY, A. S.; OSMAN, A. 2015. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, v.206, p.29-38, 2015.

### **3 EFEITO DO USO DE DIFERENTES ADITIVOS EM SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO BRS 658 SOBRE O VALOR NUTRICIONAL, DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* E FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS**

**RESUMO:** Neste estudo, objetivou-se avaliar o valor nutricional, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento de carboidratos da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de diferentes aditivos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e sete tratamentos: silagem de sorgo (testemunha); silagem de sorgo + inoculante microbiano 0,2% da matéria natural (MN); silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN; silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN + inoculante microbiano 0,2% MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% da MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN + 4% açúcar mascavo MN. O sorgo foi cortado aos 111 dias após a emergência, no estágio de grão leitoso – farináceo e ensilado em silos de policloreto de vinil, adaptados com válvula de Bunsen. Após armazenagem de 35 dias, os silos foram abertos e amostras foram coletadas para as respectivas análises. Os aditivos utilizados apresentaram diferenças somente para as variáveis matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos totais e fração A + B1 dos carboidratos. A utilização de açúcar mascavo como aditivo na silagem de sorgo forrageiro BRS 658, contribuiu para melhorar o valor nutricional elevando os teores de MS, MO, CT e fração A + B1 e diminuindo teores de MM, FDN e FDA.

**Palavras-chave:** açúcar mascavo, bromatologia, fermentação, inoculante microbiano, soro de leite.

## **EFFECT OF THE USE OF DIFFERENT ADDITIVES IN FORAGE SORGHUM SILAGE BRS 658 ON THE NUTRITIONAL VALUE, *IN VITRO* DIGESTIBILITY AND CARBOHYDRATE FRACTIONATION**

**Abstract:** In this study, the objective was to evaluate the nutritional value, *in vitro* digestibility and fractionation of carbohydrates from the sorghum silage BRS 658 with the use of different additives. The experimental design was completely randomized (DIC) with four replications and seven treatments: sorghum silage (control); sorghum silage + microbial inoculant 0.2% of natural matter (NM); sorghum silage + 4% brown sugar NM; sorghum silage + 4% brown sugar NM + microbial inoculant 0.2% NM; sorghum silage + liquid whey at 3% of the NM; sorghum silage + 3% NM liquid whey + 0.2% NM microbial inoculant; sorghum silage + liquid whey at 3% NM + microbial inoculant 0.2% NM + 4% brown sugar NM. The sorghum was cut at 111 days after emergence, in the milky - floury stage and ensiled in polyvinyl chloride silos, adapted with a Bunsen valve. After 35 days of storage, the silos were opened and samples were collected for the respective analyzes. The additives used dissipation only for the variables dry matter, mineral matter, organic matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, total carbohydrates and A + B1 fraction of the carbohydrates. The use of brown sugar as an additive in forage sorghum silage BRS 658, contributed to improve the nutritional value by increasing the levels of DM, OM, TC and fraction A + B1 and decreasing levels of MM, NDF and ADF.

**Keywords:** brown sugar, bromatology, fermentation, microbial inoculant, whey.

### 3.1 Introdução

A conservação de forragem atualmente é vista como uma técnica importante e indispensável para agregar valor na nutrição animal, principalmente para os ruminantes. A ensilagem é uma opção de conservação onde a forragem é armazenada e, a partir de um processo fermentativo adequado, o material mantém sua qualidade nutricional e permanece viável para a alimentação dos animais por um longo período (STELLA et al., 2016).

Dentre as plantas forrageiras mais utilizadas na ensilagem, pode-se citar o milho (*Zea mays*) e o sorgo (*Sorghum bicolor*). Assim como o milho, o sorgo possui características desejáveis para ensilagem, além de bons teores de matéria seca e carboidratos solúveis, possui alto rendimento e baixo poder tampão (FERNANDES et al., 2009). O sorgo também apresenta alta qualidade de forragem e grande proporção de grãos na massa (VERIATO et al., 2018).

A ensilagem é um processo rigoroso com várias etapas e a realização adequada desse processo implicará em um alimento de qualidade. Existem no mercado aditivos que auxiliam a fermentação, a estabilidade e aceleram a redução do pH, favorecendo o processo fermentativo e indiretamente a qualidade da silagem (SILVA; MACHADO JUNIOR, 2014). Dentre esses aditivos, pode-se citar os inoculantes microbianos, ou produtos naturais como o soro de leite e o açúcar mascavo.

O princípio do inoculante microbiano é aumentar o número de bactérias produtoras de ácido láctico acelerando a fermentação pela queda brusca do pH, melhorando indiretamente a conservação do material. Há também inoculantes que aumentam o número de bactérias heteroláticas, com o objetivo de preservar os valores nutricionais do material após a abertura do silo (OLIVEIRA et al., 2011).

O soro de leite apresenta em sua composição altos teores de carboidratos solúveis, além de ser uma grande fonte de bactérias lácticas, onde estas, por sua vez, podem favorecer o processo fermentativo e aumentar o valor nutricional da silagem (PRAZERES et al., 2012). O açúcar mascavo servirá como uma fonte prontamente disponível de carboidratos, o que favorece a fermentação, pois as bactérias lácticas o utilizarão como principal fonte de substrato (ZANETTE et al., 2012).

A utilização de aditivos como inoculante bacteriano, soro de leite e açúcar mascavo contribuem para a melhora do valor nutricional, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento dos carboidratos, resultando em uma silagem de boa qualidade.

Diante disso, no presente estudo objetivou-se avaliar o valor nutricional, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento de carboidratos da silagem de sorgo BRS 658 com o uso de inoculante bacteriano, soro de leite e açúcar mascavo como aditivos.

## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 Localização

O experimento foi realizado na fazenda experimental Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, PR. Localizada sob as coordenadas geográficas: 24°31'55" S, 54°01'05" W e altitude de 396 m. De acordo com a classificação proposta por Köppen, o clima é Cfa - clima subtropical, sendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. Apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses do verão, contudo sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). A média anual de precipitação pluvial da região varia de 1.600 a 1.800mm, com trimestre mais úmido apresentando totais que variam entre 400 a 500mm (IAPAR, 2006).

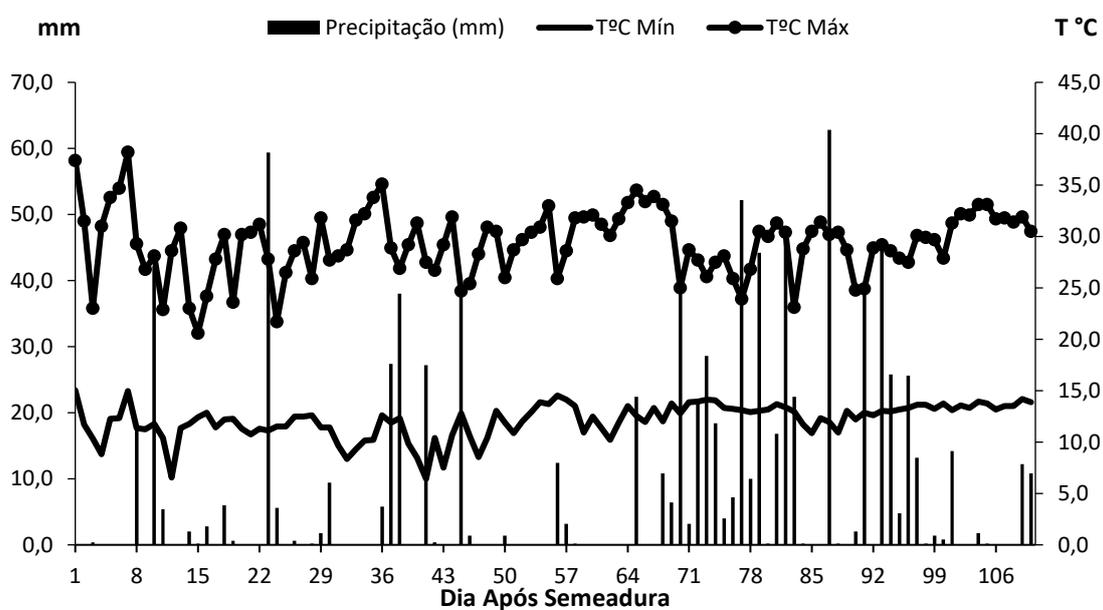


Figura 1. Médias diárias de temperatura máxima (T°C MÁX) e mínima (T°C MÍN) e precipitação pluviométrica para a região durante o período de desenvolvimento do sorgo (DAS). Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UNIOESTE, Marechal C. Rondon – PR, outubro/2017 a janeiro/2018.

### 3.2.2 Área Experimental

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2018) de textura argilosa e apresenta as seguintes características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,87, P (Mehlich) 25,47 mg dm<sup>-3</sup>, K (Mehlich) 0,74 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 4,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 3,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al (pH SMP 7,5) 4,96 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, SB 8,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, CTC 13,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V 62,16 %, matéria orgânica 24,61 g dm<sup>-3</sup>, Cu 6,50 mg dm<sup>-3</sup>, Zn 8,30 mg dm<sup>-3</sup>, Mn 56,00 mg dm<sup>-3</sup> e Fe 24,50 mg dm<sup>-3</sup>.

### 3.2.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e sete tratamentos, sendo: silagem de sorgo (testemunha); silagem de sorgo + inoculante microbiano 0,2% da matéria natural (MN), silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN, silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN + inoculante microbiano 0,2% MN, silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% da MN, silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN, silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN + 4% açúcar mascavo MN.

### 3.2.4 Ensilagem e Armazenamento

A cultivar de sorgo forrageiro BRS 658 (*Sorghum bicolor*) foi semeada com espaçamento de 1,0 m entre linhas e densidade populacional de aproximadamente 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Em relação à adubação, foi utilizada a recomendada pelo fabricante para a cultura, sendo: 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 10-15-15 na semeadura e 200 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura do formulado NPK 10-20-20 aos 35 DAS (dias após a semeadura), sendo que esta foi realizada de forma manual.

A semeadura foi realizada utilizando uma semeadora manual de precisão modelo *Earthway* 1001-B. Como controle preventivo ao ataque de insetos por via aérea, especialmente de *Spodoptera frugiperda* e *Diatrea saccharalis* utilizou-se, aos 21 DAS e aos 40 DAS, inseticida fisiológico sistêmico do grupo químico aciluréia e ingrediente ativo Lufenuron, na dose de 150 mL ha<sup>-1</sup>. O controle manual (capina) foi utilizado para o controle de plantas daninhas, para evitar a competição, que pode desfavorecer o desenvolvimento da cultura.

O corte foi realizado manualmente com o auxílio de facão aos 111 DAS (estágio de grão pastoso – farináceo) a 10 cm do solo, sendo eliminadas as bordaduras da área experimental. Em seguida, as plantas foram trituradas (partícula de 1 a 2 cm) utilizando-se forrageira tratorizada marca JF modelo C120.

O material triturado foi homogeneizado manualmente e de acordo com os respectivos tratamentos e armazenados em silos experimentais, confeccionados de canos de policloreto de vinil “PVC”, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, contendo na parte superior uma válvula tipo Bunsen que visa a eliminação dos gases.

Na parte interna inferior do silo, foram colocados cerca de 0,3 kg de areia esterilizada e acima desta foi colocada uma camada de tecido de algodão para evitar o contato da silagem com a areia, sendo adicionada para escoar possíveis líquidos gerados. A compactação foi realizada com auxílio de bastão de madeira e as tampas foram fechadas com fita adesiva a fim de evitar a entrada de ar no silo.

O armazenamento dos silos foi em temperatura ambiente, sob a proteção da luz solar e da chuva. A média de material ensilado foi de aproximadamente  $\pm 1,8$  kg de forragem com base na matéria natural.

O soro de leite líquido foi utilizado dentro do prazo de validade de 30 horas, sendo mantido na temperatura de 8,0 a 10,0°C. Os parâmetros físico-químicos médios do soro foram: pH de 6,0 a 6,7, extrato seco desengordurado % (ESD) entre 45 e 64 g kg<sup>-1</sup>, acidez entre 9,0 e 12,0 (ref. de 64 g kg<sup>-1</sup> de ESD), gordura 6 g kg<sup>-1</sup>, carboidratos solúveis 64,1 g kg<sup>-1</sup>, proteína 22,37 g kg<sup>-1</sup>, lactose 33,50 g kg<sup>-1</sup>. O aditivo foi fornecido pela empresa SOORO® e foram utilizados cerca de 30 mL por kg de forragem, sendo aplicado diretamente sob o material e posteriormente houve a homogeneização.

O açúcar mascavo possui em sua composição cerca de 944 g kg<sup>-1</sup> de carboidratos totais, proteína 7,6 g kg<sup>-1</sup>, cinzas 1,38 g kg<sup>-1</sup>, lipídios 0,9 g kg<sup>-1</sup>. Para esse aditivo, foram utilizados cerca de 40 g kg de forragem sendo aplicados diretamente sob o material e em seguida houve a homogeneização.

Em relação ao inoculante bacteriano (composição: *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactococcus lactis* e *Propionibacterium acidipropionici* nas concentrações de  $1.0 \times 10^{10}$  UFC g<sup>-1</sup>) foram seguidas as instruções do fabricante para diluição e inoculação (2 mL a cada kg de forragem) sendo aplicado diretamente sob o material e após houve a homogeneização.

### 3.2.5 Parâmetros Analisados

Após um período de armazenagem de 35 dias os silos foram abertos, descartando-se uma camada com cerca de 5 cm da porção superior e inferior do silo. O material central foi amostrado e acondicionado em sacos de papel identificados e submetidos à análise bromatológica, fracionamento de carboidratos e digestibilidade *in vitro*.

Para análise de matéria seca (MS), as amostras foram secas em estufa de ventilação de ar forçada sob temperatura de 55°C por 72 horas. Após esse período, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneiras de 1 mm de crivo e acondicionados em recipientes plásticos.

Posteriormente, iniciaram-se as análises laboratoriais para determinação dos teores de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) segundo a AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) conforme Van Soest et al. (1991) e conforme Silva e Queiroz (2009) celulose (CEL) e hemicelulose (HEM). O teor de matéria orgânica (MO) foi estabelecido a partir da fórmula:  $MO = 100 - \% MM$ .

Tabela 1. Composição bromatológica da forragem de sorgo forrageiro BRS 658 no momento do corte.

Composição	Sorgo BRS 658
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> )	265,81
Matéria mineral (g kg <sup>-1</sup> MS)	62,34
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> MS)	937,66
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)	69,40
Extrato etéreo (g kg <sup>-1</sup> MS)	16,69
Fibra em detergente neutro (g kg <sup>-1</sup> MS)	732,30
Fibra em detergente ácido (g kg <sup>-1</sup> MS)	493,22
Lignina (g kg <sup>-1</sup> MS)	207,33
Celulose (g kg <sup>-1</sup> MS)	477,04
Hemicelulose (g kg <sup>-1</sup> MS)	239,08
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (g kg <sup>-1</sup> MS)	552,99
Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro (g kg <sup>-1</sup> MS)	482,54
Carboidratos totais (g kg <sup>-1</sup> MS)	851,57

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada conforme Tilley e Terry (1963) adaptada por Holden (1999). Para tal, foi utilizada uma incubadora *in vitro* (TE-150, TECNAL) com rotação e temperatura controlada em 39°C, sendo mantida incubada por 48 horas e após esse período foi adicionada uma solução de HCL-Pepsina (1:10.000) sendo mantida por mais 24 horas. A amostra moída foi pesada cerca de 0,25g e acondicionada em saquinhos de TNT (tecido não tecido) selados a quente. O líquido ruminal foi coletado via cânula ruminal de bovino da raça Jersey macho castrado, mantido em garrafa térmica para manutenção da temperatura utilizando-se CO<sub>2</sub> para manter o ambiente anaeróbico e, antes de adicionar o líquido ao jarro, ele foi filtrado em tecido de algodão.

Determinou-se a DIVMS pela diferença entre a amostra incubada e a amostra residual. Para determinação da digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) as amostras foram incubadas por um período de 48 horas, posteriormente realizou-se análise de FDN, conforme procedimento de Goering e Van Soest (1975).

A determinação dos carboidratos totais (CT) se deu pela técnica de Sniffen et al. (1992) em que  $CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Para o fracionamento dos carboidratos, a fração C (carboidratos indigeríveis) foi estimada pela fórmula:  $100 * [FDN (\%MS) * 0,01 * lignina (\%FDN) * 2,4] / CT (\%MS)$ , a fração B2 (carboidratos de degradação lenta) foi obtida pela equação:  $100 * [(FDN (\%MS) - PIDN (\%PB) * 0,01 * PB (\%MS)) - (FDN (\%MS) * 0,01 * lignina (\%FDN) * 2,4)] / CT (\%MS)$ . As frações de carboidratos com rápida taxa de degradação ruminal (fração A + B1) foram determinadas pela diferença entre  $100 - (fração C + B2)$ .

### 3.2.6 Análise Estatística

Para normalidade, os dados foram avaliados por meio do teste de Shapiro-Wilk e em seguida foi realizado a análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, por meio do programa estatístico PROC GLM do pacote estatístico SAS University Edition de acordo com o seguinte modelo:  $X_{ij} = m + t_i + e_{ij}$ . Em que:  $X_{ij}$  = é o valor observado para a variável resposta;  $m$  = média da população;  $t_i$  = efeito fixo do i-ésimo tratamento;  $e_{ij}$  = erro aleatório.

### 3.3 Resultados e Discussões

Em relação aos valores obtidos na análise bromatológica das silagens (Tabela 2), pode-se observar diferença significativa ( $P < 0,05$ ), para as variáveis de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

Os teores de MS variaram entre tratamentos, onde os maiores teores foram obtidos na silagem de sorgo com açúcar mascavo ( $271,27 \text{ g kg}^{-1}$ ), com inoculante microbiano ( $258,19 \text{ g kg}^{-1}$ ) e a silagem testemunha ( $262,82 \text{ g kg}^{-1}$ ), não diferindo estatisticamente entre si. Já os menores teores foram apresentados na silagem de sorgo com soro de leite + inoculante microbiano ( $238,26 \text{ g kg}^{-1}$ ) e silagem com soro de leite + açúcar mascavo + inoculante microbiano ( $235,45 \text{ g kg}^{-1}$ ), diferindo dos demais tratamentos (Tabela 2).

Em relação a MM, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos soro de leite + inoculante microbiano ( $70,39 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) com o maior teor e as silagens com açúcar mascavo ( $61,90 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e com soro de leite ( $61,96 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) com os menores. Já os demais tratamentos não diferiram entre si.

Os valores de MO foram inversamente proporcionais aos de MM, onde os maiores teores obtidos foram na silagem com açúcar mascavo ( $938,11 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e com soro de leite ( $938,04 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ), que diferiram estatisticamente somente do tratamento da silagem com soro de leite + inoculante microbiano ( $929,61 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ).

Para a variável PB, o maior teor foi verificado para a silagem com soro de leite + inoculante microbiano ( $74,94 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) diferindo somente dos tratamentos silagem testemunha ( $63,76 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ), silagem com inoculante microbiano ( $65,50 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e silagem com açúcar mascavo ( $64,13 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ).

O tratamento silagem com soro de leite + inoculante microbiano e silagem com inoculante microbiano apresentaram os maiores teores de EE  $23,57$  e  $21,73 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ , respectivamente, diferindo dos demais tratamentos.

Os teores de FDN foram menores para as silagens aditivadas com açúcar mascavo ( $692,53 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e com açúcar mascavo + inoculante ( $698,69 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e para FDA para silagem com açúcar mascavo ( $454,72 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ).

Para as variáveis proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina (LIG), celulose (CEL) e hemicelulose (HEM), não houve diferença significativa entre os tratamentos, apresentando valores

Tabela 2. Composição bromatológica da silagem de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.

	Tratamentos							Média	EPM	P-valor
	Testemunha	Inoculante	Açúcar	Inoculante +Açúcar	Soro	Soro + Inoculante	Soro + Açúcar + Inoculante			
MS (g kg <sup>-1</sup> )	262,82AB	258,19AB	271,27A	256,23B	249,41BC	238,26CD	235,45D	253,09	2,5060	<0,0001
MM (g kg <sup>-1</sup> MS)	65,44AB	63,88AB	61,90B	63,91AB	61,96B	70,39A	66,83AB	64,90	0,8022	0,0377
MO (g kg <sup>-1</sup> MS)	936,56AB	936,12AB	938,11A	936,09AB	938,04A	929,61B	933,17AB	935,10	0,8022	0,0377
PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	63,76B	65,50B	64,13B	68,09AB	70,75AB	74,94A	72,12AB	68,47	1,0082	0,0034
EE (g kg <sup>-1</sup> MS)	18,19CD	21,73AB	20,00BC	15,59D	17,26CD	23,57A	19,53BC	19,41	0,5370	<0,0001
PIDN (g kg <sup>-1</sup> PB)	359,95	350,32	388,26	361,18	345,35	328,69	329,46	351,89	6,7933	0,2206
PIDA (g kg <sup>-1</sup> PB)	259,39	246,86	267,00	262,40	248,35	246,15	211,85	248,86	5,6240	0,1552
FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	732,54A	710,61AB	692,53B	698,69B	724,71AB	720,68AB	713,32AB	713,30	3,5053	0,0103
FDA (g kg <sup>-1</sup> MS)	484,78A	471,16AB	454,72B	461,82AB	471,88AB	475,70AB	475,91AB	470,85	2,6649	0,0412
LIG (g kg <sup>-1</sup> MS)	123,78	117,52	117,39	113,09	114,37	117,16	125,61	118,42	1,6678	0,3767
CEL (g kg <sup>-1</sup> MS)	413,80	434,73	466,91	524,79	488,74	528,55	446,46	471,99	17,5630	0,5259
HEM (g kg <sup>-1</sup> MS)	247,76	239,46	237,82	236,88	252,83	244,99	237,40	242,45	2,3783	0,4777

MS – matéria seca; MM – matéria mineral; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; PIDN – proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA – proteína insolúvel em detergente ácido; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; LIG – lignina; CEL – celulose; HEM - hemicelulose. EPM – erro padrão da média. Médias na linha seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

médios de 351,89 g kg<sup>-1</sup> PB, 248,86 g kg<sup>-1</sup> PB, 118,42 g kg<sup>-1</sup> MS, 471,99 g kg<sup>-1</sup> MS e 242,45 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente (Tabela 2).

As silagens de sorgo com inoculante microbiano e a silagem de sorgo com açúcar mascavo não diferiram entre si, portanto, não houve influência desses aditivos nos teores de MS quando comparados à testemunha e em relação ao material *in natura* (265,8 g kg<sup>-1</sup>).

Em relação aos tratamentos com uso do soro de leite, os teores de MS foram inferiores aos demais, o que foi provocado pelo elevado teor de umidade presente nos tratamentos. Em estudo, Santos et al. (2006), avaliando a inclusão de níveis de soro de leite em silagem de capim elefante, observaram teores mais baixos de MS comparado à silagem controle, constatando que a inclusão do soro na silagem eleva sua umidade, gerando uma maior perda por efluentes, resultando em perdas apreciáveis nos teores de MS.

Zanette et al. (2012), trabalhando com inclusão de açúcar ou inoculante microbiano em silagem de milho, não observaram diferença significativa entre os tratamentos para a variável MS, apresentando valores médios de 331,1 g kg<sup>-1</sup>. Ribas (2018), avaliando diferentes cepas de bactérias em silagem de milho, não obteve diferença significativa entre o tratamento com inoculante microbiano e o tratamento controle, com teor médio de MS de 388,2 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores de MM aumentaram na maioria dos tratamentos em comparação ao verificado para o material *in natura* (62,34 g kg<sup>-1</sup> MS). Os aditivos tiveram interferência nessa variável, descartando a possibilidade de alguma contaminação ambiental na silagem, visto que a contaminação com solo no momento do corte da forragem pode elevar os teores de MM da silagem, após fermentação.

Os resultados obtidos não corroboram com Santos (2014), que observaram teores de MM semelhantes nos tratamentos controle e com adição de permeado de soro de leite e *Lactobacillus*. Avaliando a inclusão de diferentes cepas de bactérias em silagem de milho, Ribas (2018), também não confirmou diferença para os valores de MM em relação à silagem testemunha.

As perdas de MO sinalizam perdas que ocorrem no valor nutricional dos alimentos, incluindo proteína, carboidratos e lipídios, diminuindo assim o seu valor energético. A maior perda foi verificada para a silagem de sorgo com soro de leite + inoculante microbiano (929,61 g kg<sup>-1</sup>), diferindo somente da silagem de sorgo com soro de leite e com açúcar mascavo.

Moraes et al. (2013) estudando híbridos de sorgo, dentre eles um forrageiro, verificou valores para MO de 946,9 g kg<sup>-1</sup> MS, valor acima dos verificados no presente estudo, fato que pode ser atribuído aos vários híbridos de sorgo presentes no mercado.

No presente experimento, os resultados foram favoráveis aos tratamentos com soro de leite para a variável PB, o que pode ser atribuído ao próprio aditivo, por possuir em sua composição a própria proteína e/ou demais nutrientes, que propiciam melhores condições para as bactérias realizarem uma adequada fermentação evitando perdas nutricionais e hidrólise das proteínas.

Ao contrário do presente experimento, Zannette et al. (2012), avaliando inclusão de açúcar ou inoculante microbiano em silagem de milho, observaram maiores teores de PB para a silagem controle (54 g kg<sup>-1</sup> MS) e com açúcar (47,7 g kg<sup>-1</sup> MS) em comparação a silagem com inoculante microbiano (40,6 g kg<sup>-1</sup> MS). Avaliando níveis de soro de leite em silagem de capim elefante, Santos et al. (2006), observaram menores teores de PB em relação à silagem testemunha.

O EE é formado por gordura, óleos e outros componentes similares que são extraídos quando o éter é aquecido durante a análise química. Os teores verificados variaram de 15,59 e 23,57 g kg<sup>-1</sup> MS, porém, todas as silagens estão abaixo do valor de 60,0 g kg<sup>-1</sup> MS. Esse valor é a quantidade máxima que pode estar presente no alimento, pois acima disso o EE se torna limitante para o consumo dos animais (SOUZA et al., 2009). Quando a silagem é de planta inteira, normalmente os teores de EE são baixos e, portanto, não afetam o consumo dos animais e a qualidade do material.

Em experimento adicionando permeado de soro de leite e *Lactobacillus buchneri* em silagem de capim pioneiro, Santos (2014) não observou diferença significativa (P>0,05) para a variável EE.

Avaliando adição de melaço ou inoculante microbiano em silagem de sorgo, Paviz, et al. (2010) observaram que a concentração de EE foi afetada pelo inoculante bacteriano em comparação ao controle e a silagem com melaço.

Os valores médios de PIDN e PIDA foram 351,89 e 248,86 g kg<sup>-1</sup> PB, respectivamente. Esses valores são considerados elevados, de acordo com Van Soest (1994), que sugere que os teores de PIDA e PIDN, devem estar entre 30 e 150 g kg<sup>-1</sup> PB. Os danos causados pelo calor, tanto no armazenamento como no processamento tem relação direta com o aumento dessas frações (SILVA; QUEIROZ, 2009), foi observada elevação da temperatura da forragem durante o seu processamento.

Esses compostos nitrogenados estão ligados a parede celular e normalmente aumentam conforme a planta se torna mais velha. O PIDN é digestível, e no rúmen sua degradação é lenta; já o PIDA é indigestível e está ligado a lignina e demais compostos que não são degradados com facilidade (VAN SOEST, 1994).

Teores elevados para PIDA e PIDN eram esperados, pois a FDN e FDA encontram-se com frações elevadas. Nesse contexto, a qualidade da silagem fica comprometida, tornando-se prejudicial aos microrganismos ruminais que não utilizarão a proteína bruta de maneira adequada (VAN SOEST, 1994).

A FDN tem influência sobre a ingestão dos alimentos pelos ruminantes, pois interfere na capacidade de enchimento ruminal. Portanto, quanto maiores os teores, menor será o consumo do alimento (BONFÁ et al., 2015).

Todos os tratamentos apresentaram altos teores de FDN, porém, segundo Contreras-Govea et al. (2010), essa é uma característica comum para a cultura do sorgo e isso tem influência direta no consumo dos animais. O sorgo avaliado no presente experimento apesar de ser forrageiro, apresenta porte alto e possui grande proporção de caule, o que influenciará de forma negativa a fração fibrosa.

O teor de FDA foi inferior para a silagem de sorgo com adição de açúcar mascavo (454,72 g kg<sup>-1</sup> MS), apresentando diferenças somente para a silagem de sorgo testemunha (484,78 g kg<sup>-1</sup> MS), porém, da mesma forma está com teor elevado. Teores elevados de FDA indicam a presença de lignina, componente que não é aproveitado pelo animal afetando a digestibilidade da MS, portanto, são desejáveis baixos teores. Essa elevação nos teores fibrosos pode ter ocorrido devido a estresses sofridos pela planta, como a falta de chuva no período inicial de estabelecimento da cultura ou devido ao ataque de pragas (*Spodoptera frugiperda*) que foi observado no mesmo período.

Os resultados obtidos no presente estudo foram favoráveis para o tratamento com açúcar mascavo, apresentando menores valores de FDN e FDA em comparação a silagem testemunha. Em vista disso, alguns autores apontam que uma maior disponibilização de açúcares para o processo fermentativo de silagens ricas em grãos nem sempre é positiva.

Há a possibilidade de esses açúcares também favorecerem a produção de álcoois por leveduras, o que representa aumento de perda da matéria seca e da capacidade de putrefação da silagem após a abertura do silo e redução do consumo de silagem pelo animal (BAYTOK et al., 2005).

Em estudo avaliando o uso de açúcar ou inoculante microbiano em silagem de milho, Zanette et al. (2012) não observaram diferença para FDN e FDA.

Em estudos avaliando níveis de permeado de soro de leite com ou sem *Lactobacillus buchneri*, os autores observaram que a inclusão gradativa do permeado reduziu os teores de FDN e FDA da silagem de capim pioneiro. Essa redução foi atribuída ao efeito da diluição e pela falta de carboidratos fibrosos no permeado de soro. Pode ser observado também que a adição do permeado auxiliou na queda dos teores de celulose e lignina (SANTOS, 2014).

Em relação às variáveis de digestibilidade e fração dos carboidratos, pode-se observar (Tabela 3) que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) ( $605,86 \text{ g kg}^{-1}$ ), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) ( $512,38 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ), fração potencialmente degradável (B2) ( $477,91 \text{ g kg}^{-1} \text{ CT}$ ) e fração indigestível da parede celular (C) ( $335,51 \text{ g kg}^{-1} \text{ CT}$ ). Essas duas frações estão diretamente ligadas às porções fibrosas, dessa forma, estão elevadas devido aos teores de FDN e FDA apresentarem valores acima dos ideais.

Pode-se observar uma diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (A + B1). Para CT o tratamento silagem com soro de leite + inoculante microbiano apresentou o menor valor com  $831,09 \text{ g kg}^{-1}$  e não diferiu somente do tratamento silagem com soro de leite + açúcar mascavo + inoculante microbiano ( $841,52 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Em relação à fração A + B1, o tratamento silagem com açúcar mascavo apresentou o maior valor com  $218,17 \text{ g kg}^{-1} \text{ CT}$ , não diferindo somente dos tratamentos silagem com inoculante ( $189,91 \text{ g kg}^{-1} \text{ CT}$ ) e silagem com inoculante microbiano + açúcar mascavo ( $209,03 \text{ g kg}^{-1} \text{ CT}$ ).

Segundo Van Soest (1994), se os componentes da parede celular apresentam teores elevados, podem resultar em uma diminuição do valor nutritivo, conseqüentemente, diminuem a DIVMS e o consumo voluntário. Porém, os valores observados diferem dessa afirmação, pois apesar dos resultados para porção fibrosa estarem elevados, não interferiram na DIVMS.

Nsereko et al. (2008), explicam que a atuação de algumas enzimas produzidas por bactérias ácido lácticas facilitam o aproveitamento da fibra, comprovando que maiores teores de fibra no alimento não significam que ocorra uma menor digestibilidade.

Tabela 3. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A + B1), fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C).

	Tratamentos							Média	EPM	P-valor
	Testemunha	Inoculante	Açúcar	Inoculante +Açúcar	Soro	Soro + Inoculante	Soro + Açúcar + Inoculante			
DIVMS (g kg <sup>-1</sup> )	598,40	626,58	609,09	621,41	581,16	602,61	601,75	605,86	5,6745	0,4387
DIVFDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	476,87	502,51	511,72	542,81	499,91	539,67	513,18	512,38	6,7892	0,1084
CT (g kg <sup>-1</sup> )	852,60A	848,88A	853,90A	852,40A	850,04A	831,09B	841,52AB	847,22	1,8424	0,0009
A + B1 (g kg <sup>-1</sup> CT)	169,62C	189,91ABC	218,17A	209,03AB	176,21BC	162,45C	180,59BC	186,56	4,3934	0,0002
B2 (g kg <sup>-1</sup> CT)	482,22	477,83	451,77	472,53	500,90	499,09	461,08	477,91	5,5897	0,1519
C (g kg <sup>-1</sup> CT)	348,16	332,26	330,06	318,44	322,89	338,46	358,32	335,51	4,7747	0,2918

EPM – erro padrão da média. Médias na linha seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em experimento avaliando dois inoculantes em silagem de milho, Ribas (2018) observou diferença significativa para a digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) da silagem com inoculante microbiano em relação à silagem controle (698,7 contra 629,9 g kg<sup>-1</sup>). A cepa utilizada pelo autor de *L. buchneri* é produtora de enzimas ferulatoesteases, que segundo Lynch et al. (2015) realizam quebra da estrutura fibrosa durante o processo de fermentação da silagem.

Existe correlação entre o uso de *L. buchneri* com alterações na estrutura da fibra e aumento da digestibilidade (TABACCO et al., 2011). O inoculante microbiano utilizado no experimento também possuía cepas de bactéria *L. buchneri*, mas não foi possível observar diferença significativa para DIVMS nos tratamentos em que foi adicionado o inoculante.

Em relação à DIVFDN, pode-se afirmar que a mesma e a hemicelulose estão relacionadas, pois durante a fermentação as bactérias lácticas podem utilizar a hemicelulose como substrato, o que causa a sua degradação. Logo, não sendo possível observar diferenças em relação à hemicelulose, é esperado que não haja diferença para a variável DIVFDN.

Acredita-se que essa redução de CT para o tratamento com soro de leite + inoculante microbiano pode ser explicada pela maior proporção de proteínas e extrato etéreo verificados para essa silagem. Segundo Van Soest (1994), os teores de CT devem estar entre 500 e 800 g kg<sup>-1</sup> MS, conseqüentemente, todas as silagens estão com teores acima dos recomendados.

Em relação ao fracionamento dos carboidratos, a fração A corresponde aos açúcares solúveis sendo de rápida degradação ruminal e a fração B1 representa o amido, pectina e glucanas. Conforme mencionado anteriormente, a silagem de sorgo com açúcar mascavo apresentou maior valor em comparação às outras silagens, isso pode ser explicado pelo fato de o açúcar ser um carboidrato solúvel, agregando o seu valor na silagem.

A inclusão de açúcar na silagem tem o propósito de aumentar o teor de carboidratos solúveis da massa ensilada, possibilitando o aumento da concentração de carboidratos após a fermentação acética para a fermentação láctica e com isso otimizar a produção de ácido láctico (CORRÊA e POTT, 2007).

Segundo Neumann et al. (2007), no período de confecção da silagem, pode haver redução nos teores de carboidratos solúveis (fração A), geradas por perdas durante o processo fermentativo, resultando em uma elevação nos valores de FDA por efeito de

diluição.

No estudo realizado, pode-se observar uma correlação entre os teores de FDA em comparação aos carboidratos solúveis, onde a silagem testemunha apresentou altos teores de FDA (484,78 g kg<sup>-1</sup> MS) e menores valores de carboidratos na fração A + B1 (169,62 g kg<sup>-1</sup> CT), já a silagem com açúcar mascavo apresentou teores inversos, com menor FDA (454,72 g kg<sup>-1</sup> MS) e maior teor na fração A + B1 (218,17 g kg<sup>-1</sup> CT).

### **3.4 Conclusões**

A utilização de açúcar mascavo como aditivo na silagem de sorgo forrageiro BRS 658 contribuiu para melhorar o valor nutricional, elevando os teores de MS, MO, CT e fração A + B1 e diminuindo teores de MM, FDN e FDA.

### 3.5 Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. v. 2, ed. 15, Washington, 1990.
- BAYTOK, E.; AKSU, T.; KARSLI, M.A. et al. The effect of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. **Journal of Veterinary Animal Science**, v.29, p.469-474, 2005.
- BONFÁ, C. S.; CASTRO, G. H. F.; VILLELA, S. D. J. et al. Elephant grass silage added to passion fruit's peel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.3, p.801-808, 2015.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://iapar.br/modules/conteudo/.php?conteudo=677>>. Acesso em: 30/04/2019.
- CONTRERAS-GOVEA, F.; MARSALIS, M.A.; LAURIAULT, L.M. et al. Forage sorghum nutritive value: A review. **Forage Grazinglands**. v.8, n.1, 2010.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de Capim. In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2018. 590p.
- FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V. et al. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2111-2115, 2009.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. 1975. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications) Agriculture Handbook 379**. United States Department of Agriculture. 20p.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.82, p.179-1794, 1999.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2006. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Classificação\\_Climaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificação_Climaticas.htm)>. Acesso em: 15/02/2019.
- LYNCH, J. P.; BAAH, J.; BEAUCHEMIN, D. K. A. Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase producing inoculant. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.1214–1224, 2015.

- MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. et al. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.4, p.624-634, 2013.
- NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L. et al. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vicosa, MG, v.36, n.5, p.1395-1405, 2007.
- NSEREKO, V. L.; SMILEY, B. K.; RUTHERFORD, W. M. et al. Influence of inoculating forage with lactic acid bacterial strains that produce ferulate esterase on ensilage and ruminal degradation of fiber. **Animal Feed Science and Technology**, v.145, n.50 p.122- 135, 2008.
- OLIVEIRA, M. R.; NEUMANN, M.; MENDES, M. C. et al. Resposta econômica na terminação de novilhos confinados com silagens de milho (*zea mays*), em diferentes estádios de maturação, associadas a dois níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p.87-95, 2011.
- PAVIZ, M.M.; GHOORCHI, T.; GHANBARI, F. Effects of molasses and bacterial inoculant on chemical composition and aerobic stability of sorgum silage. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**. p.1-6, 2010.
- PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, F. J. Cheese whey management: a review. **Journal of Environmental Management**, v.110, p.48-68, 2012.
- RIBAS, TÂNIA MARA BECHER. **Efeito da inclusão de inoculante bacteriano na silagem de milho sobre as características quimiofermentativas e desempenho animal**. 2018. 108f. Dissertação (mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.
- SANTOS, T. M. 81f. **Características químicas, fermentativas, estabilidade aeróbia e perdas do capim pioneiro (*Pennisetum purpureum schum.*) ensilado com permeado de soro de leite e *lactobacillus buchneri***. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2015.
- SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J. et al. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim elefante. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.3, p.235-239, 2006.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 235 p.
- SILVA, C. O.; MACHADO JUNIOR, P. C. Efeito da adição de inoculante bacteriano sobre a qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.). **REJET - Revista Científica de Medicina Veterinária**, v.1, n.1, 2014.
- SOUZA, A. R. D. L.; MEDEIROS, S. R.; MORAIS, M. G. et al. Dieta com alto teor de gordura e desempenho de tourinhos de grupo genético diferentes em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.7, p.746-753, 2009.

- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. 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.
- STELLA, L. A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, E. R. et al. Composição Química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.73, n.1, p.73-79, 2016.
- TABACCO, E.; RIGHI, F.; QUARANTELLI, A. et al. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.3, p.1409-1419, 2011.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A. Two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca. 476 pp. 1994.
- 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.
- VERIATO, F. T.; PIRES, D. A. A.; TOLENTINO, D. C.; et al. Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.40, e34458, 2018.
- ZANETTE, P.M.; NEUMANN, M.; FARIA, M.V. et al. Valor nutricional e perdas durante a fermentação de silagens de milho (*Zea mays*) com açúcar ou inoculante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p.178-189, 2012.

#### **4 CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, POPULAÇÃO FÚNGICA, PERDAS E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO BRS 658 COM USO DE DIFERENTES ADITIVOS**

**RESUMO:** Este trabalho buscou avaliar o perfil fermentativo, as perdas, a recuperação de matéria seca, a estabilidade aeróbia e a população de fungos presentes na silagem de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e sete tratamentos, que foram: silagem de sorgo (testemunha); silagem de sorgo + inoculante microbiano 0,2% da matéria natural (MN); silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN; silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN + inoculante microbiano 0,2% MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido á 3% da MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN; silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN + 4% açúcar mascavo MN. O sorgo foi cortado aos 111 dias após a emergência e ensilado em silos de policloreto de vinil. O armazenamento teve duração de 35 dias. Após esse período, os silos foram abertos e submetidos a análises. A inclusão de aditivos na silagem de sorgo não apresentou diferença significativa para população fúngica, produção de ácido láctico, perdas por gases e efluentes. A utilização de inoculante microbiano + açúcar mascavo na silagem de sorgo BRS 658 diminuiu os valores de nitrogênio amoniacal, pH, ácido propiônico e butírico. A inclusão de açúcar mascavo na silagem de sorgo, promoveu aumento nos carboidratos solúveis e maior recuperação de matéria seca. O uso de aditivos na silagem de sorgo forrageiro BRS 658 não influenciou a estabilidade aeróbia das silagens durante os sete dias de exposição ao ar.

**Palavras-chave:** Açúcar mascavo, exposição ao ar, fermentação, inoculante microbiano, soro de leite.

## **FERMENTATIVE CHARACTERISTICS, FUNGAL POPULATION, LOSSES AND AEROBIC STABILITY OF FORAGE SORGHUM SILAGE BRS 658 WITH THE USE OF DIFFERENT ADDITIVES**

**ABSTRACT:** This work sought to evaluate the fermentative profile, losses, dry matter recovery, aerobic stability and the population of fungi present in the forage sorghum silage BRS 658 with different additives. The design was completely randomized (DIC), with four replications and seven treatments, which were: sorghum silage (control); sorghum silage + microbial inoculant 0.2% of natural matter (NM); sorghum silage + 4% brown sugar NM; sorghum silage + 4% brown sugar NM + microbial inoculant 0.2% NM; sorghum silage + liquid whey at 3% of NM; sorghum silage + 3% NM liquid whey + 0.2% NM microbial inoculant; sorghum silage + 3% NM liquid whey + 0.2% NM microbial inoculant + 4% brown sugar NM. Sorghum was cut at 111 days after emergence and ensiled in polyvinyl chloride silos. The storage lasted 35 days, after that period, the silos were opened and submitted to analysis. The inclusion of additives in silage of sorghum has shown no significant difference for the fungal population, production of lactic acid, losses by gases and effluents. The use of microbial inoculant + brown sugar in the sorghum silage BRS 658 decreased the values of ammoniacal nitrogen, pH, propionic and butyric acid. The inclusion of brown sugar in the sorghum silage promoted an increase in soluble carbohydrates and greater recovery of dry matter. The use of additives in forage sorghum silage BRS 658 did not influence the aerobic stability of the silages during the seven days of exposure to air.

**Keywords:** Brown sugar, exposure to air, fermentation, microbial inoculant, whey.

## 4.1 Introdução

O valor nutricional de uma silagem é de suma importância para um melhor consumo dos animais e rendimentos produtivos deles. Porém, não é só a qualidade que deve ser levada em conta quando se busca a eficiência do sistema de conservação de forragem. As perdas ocorridas desde o plantio da forragem até a abertura do silo, são importantes e estão relacionadas a erros de manejo, problemas fermentativos e decréscimos na lucratividade do sistema (ZANETTE et al., 2012).

A base do processo fermentativo é a metabolização de carboidratos solúveis, produção de ácidos acético e láctico, redução do pH, manutenção de anaerobiose e estabilidade microbiológica da forragem. Mesmo apresentando funções na fermentação do silo, esses ácidos orgânicos em excesso promovem deterioração da massa ensilada e interferem de forma negativa na estabilidade aeróbia da silagem (SANTOS et al., 2006).

Em um cenário de perdas durante a fermentação e estabilidade aeróbia, a associação de aditivos na massa ensilada tem sido alvo de estudos. Os objetivos desses aditivos são melhorar a qualidade da fermentação no silo, reduzir perdas nos processos como um todo, elevar a recuperação de nutrientes, aumentar o consumo e desempenho animal (NEUMANN et al., 2017).

Dentre os aditivos comercialmente usados, é possível citar os inoculantes microbianos, que se tornaram comumente utilizados pelos produtores. Possuem como objetivo acelerar o processo fermentativo, reduzir o pH rapidamente e controlar microrganismos indesejáveis (CORRÊA; POTT, 2007).

Outros aditivos menos convencionais são o açúcar mascavo e o soro de leite, que apresentam maiores teores de carboidratos solúveis prontamente disponíveis para o crescimento das bactérias ácido lácticas, fundamentais para o início do processo fermentativo.

A utilização de inoculante microbiano, açúcar mascavo e soro de leite melhoram o perfil fermentativo e a recuperação de matéria seca, diminuindo a população fúngica e as perdas e aumentando a estabilidade aeróbica da silagem de sorgo BRS 658.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a adição de inoculante microbiano, açúcar mascavo e soro de leite em silagem e sorgo forrageiro BRS 658 sobre o perfil fermentativo, a população fúngica, as perdas, a recuperação de matéria seca e a estabilidade aeróbia da silagem.

## 4.2 Material e métodos

### 4.2.1 Localização

O experimento foi realizado na fazenda experimental Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR. Localizada sob as coordenadas geográficas: 24°31'55'' S, 54°01'05'' W e altitude de 396 m. A classificação proposta por Köppen, o clima é Cfa - clima subtropical, sendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. Apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses do verão, contudo sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). A média anual de precipitação pluvial da região varia de 1.600 a 1.800mm, com trimestre mais úmido apresentando totais que variam entre 400 a 500mm (IAPAR, 2006).

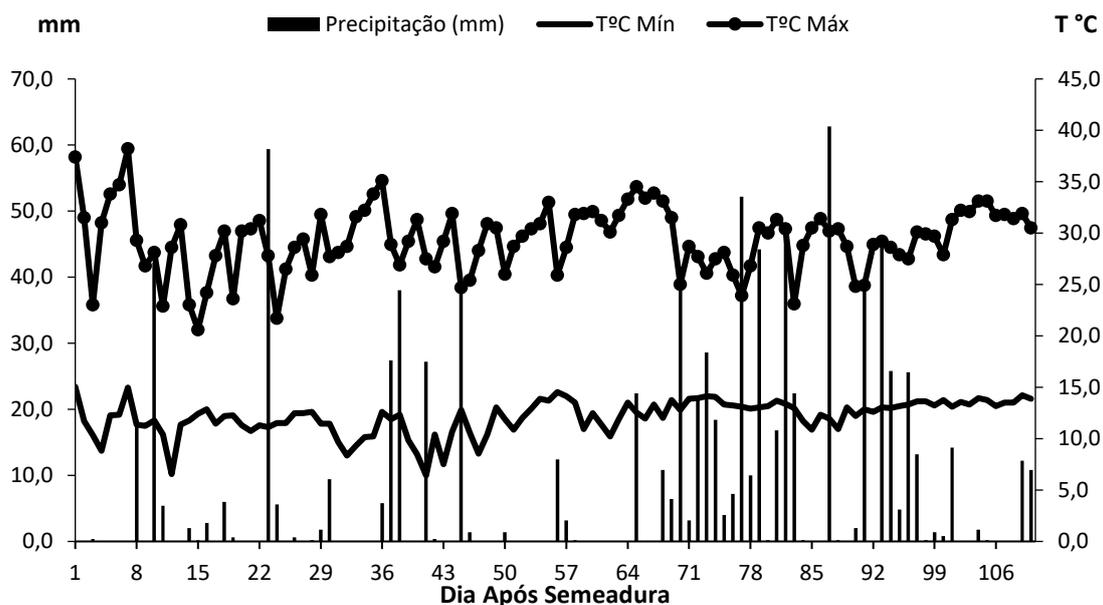


Figura 1. Médias diárias de temperatura máxima (T°C MÁX) e mínima (T°C MÍN) e precipitação pluviométrica para a região durante o período de desenvolvimento do sorgo (DAS). Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UNIOESTE, Marechal C. Rondon – PR, outubro/2017 a janeiro/2018.

### 4.2.2 Área Experimental

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2018), de textura argilosa e apresenta as seguintes características químicas:

pH (CaCl<sup>2</sup>) 5,87, P (Mehlich) 25,47 mg dm<sup>-3</sup>, K (Mehlich) 0,74 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 4,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 3,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup> (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al (pH SMP 7,5) 4,96 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, SB 8,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, CTC 13,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V 62,16 %; matéria orgânica 24,61 g dm<sup>-3</sup>, Cu 6,50 mg dm<sup>-3</sup>, Zn 8,30 mg dm<sup>-3</sup>, Mn 56,00 mg dm<sup>-3</sup> e Fe 24,50 mg dm<sup>-3</sup>.

#### 4.2.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e sete tratamentos, sendo: silagem de sorgo (testemunha), silagem de sorgo + inoculante microbiano 0,2% da matéria natural (MN), silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN, silagem de sorgo + 4% açúcar mascavo MN + inoculante microbiano 0,2% MN, silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% da MN, silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbioano 0,2% MN, silagem de sorgo + soro de leite líquido a 3% MN + inoculante microbiano 0,2% MN + 4% açúcar mascavo MN.

#### 4.2.4 Ensilagem e Armazenamento

A cultivar de sorgo forrageiro BRS 658 (*Sorghum bicolor*) foi semeada com espaçamento de 1,0 m entre linhas e densidade populacional de aproximadamente 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Em relação à adubação, foi utilizada a recomendada pelo fabricante para a cultura, sendo: 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 10-15-15 na semeadura e 200 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura do formulado NPK 10-20-20 aos 35 DAS (dias após a semeadura), sendo que esta foi realizada de forma manual.

A semeadura foi realizada utilizando uma semeadora manual de precisão modelo *Earthway* 1001-B. Como controle preventivo ao ataque de insetos por via aérea, especialmente de *Spodoptera frugiperda* e *Diatrea saccharalis* utilizou-se, aos 21 DAS e aos 40 DAS, inseticida fisiológico sistêmico do grupo químico aciluréia e ingrediente ativo Lufenuron, na dose de 150 mL ha<sup>-1</sup>. O controle manual (capina) foi utilizado para o controle de plantas daninhas, para evitar a competição, que pode desfavorecer o desenvolvimento da cultura.

O corte foi realizado manualmente com o auxílio de facão aos 111 DAS (estágio de grão pastoso – farináceo) a 10 cm do solo, sendo eliminadas as bordaduras da área

experimental. Posteriormente, as plantas foram trituradas (partícula de 1 a 2 cm) utilizando-se forrageira tratorizada marca JF modelo C120.

O material triturado foi homogeneizado manualmente e de acordo com os respectivos tratamentos e armazenados em silos experimentais, confeccionados de canos de policloreto de vinil “PVC”, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, contendo na parte superior uma válvula tipo Bunsen que visa a eliminação dos gases.

Na parte interna inferior do silo, foram colocados cerca de 0,3 kg de areia esterilizada, e acima desta foi colocada uma camada de tecido de algodão para evitar o contato da silagem com a areia, sendo adicionada para escoar possíveis líquidos gerados. A compactação foi realizada com auxílio de bastão de madeira e as tampas foram fechadas com fita adesiva a fim de evitar a entrada de ar no silo.

O armazenamento dos silos foi em temperatura ambiente, sob a proteção da luz solar e da chuva. A média de material ensilado foi de aproximadamente  $\pm 1,8$  kg de forragem com base na matéria natural.

O soro de leite líquido foi utilizado dentro do prazo de validade de 30 horas sendo mantido na temperatura de 8,0 a 10,0°C. Os parâmetros físico-químicos médios do soro foram: pH de 6,0 a 6,7, extrato seco desengordurado % (ESD) entre 45 e 64 g kg<sup>-1</sup>, acidez entre 9,0 e 12,0 (ref. de 64 g kg<sup>-1</sup> de ESD), gordura 6 g kg<sup>-1</sup>, carboidratos solúveis 64,1 g kg<sup>-1</sup>, proteína 22,37 g kg<sup>-1</sup>, lactose 33,50 g kg<sup>-1</sup>. O aditivo foi fornecido pela empresa SOORO® e foram utilizados cerca de 30 mL por kg de forragem, sendo aplicado diretamente sob o material e em seguida houve a homogeneização.

O açúcar mascavo possuía em sua composição cerca de 944 g kg<sup>-1</sup> de carboidratos totais, proteína 7,6 g kg<sup>-1</sup>, cinzas 1,38 g kg<sup>-1</sup>, lipídios 0,9 g kg<sup>-1</sup>. Para esse aditivo, foram utilizados cerca de 40 g kg de forragem sendo aplicado diretamente sob o material e após houve a homogeneização.

Em relação ao inoculante bacteriano (composição: *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactococcus lactis* e *Propionibacterium acidipropionici* nas concentrações de 1.0x10<sup>10</sup> UFC g<sup>-1</sup>) foram seguidas as instruções do fabricante para diluição e inoculação (2 mL a cada kg de forragem) sendo aplicado diretamente sob o material e em seguida houve a homogeneização.

#### 4.2.5 Parâmetros Analisados

Após um período de armazenagem de 35 dias os silos foram abertos, descartando-se uma camada com cerca de 5 cm da porção superior e inferior do silo. O material central foi amostrado e acondicionado em sacos de papel identificados e submetidos às análises.

Para a estabilidade aeróbia foram coletados 300g de amostra *in natura* de cada silo experimental e acondicionadas em bandeja plástica e expostas a temperatura ambiente durante sete dias. Para tal análise, mensurou-se todos os dias, às 08 horas, a temperatura e o pH da silagem, durante os sete dias de exposição. A quebra da estabilidade se caracteriza quando a temperatura da silagem exposta ao oxigênio eleva-se 2°C, quando comparada à temperatura ambiente (DRIEHUIS et al., 2001).

Para a análise do potencial hidrogeniônico (pH) das silagens utilizou-se um peagâmetro digital (TEC-5, TECNAL) e o procedimento foi de acordo com a metodologia descrita por Cherney e Cherney (2003). A temperatura das silagens foi mensurada com auxílio de um termômetro digital tipo espeto, que foi inserido no material exposto ao oxigênio. A temperatura ambiente foi monitorada através de um termômetro digital localizado próximo às bandejas.

Para a quantificação dos fungos presentes no material antes e após o período de fermentação, os extratos diluídos de cada amostra foram inoculados em superfície em Batata Dextrose Ágar (BDA), acidificado com ácido tartárico 10%, onde também foi adicionado o pentabiótico para evitar possíveis microrganismos contaminantes. Após a inoculação, as placas permaneceram incubadas a  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 7 dias (SILVA et al., 2007).

Os microrganismos foram quantificados com o auxílio de um contador de colônias Quebec, sendo quantificadas somente as placas que continham de 30 a 300 colônias, expressos em UFC g<sup>-1</sup>.

Os teores de nitrogênio amoniacal e a capacidade tampão foram determinados de acordo com Bolsen et al. (1992). A determinação dos carboidratos solúveis (CHO's) se deu pela técnica descrita por Dubois et al. (1956), com leitura através de espectrofotômetro e utilizando glucose como padrão.

O material *in natura* foi analisado para quantificação da população de fungos, carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e pH antes da ensilagem/ momento do corte e estão expressos na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica, população fúngica e perfil fermentativo da forragem de sorgo forrageiro BRS 658 no momento do corte.

Composição	Sorgo BRS 658
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> )	265,81
Matéria mineral (g kg <sup>-1</sup> MS)	62,34
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> MS)	937,66
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)	69,40
Extrato etéreo (g kg <sup>-1</sup> MS)	16,69
Fibra em detergente neutro (g kg <sup>-1</sup> MS)	732,30
Fibra em detergente ácido (g kg <sup>-1</sup> MS)	493,22
Lignina (g kg <sup>-1</sup> MS)	207,33
Celulose (g kg <sup>-1</sup> MS)	477,04
Hemicelulose (g kg <sup>-1</sup> MS)	239,08
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (g kg <sup>-1</sup> MS)	552,99
Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro (g kg <sup>-1</sup> MS)	482,54
Carboidratos totais (g kg <sup>-1</sup> MS)	851,57
Fungos total (log UFC g <sup>-1</sup> )	1,03
Carboidratos solúveis (g kg <sup>-1</sup> )	73,60
Nitrogênio amoniacal (g kg <sup>-1</sup> )	4,50
pH	5,70

UFC – unidades formadoras de colônias.

No momento da abertura dos silos, amostras foram coletadas para determinação dos ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico). Para obtenção dos extratos foi utilizada uma prensa hidráulica e após a coleta o material foi mantido congelado para posterior análise por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A coluna utilizada foi Aminex HPX-87H com 300x7,8mm (Bio-Rad) sendo o forno mantido a 50 °C. Como fase móvel foi utilizada uma solução de ácido sulfúrico a 0,005 mol L<sup>-1</sup> com 3% de acetonitrila com fluxo de 0,8 mL por minuto, volume de injeção de 20 µL e comprimento de onda de 210 nm. O tempo para a análise de cada amostra foi de 25 minutos.

As perdas ocasionadas por gases, efluentes e a recuperação de matéria seca foram estimadas por equações propostas por Jobim et al. (2007), conforme descritas a seguir.

As perdas por gases (PG) foram estimadas pela fórmula:  $PG (\% MS) = [(PSf - PSa) / (MFf \times MSf)] \times 100$ , sendo PSf = peso do silo na ensilagem (kg); PSa = peso do

silos na abertura (kg); MFf = massa de forragem na ensilagem (kg); MSf = teor de MS da forragem na ensilagem (%).

As perdas por efluentes (PE) foram estimadas pela fórmula:  $PE \text{ (kg t MV)} = (Pef \times 1000) / MV_i$ , sendo Pef = peso do conjunto (silos + areia + tecido) na abertura (kg) - peso do conjunto na ensilagem (kg);  $MV_i$  = massa de forragem na ensilagem (kg).

A recuperação de matéria seca (RMS) foi estimada pela fórmula:  $RMS \text{ (% MS)} = [(MF_{ab} \times MS_{ab}) / (MF_{fe} \times MS_{fe})] \times 100$ , sendo MF<sub>ab</sub> = massa de forragem na abertura (kg); MS<sub>ab</sub> = teor de MS da forragem na abertura (%); MF<sub>fe</sub> = massa de forragem no fechamento (kg); MS<sub>fe</sub> = teor de MS da forragem no fechamento (%). A massa específica (ME) (kg MV m<sup>-3</sup>) das silagens foi determinada pela relação existente entre a massa ensilada da forragem (kg MV) e o volume dos silos experimentais (m<sup>-3</sup>).

#### 4.2.6 Análise Estatística

Para normalidade, os dados foram avaliados por meio do teste de Shapiro-Wilk e em seguida foi realizado a análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, por meio do programa estatístico PROC GLM do pacote estatístico SAS University Edition de acordo com o seguinte modelo:  $X_{ij} = m + t_i + e_{ij}$ . Em que:  $X_{ij}$  = é o valor observado para a variável resposta; m = média da população;  $t_i$  = efeito fixo do i-ésimo tratamento;  $e_{ij}$  = erro aleatório.

### 4.3 Resultados e Discussão

Em relação às variáveis de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), carboidratos solúveis (CHO), pH e população de fungos, pode-se observar diferença (P<0,05) exceto para população de fungos que apresentou como média 0,78 log UFC g<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Para a variável N-NH<sub>3</sub> o tratamento que apresentou menor valor de N-NH<sub>3</sub>, foi a silagem com inoculante microbiano + açúcar mascavo (11,22 g kg<sup>-1</sup> NT), porém a mesma apresentou diferença (P<0,05) somente para os tratamentos testemunha com 16,17 g kg<sup>-1</sup> NT e silagem de sorgo com soro de leite + inoculante microbiano com 14,60 g kg<sup>-1</sup> NT.

Os resultados obtidos para os carboidratos solúveis foram significativos e variaram de acordo com os tratamentos. A silagem com açúcar mascavo apresentou o maior valor com 22,98 g kg<sup>-1</sup> MS diferindo de todos os outros tratamentos.

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) para o pH das silagens. A silagem testemunha apresentou o maior valor de pH com 3,74 diferindo somente da silagem com inoculante microbiano (3,66) e silagem com inoculante microbiano + açúcar mascavo (3,66).

A formação de  $N-NH_3$  nas silagens está ligada à presença de fermentações indesejadas realizadas por microrganismos proteolíticos. Em estudos avaliando níveis de permeado de soro de leite em silagem de capim pioneiro, Dos Santos (2014) observou maiores teores de nitrogênio amoniacal na silagem testemunha e no momento de abertura do silo, em comparação às silagens com permeado de soro e com maiores períodos de aeração.

Avaliando efeito de melão e inoculante bacteriano em silagem de sorgo, Paviz, Ghoorchi e Ghanbari (2010) observaram maiores teores de amônia nas silagens tratadas com melão. Os resultados demonstram que a proteólise pode ser aumentada usando melão, pois ele possui alta concentração de carboidrato solúvel que pode estimular o processo de heterofermentação na silagem, mas não pode inibir a proteólise. Bactérias do gênero *Clostridium sp.* podem crescer em silagem que contém carboidratos altamente solúveis e acabam degradando proteínas em amônia (LEHMEN, 2013).

Os resultados obtidos para  $N-NH_3$  demonstram que os aditivos utilizados e a junção dos mesmos, foram eficientes na silagem de sorgo, principalmente para as silagens com açúcar mascavo. Acredita-se que os aditivos tenham contribuído para a diminuição rápida do pH e pela ação das bactérias benéficas no período de fermentação, visto que a silagem testemunha apresentou elevado valor de  $N-NH_3$ , em comparação aos demais tratamentos.

De acordo com Van Soest (1994) teores abaixo de  $100 \text{ g kg}^{-1}$  de  $N-NH_3$  são indicadores de que o material foi preservado, havendo baixa degradação das proteínas, resultando em uma silagem de boa qualidade. Nesse contexto, todos os tratamentos estão abaixo do limite estipulado, indicando que o processo de confecção, vedação e fermentação ocorreram dentro do esperado, interferindo positivamente no produto final.

Para a variável carboidratos solúveis, a silagem com açúcar mascavo apresentou o maior teor, esse resultado pode ser justificado pelo fato de que o açúcar mascavo é uma fonte de carboidratos, contribuindo para maiores teores nessa silagem. A inclusão de açúcar na silagem tem como objetivo elevar os teores de carboidratos solúveis da

Tabela 2. Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), carboidratos solúveis (CHO), pH e população fúngica em silagens de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.

	Tratamentos							Média	EPM	P-valor
	Testemunha	Inoculante	Açúcar	Inoculante + Açúcar	Soro	Soro + Inoculante	Soro + Açúcar + Inoculante			
N-NH <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> NT)	16,17 <sup>a</sup>	13,00BC	12,15BC	11,22C	12,97BC	14,60AB	13,62BC	13,39	0,3426	<0,0001
CHO (g kg <sup>-1</sup> MS)	10,42D	18,52B	22,98A	18,85B	17,79B	10,98CD	14,86BC	16,10	0,8505	<0,0001
pH	3,74 <sup>a</sup>	3,66B	3,68AB	3,66B	3,67AB	3,73AB	3,71AB	3,69	0,0078	0,0039
Fungos (log UFC g <sup>-1</sup> )	0,79	0,74	0,92	0,68	0,75	0,73	0,83	0,78	0,0343	0,7003

NT - Nitrogênio total. EPM – erro padrão da média. Médias na linha seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 3. Produção de ácidos orgânicos (g kg<sup>-1</sup>) em silagens de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.

	Tratamentos							Média	EPM	P-valor
	Testemunha	Inoculante	Açúcar	Inoculante + Açúcar	Soro	Soro + Inoculante	Soro + Açúcar + Inoculante			
Butírico	0,25C	0,93C	0,45C	0,14C	ND	2,45B	6,81 <sup>a</sup>	1,83	0,4998	<0,0001
Propiônico	ND	10,78 <sup>a</sup>	9,19A	2,71B	2,99B	3,08B	2,08B	5,14	0,7753	<0,0001
Acético	3,48A	3,06 <sup>a</sup>	3,55A	2,66B	1,78C	1,60C	3,05 <sup>a</sup>	2,74	0,2001	0,0211
Lático	30,30	30,75	29,05	24,54	22,07	27,10	27,80	27,38	1,2127	0,4574

ND – não detectado; EPM – erro padrão da média. Médias na linha seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

forragem a ser ensilada, com esse efeito pode ocorrer o aumento da concentração de carboidratos após a fermentação acética (CORRÊA; POTT, 2007).

O pH das silagens apresentou valor médio de 3,69, conforme McDonald et al. (1991) os valores de pH devem estar entre 3,8 a 4,2 o que promove a conservação do material e evita a proliferação dos microrganismos indesejáveis.

Os valores verificados para todas as silagens estão abaixo da faixa adequada, o que indica que houve um rápido desenvolvimento das bactérias lácticas e consequente rápida queda de pH. A diminuição do pH está diretamente relacionada com a atividade das bactérias lácticas. Logo, os demais microrganismos indesejáveis (enterobactérias, fungos e leveduras) são inibidos, diminuindo as perdas na qualidade da silagem.

Estudos avaliando a inclusão de açúcar ou inoculante em silagem de milho não mostraram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para o pH das silagens entre os tratamentos, apresentando valores médios de 3,94 (ZANETTE et al., 2012). Avaliando inclusão de melão ou inoculante em silagem de sorgo, Paviz, Ghoorchi e Ghanbari. (2010), observaram maior valor de pH para a silagem com inoculante (4,66), porém, para todas as silagens o pH foi semelhante ou inferior a 4, com valor médio de 4,39.

Em relação à população fúngica das silagens, é possível observar o baixo crescimento desses microrganismos em todos os tratamentos. Como a presença dos fungos ocorre principalmente pela ação do oxigênio, acredita-se que a forragem foi bem processada e compactada no momento da ensilagem, evitando a proliferação maciça dos mesmos (MACÊDO, 2017). A presença de fungos pode causar descoloração e mudanças na textura da forragem, isso reflete na diminuição da qualidade, palatabilidade e do consumo dos animais (TANGNI et al., 2013).

Em relação à produção de ácidos orgânicos nas silagens avaliadas (Tabela 3), pode-se observar diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para todos os ácidos, exceto para o ácido láctico que apresentou valor médio de 27,38 g kg<sup>-1</sup>.

A produção de ácido butírico foi superior para a silagem de sorgo com soro de leite + açúcar mascavo + inoculante microbiano com 6,81 g kg<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O tratamento silagem com soro de leite + inoculante microbiano também diferiu das demais silagens apresentando 2,45 g kg<sup>-1</sup>. As demais silagens apresentaram valores baixos de ácido butírico. Na silagem de sorgo com soro de leite não foi possível detectar a presença do ácido butírico.

Para o ácido propiônico, a silagem com inoculante microbiano (10,78 g kg<sup>-1</sup>) e com açúcar mascavo (9,19 g kg<sup>-1</sup>), apresentaram os maiores valores, diferindo das demais

silagens. Os demais tratamentos apresentaram os menores teores de ácido propiônico, exceto para a silagem testemunha, onde não foi possível a detecção desse ácido sendo expressa como ND (não detectado).

As silagens com soro de leite e com soro de leite + inoculante microbiano apresentaram os menores valores de ácido acético com  $1,78 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,60 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

A determinação dos ácidos orgânicos produzidos durante o processo de fermentação demonstra como se deu a atividade microbiana, quais os grupos que se desenvolveram e diz muito sobre a qualidade final do processo (PILCH, 2013).

Diversos ácidos podem ser produzidos, dentre eles o ácido butírico, propiônico, acético e láctico. O de maior importância é o ácido láctico, que é produzido pelas bactérias lácticas sendo elas homo ou heterofermentativas e sua importância se deve ao fato de ser o principal ácido que age na conservação do material ensilado (MACÊDO et al., 2018).

Em relação à produção de ácido butírico, sua presença indica que houve intensa degradação de proteínas, causada por bactérias do gênero *Clostridium* (MORAES et al., 2011).

Para silagens bem preservadas, espera-se concentrações baixas ou nulas de ácido butírico, pois a sua formação se dá por fermentações secundárias, indesejáveis. A presença de ácido butírico está relacionada a grandes perdas de matéria seca (MS) e energia pela ação de bactérias do gênero *Clostridium* (IBRAHIM, 2007).

Segundo Roth e Undersender (1995), o teor máximo de ácido butírico para silagens é de  $1 \text{ g kg}^{-1}$ , portanto, somente as silagens com soro de leite + inoculante microbiano e a silagem com soro de leite + açúcar mascavo + inoculante microbiano, ultrapassam o limite estabelecido.

Esse fato pode ocorrer pelo alto teor de umidade devido aos aditivos utilizados serem líquidos (soro de leite e inoculante microbiano). Além disso, o soro de leite apresenta em sua composição lactose, proteínas solúveis e sais, necessitando de alta demanda biológica de oxigênio, o que facilita a proliferação das bactérias do gênero *Clostridium* (SANTOS et al., 2006).

Baixos teores de ácido propiônico são esperados em silagem de boa qualidade e bem preservadas, pois o mesmo é obtido a partir de fermentações secundárias por bactérias propiônicas e por bactérias do gênero *Clostridium*. Não contribui para a queda do pH, porém tem ação na manutenção da estabilidade aeróbia, devido à sua ação

antimicótica que pode reduzir a atividade de microrganismos indesejáveis também no pós abertura do silo (MUCK, 2010).

Há uma correlação entre o aumento do ácido propiônico com a redução do ácido láctico, visto que as bactérias produtoras de ácido propiônico utilizam o ácido láctico para produção do propionato, acetato e dióxido de carbono (ZANETTE et al., 2012). Porém, essa correlação não foi possível observar no presente estudo visto que os maiores valores de ácido láctico e ácido propiônico foram nos mesmos tratamentos.

Segundo Roth e Undersender (1995), o teor máximo aceitável de ácido propiônico para silagem é de  $5 \text{ g kg}^{-1}$ , portanto, somente duas silagens estão fora da faixa ideal (silagem de sorgo com inoculante microbiano  $10,78 \text{ g kg}^{-1}$  e silagem de sorgo com açúcar mascavo  $7,83 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Ao contrário do que se esperava para esses aditivos, foram verificados valores elevados para o propionato. Acredita-se que pode ter ocorrido crescimento de bactérias indesejáveis e fermentações secundárias suficientes para elevar o valor do ácido, porém não o suficiente para deteriorar e afetar a qualidade da silagem.

Em relação ao ácido acético, considera-se que possa ter relação com o pH da silagem, visto que seu aumento pode restringir a fermentação láctica e aumentar o valor do pH. Teores elevados de ácido acético também indicam ação prolongada de enterobactérias e bactérias heterofermentativas, podendo aumentar as perdas de matéria seca e levar à rejeição por parte dos animais (IBRAHIM, 2007).

Segundo Roth e Undersender (1995), o ideal é que o ácido acético nas silagens seja inferior a  $20 \text{ g kg}^{-1}$  o que as classifica como de boa qualidade. Todas as silagens apresentaram resultados dentro do parâmetro estabelecido.

Há algumas correlações entre os níveis de lactato e de acetato, podendo significar que a presença de ácido acético nas silagens seja resultado de fermentações lácticas e não de fermentações secundárias (ARAÚJO 2002). Fato que pôde ser corroborado no presente experimento, pois os tratamentos com maiores valores de ácido láctico também apresentaram altos valores de ácido acético.

O ácido láctico é o principal responsável por regular a acidez da forrageira no interior do silo, também é considerado o ácido orgânico que faz com o que o pH reduza de forma rápida e chegue a níveis entre 3,8 e 4,2, que é a faixa considerada ideal para a silagem (MACÊDO et al., 2018).

Tabela 4. Perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), recuperação da matéria seca (RMS) e massa específica (ME) de silagens de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.

	Tratamentos							Média	EPM	P-valor
	Testemunha	Inoculante	Açúcar	Inoculante + Açúcar	Soro	Soro + Inoculante	Soro + Açúcar + Inoculante			
PG (g kg <sup>-1</sup> MS)	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,0026	0,0529
PE (kg ton <sup>-1</sup> MV)	34,92	37,20	34,93	37,62	38,84	40,37	38,57	37,49	0,6343	0,1779
RMS (g kg <sup>-1</sup> MS)	94,64AB	92,75ABC	97,06 <sup>a</sup>	91,80BC	89,52CD	85,04DE	84,16E	90,71	0,9269	<0,0001
ME (kg MS m <sup>-3</sup> )	596,71AB	547,84B	580,01AB	583,01AB	586,28AB	601,09AB	607,28A	583,47	5,0933	0,0364

EPM – erro padrão da média. Médias na linha seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Os valores de ácido láctico apresentaram-se baixos, em comparação ao esperado ( $> 50 \text{ g kg}^{-1}$ ). Porém, apesar disso, a redução e manutenção do pH na fermentação e pós abertura ocorreu de forma eficiente. O que sugere que a concentração desse ácido foi adequada para fermentação das silagens nos silos experimentais.

Em relação aos resultados obtidos para as variáveis de perdas das silagens, não foi possível observar diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, para perdas por gases e por efluentes, apresentando valores médios de  $0,03 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$  e  $37,49 \text{ kg ton}^{-1} \text{ MV}$ , respectivamente (Tabela 4).

Para a variável recuperação de matéria seca (RMS), pode-se observar que a maior recuperação se deu nas silagens com açúcar mascavo ( $97,06 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ), silagem testemunha ( $94,64 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e silagem com inoculante microbiano ( $92,75 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ).

A variável massa específica (ME) também apresentou diferença estatística ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos. A silagem de sorgo com soro de leite + açúcar mascavo + inoculante microbiano apresentou o maior valor de ME com  $607,28 \text{ kg MS m}^3$ , diferindo somente da silagem com inoculante microbiano ( $547,84 \text{ kg MS m}^3$ ) que apresentou o menor valor para essa variável. Os demais tratamentos não diferiram entre si ( $P>0,05$ ).

As perdas por gases (PG) são associadas ao tipo de fermentação que ocorreu dentro do silo, se as bactérias são homoláticas, elas utilizam a glicose como substrato e produzem ácido láctico. Caso contrário, se a fermentação for por bactérias heterofermentativas (clostrídios e enterobactérias), ocorre a produção de  $\text{CO}_2$ , o que facilita a ocorrência de perdas ocasionadas por gases (McDONALD et al., 1991).

As PG estimadas no presente estudo não apresentaram diferenças ( $P>0,05$ ), demonstrando resultados extremamente baixos (variação de  $0,02$  a  $0,05 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ), portanto, não causando maiores prejuízos.

Avaliando níveis de soro de queijo em silagem de capim elefante, Santos et al. (2006), observaram que, com a adição do soro, as perdas por gases foram reduzidas em comparação à silagem testemunha. A redução foi atribuída à fermentação láctica que reduziu as fermentações secundárias. Porém, no experimento realizado, não foi possível observar essa diferença positiva para PG nos tratamentos com soro de leite.

No estudo de Santos et al. (2006), foi possível observar essa relação da umidade do aditivo com a maior PE na silagem. Os autores adicionaram soro de queijo em silagem de capim elefante e observaram um aumento nas PE de  $12,45 \text{ kg/ton}$  em relação à silagem testemunha.

Santos (2014) adicionando permeado de soro de leite e/ou inoculante em silagem de capim pioneiro observou aumento nas PE com o aumento do nível de permeado na silagem. Nesse caso, a produção de efluentes pode estar ligada ao aumento dos níveis de carboidratos solúveis e aumento da umidade. O que pode possibilitar a multiplicação de grupos bacterianos, que em suas rotas metabólicas, aumentam as perdas de MS na forma de gás e de efluentes.

No experimento com adição de soro de queijo em silagem de capim elefante, a variável recuperação de matéria seca (RMS) não sofreu alteração pela inclusão do aditivo, apresentando valor médio de 898,8 g kg<sup>-1</sup> (SANTOS et al., 2006). Santos (2014), observou comportamento quadrático para RMS com ponto de máxima recuperação na silagem testemunha e mínima recuperação no tratamento com 10% de permeado de soro de leite. O mesmo foi observado no estudo realizado, visto que os menores valores de RMS se deram nos tratamentos com soro de leite.

Em relação à massa específica (ME) quanto maior seu valor, menores as concentrações de oxigênio no início do processo fermentativo, durante e após a abertura do silo diminuindo a entrada de oxigênio. Nesse contexto, a ME está diretamente ligada à eficiência de compactação da forragem no momento da ensilagem (KRÜGER, 2012).

Em experimento avaliando inoculantes microbianos com diferentes cepas de bactérias em silagem de milho, Zanette et al. (2012) não observaram diferença para inclusão ou não do inoculante em relação à ME da silagem.

No presente estudo, o tratamento com inoculante apresentou menor valor de ME, demonstrando que esse aditivo não foi tão eficiente para interferir na ME da silagem em comparação aos outros aditivos, visto que a compactação foi semelhante em todos os tratamentos.

Em relação à estabilidade aeróbia das silagens, pode-se observar que durante os sete dias de avaliação, nenhum tratamento perdeu a estabilidade, apresentando-se estável durante esse período (Figura 1). Houve aumento da temperatura do material no segundo dia de exposição ao ar, possivelmente em decorrência da proliferação de microrganismos deterioradores, porém, não ultrapassando 2°C acima da temperatura ambiente.

Um fator que pode ser determinante para a estabilidade do material ter sido mantida é a produção dos ácidos, que em quantidades adequadas colaboraram para que não houvesse proliferação de fungos e leveduras. O ácido acético possui propriedades que inibem fungos filamentosos e leveduras, podendo ser usado para melhorar a estabilidade

aeróbia das silagens que apresentam altas concentrações de ácido láctico e carboidratos solúveis residuais (McDONALD et al., 1991).

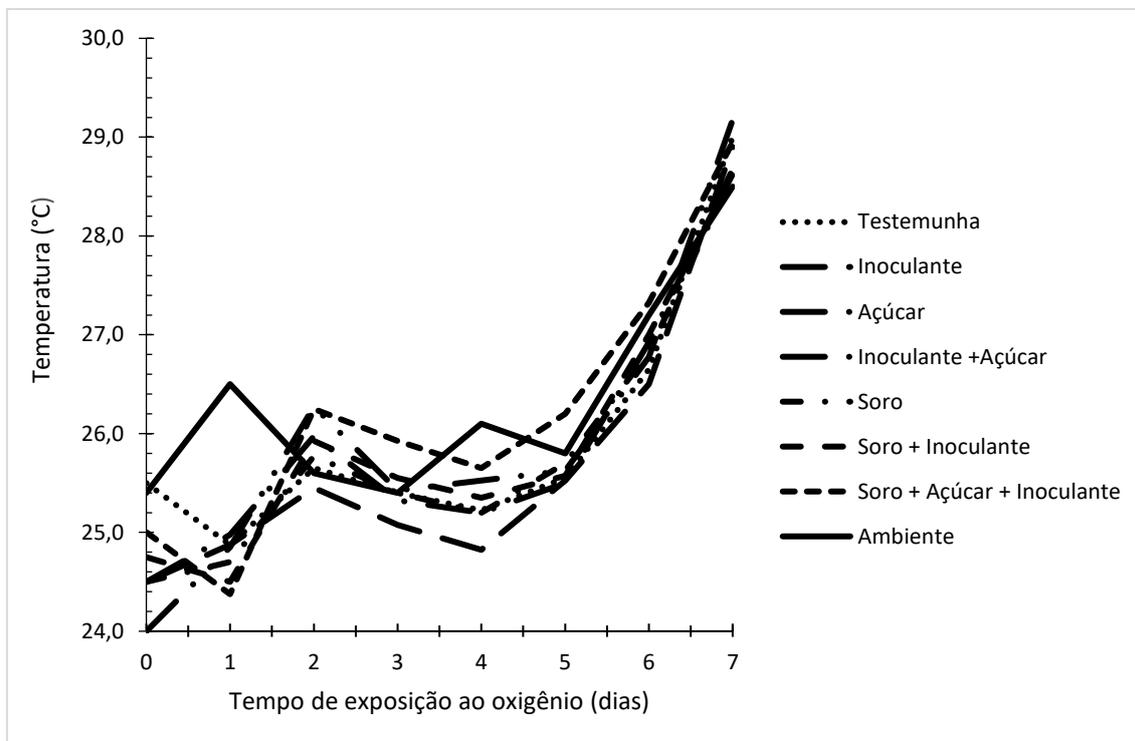


Figura 1. Variação da temperatura durante os dias de exposição aeróbia da silagem de sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes aditivos.

O ácido propiônico, por sua vez, possui potencial antifúngico que resulta em maior estabilidade aeróbia da silagem na fase inicial e final da ensilagem (MUCK, 2010). Todas as silagens apresentaram estabilidade aeróbia de pelo menos 7 dias, o que significa que com os aditivos ou na forma de silagem *in natura* o material é viável para o consumo animal durante esse período de exposição ao ar.

Avaliando adição de permeado de soro de leite e ou inoculante em silagem de capim pioneiro, Dos Santos (2014), observou quebra da estabilidade aeróbia durante os 15 dias de avaliação para todos os tratamentos. As silagens que não receberam o inoculante microbiano perderam a estabilidade de forma precoce em comparação às silagens com adição de inoculante.

Nesse contexto, a adição de inoculantes contendo bactérias produtoras de ácido láctico no momento da ensilagem pode melhorar o processo fermentativo e a estabilidade aeróbia das silagens através da inibição da multiplicação de fungos e leveduras.

Em estudos utilizando inoculante com *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* em silagem de trigo, Oliveira et al. (2018) ao avaliar a estabilidade aeróbia, observaram menor estabilidade para a silagem de trigo inoculada.

#### **4.4 Conclusões**

A utilização de inoculante microbiano + açúcar mascavo na silagem de sorgo BRS 658 diminuiu os valores de N-NH<sub>3</sub>, pH, ácido propiônico e butírico. A inclusão de açúcar mascavo na silagem de sorgo promoveu maiores teores de carboidratos solúveis e maior recuperação de matéria seca.

O uso de aditivos na silagem de sorgo forrageiro BRS 658 não influenciou nas perdas por gases e efluentes e na estabilidade aeróbia das silagens durante os sete dias de exposição ao ar.

#### 4.5 Referências

- ARAÚJO, V. L. **Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem**. 47f. 2002. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H. et al. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://iapar.br/modules/conteudo/.php?conteudo=677>>. Acesso em: 30/04/2019.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R.; HARRISON, J. (Eds.) **Silage Science and Technology**. Madison, WI: American Society of Agronomy Inc., 2003. p.141-198.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de Capim. **In: congresso de forragicultura e pastagens**, 2., 2007, Lavras. Anais... Lavras, 2007.
- DOS SANTOS, T. M. 81f. **Características químicas, fermentativas, estabilidade aeróbia e perdas do capim pioneiro (*Pennisetum purpureum schum.*) ensilado com permeado de soro de leite e *Lactobacillus buchneri***. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2014.
- DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, p.350-356, 1956. Available from: <http://doi.org/10.1021/ac60111a017>. Accessed: Dec. 20, 2019. Doi: 10.1021/ac60111a017.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculant with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v.56, n.4, p.330-343, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2018. 590p.
- FENNER, H. Methods for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, p.249-251, 1965. Available from: <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88206-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88206-6)>. Accessed: Jan 10, 2020. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(65)88206-6.
- FREITAS, P. M. D.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M. et al. Qualitative parameters of pearl millet silage ammoniated with urea, at different compaction densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p.679-689, 2017.

- IBRAHIM, G.H.F. **Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (Sorghum bicolor L. (Moench))**. 41f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2006. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Classificação\\_Climaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificação_Climaticas.htm)>. Acesso em: 15/02/2019.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, p.101-119, 2007.
- KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. **In: the international silage conference**, 13, 2002, Auchincruive. Proceedings... Auchincruive: [s.n.], 2002. p.344-358.
- KRÜGER, ANA MARIA. **Massa específica e suas implicações na conservação e no valor nutricional em silagens de milho**. 2012. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.
- LEHMEN, ROSILENE INÊS. **Silagens de cereais de inverno: variabilidade inter e intraespecífica quanto ao rendimento e valor nutritivo**. 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.
- MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 35, n. 2, p. 121-129, 2018.
- MÂCEDO, ALBERTO JEFFERSON DA SILVA. **Silagem da forma de ração da palma forrageira e capim-buffel**. 2017. 58f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação de Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.
- MORAES, J. E.; DUARTE, K. M. R.; PAULINO, V. T. Cromatografia gasosa na determinação de ácidos graxos voláteis de materiais ensilados. **PUBVET**, v.5, n.29, Ed.176, Art.1186, 2011.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.; HERON, S. J. E. 1991. **The biochemistry of the silage**. 2nd. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 340p.
- NEUMANN M.; LEÃO G. F. M.; ASKEL E. J. et al. Sealing type effect on corn silage quality in bunker silos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 5, 1-6, May., 2017.
- OLIVEIRA, M.R.; BUENO, A.V.I.; LEÃO, G.F.M. et al. Nutritional composition and aerobic stability of wheat and corn silages stored under different environmental conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.1, p.253- 260, 2018.

- PAVIZ, M.M.; GHOORCHI, T.; GHANBARI, F. Effects of molasses and bacterial inoculant on chemical composition and aerobic stability of shorgum silage. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**. p.1-6, 2010.
- PILCH, M. R.; SCHMIDT, P. 2013. Metodologias de avaliação do pH de silagens. UFPR, Curitiba. Centro de pesquisa em forragicultura. Disponível em: <<http://www.ensilagem.com.br>>. Acesso em: 11 abri. 2020.
- ROTH, G.; UNDERSENDER, D. Silage additives. In: ALLEN, M.; ROTH, G.; UNDERSANDER, D. (Eds). Corn silage production, management, and feeding. Madison. **WI: American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Scien Society of America Inc.**, 1995. p. 27-29.
- SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J.; DE OLIVEIRA, J. S.; PEREIRA, O. G.; ALMEIDA, J. C. D. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim elefante. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.3, p.235-239, 2006.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela; 2007. 536p.
- TANGNI, E. K.; PUSSEMIER, L.; VAN HOVE, F. Mycotoxin Contaminating Maize and Grass Silages for Dairy Cattle Feeding: Current State and Challenges. **Journal of Animal Science Advances**, v.3, n.10, p.492-511, 2013.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca. 476 pp. 1994.
- VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídeos em rações para ruminantes**. 1980. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- ZANETTE, P.M.; NEUMANN, M.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; MARAFON, F.; DURMAN, T. Valor nutricional e perdas durante a fermentação de silagens de milho (*Zea mays*) com açúcar ou inoculante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p.178-189, 2012.