

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

SAMANTA IARA NARDES

**PRODUÇÃO DE SILAGENS DE MILHO E SORGO, POR DIFERENTES PERÍODOS
DE ARMAZENAMENTO, COM USO DE INOCULANTE COMPOSTO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Uruguaiana

2019

SAMANTA IARA NARDES

**PRODUÇÃO DE SILAGENS DE MILHO E SORGO, POR DIFERENTES PERÍODOS
ARMAZENAMENTO, COM USO DE INOCULANTE COMPOSTO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen
Castagnara

Uruguaiana

2019

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

N223p Nardes, Samanta Iara
PRODUÇÃO DE SILAGENS DE MILHO E SORGO, POR DIFERENTES
PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO, COM USO DE INOCULANTE COMPOSTO /
Samanta Iara Nardes.
71 p.
Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL, 2019.
"Orientação: Deise Dalazen Castagnara".
1. Silagem. 2. Inoculante composto. 3. Armazenamento. I.
Título.

SAMANTA IARA NARDES

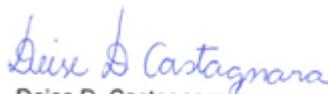
**PRODUÇÃO DE SILAGENS DE MILHO E SORGO, POR DIFERENTES PERÍODOS
DE ARMAZENAMENTO, COM USO DE INOCULANTE COMPOSTO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Produção animal

Dissertação defendida em 29 de março de 2019.

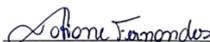
Banca Examinadora:


Deise D. Castagnara
SIAPE 2033027
UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara
Orientadora
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Prof. Dr. Rodrigo Holz Krolow
Universidade Federal do Pampa

Prof.^a Dr.^a Vanessa Fernandes Araújo
Universidade Federal de Pelotas



Prof.^a Dr.^a Tatiane Fernandes
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul



Prof.^a Dr.^a Luciane Rumpel Segabinazzi
Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

Dedico este trabalho aos meus pais Osório A. Nardes e Márcia V. Nardes, que foram fundamentais através de seu incentivo e apoio durante todo este processo.

AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus, pela vida, pela saúde e pela capacidade de aprender com tudo aquilo que a vida colocou em meu caminho. Sou grata a Ele por tudo que fiz, tudo que tenho e a tudo que sou.

A meus pais, Osório e Marcia, que foram a base de tudo! Mesmo nos momentos difíceis, sempre estiveram presentes, a disposição para apoiar, ouvir e orientar. E a toda minha família pelo incentivo.

Aos meus amigos e amigas, pela troca de ideias, ajuda e apoio em todos os momentos.

Agradeço a toda equipe GEPEBOL da UNIPAMPA, em especial ao grupo do Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura, por todo empenho tanto no trabalho de campo como nos inúmeros dias de análises dentro do laboratório. Com vocês esse projeto pode concretizar-se.

Em especial a minha orientadora, Profa. Dra. Deise Castagnara pela oportunidade e confiança depositada para desenvolvimento do projeto de pesquisa. Tu és uma grande mulher, um grande exemplo de dedicação a ser seguido.

A empresa Atlântica Sementes que foi apoiadora em todas as etapas do projeto.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e aos professores do programa, obrigada por compartilharem seus ensinamentos e pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional. À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro aos estudos.

A todos que de uma forma ou outra contribuíram para que esse sonho se torna-se realidade, meu MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Devido à intensificação do setor pecuário, aumentou-se a necessidade de oferta de alimentos. Essa busca por alimentos ocorre principalmente em períodos como o inverno, onde há baixa oferta de forragem ou em verões com escassez de chuva. Durante esses períodos buscam-se alternativas como a produção de alimentos conservados para suprir a demanda. A silagem é uma das formas mais difundidas conservação de alimentos nos sistemas de produção e tem como objetivo manter as características nutricionais das forragens ensiladas fornecendo alimento de qualidade aos animais. A cultura do milho é tida como referência para produção de silagem devido seu alto valor nutricional e características que fornecem a fermentação. Porém outras culturas como a do sorgo encontram-se em destaque por apresentar características que se assemelham ao milho. Existe grande especulação em torno da utilização de aditivos contribuintes a fermentação das silagens produzidas. Os aditivos de maior utilização são complexos de inoculantes compostos. A utilização desse produto tem a finalidade de melhorar a conservação e manter valores nutritivos do material ensilado. Dessa forma, objetivou-se com este projeto, mensurar a produtividade e nutricional de milho e sorgo para silagem, no período da safrinha, sob as condições edafoclimáticas da Fronteira Oeste, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, bem como, mensurar as alterações qualitativas dessas culturas sob longos períodos de armazenamento com ou sem o uso de inoculantes compostos. De acordo com os resultados obtidos, todos os cultivar de sorgo tem potencial para serem ensilados. Longos períodos de armazenamento não interferiram na qualidade das silagem, porém a exposição aeróbia deteriorou as nutricionalmente as silagens não inoculadas. A inoculação de silagens de milho e sorgo teve efeito positivo quanto a qualidade fermentativa das silagens em relação a manutenção de um pH e N-NH₃ baixos, alterando nutricionalmente as silagens obtidas.

Palavras-chave: Inoculante Composto. Qualidade. Silagem. Tempo de Armazenamento.

ABSTRACT

Due to the intensification of the livestock sector, the need for food supply has been increased. This search for food occurs mainly in periods such as winter, where there is low supply of forage or in summers with a rainfall shortage. During these periods alternatives are sought, like the production of preserved foods to supply the demand. Silage is one of the most widespread forms of food preservation in production systems and aims to maintain the nutritional characteristics of ensiled fodder by providing quality food to animals. Corn cultivation is considered a reference for silage production due to its high nutritional value and characteristics that favor fermentation. However, other crops such as sorghum is a featured product due to characteristics that resemble corn. There is great speculation surrounding the utilization of contributing additives to fermentation of silages produced. The most widely used additives are complexes of compound inoculants. The use of this product has the purpose to improve conservation and maintain nutrient values of the ensiled material. Thus, the aim of this project is to measure productivity and nutritional potential of maize and sorghum materials for silage under soil and climatic conditions of the western frontier, Uruguayana of Rio Grande do Sul, as well as to measure the qualitative changes of these crops under long periods of storage with or without the use of compound inoculants. According to the results obtained, all sorghum cultivars have the potential to be ensiled. Long storage periods did not interfere with silage quality, but aerobic exposure has nutritionally deteriorated the silages not inoculated. The inoculation of corn silages and sorghum had a positive effect on the fermentative quality of the silages in relation to the maintenance of low pH and N-NH₃, nutritionally altering the silages obtained.

Keywords: Compound Inoculant. Quality. Silage. Storage time.

LISTA DE ABREVIATURAS

% - porcentagem

°C - grau Celsius

cm - centímetro

g - grama

g kg⁻¹ - grama por quilograma

ha - hectare

kg - quilograma

kg/m³ - quilogramas por metro cúbico

mm - milímetro

O₂ - oxigênio

pH - potencial hidrogeniônico

BAL - bactérias ácido lácticas

LISTA DE SIGLAS

ANOVA - Análise de Variância

CHOT - Carboidratos Totais

CMSPV – Consumo de Matéria Seca em Porcentagem de Peso Vivo

CNF - Carboidratos Não Fibrosos

DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca

EE – Extrato Etéreo

FDA - Fibra em Detergente Ácido

FDN - Fibra em Detergente Neutro

MM - Matéria Mineral

MO - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

NDT - Nutriente Digestível Total

N-NH₃ - Nitrogênio Amônia

PB - Proteína Bruta

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Sazonalidades de produção e conservação de forragens	14
2.2	Silagens de milho (<i>Zea mays</i>) e de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	15
2.3	Processo de ensilagem.....	17
2.4	Uso de inoculantes na produção de silagens	20
2.5	Períodos de armazenamento	24
2.6	Análise das silagens e influência na alimentação de ruminantes	25
2.7	Estabilidade aeróbia de silagens.....	27
3.	OBJETIVOS	30
3.1	Objetivos Gerais	30
3.2	Objetivos Específicos	30
4.	ARTIGOS CIENTÍFICOS	31
4.1	ARTIGO 1	32
	Long storage periods do not affect the nutritional value of sorghum silages.....	32
4.1.1	ABSTRACT	32
4.1.2	INTRODUCTION	33
4.1.3	MATERIALS AND METHODS	34
4.1.4	RESULTS AND DISCUSSION	35
4.1.5	CONCLUSION	43
4.1.6	REFERENCES	44
4.2	ARTIGO 2.....	48
	Utilização de inoculantes compostos melhoram padrão de fermentação de silagens de milho (<i>Zea mays</i>) e sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>).....	48
4.2.1	RESUMO	49
4.2.2	INTRODUÇÃO	49
4.2.3	MATERIAIS E MÉTODOS	51
4.2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.2.5	CONCLUSÃO	61
4.2.6	REFERÊNCIAS	62
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6.	REFERÊNCIAS	66

1. INTRODUÇÃO

A utilização de silagens na formulação de dietas para bovinos leiteiros já é amplamente difundida, porém, seu uso em dietas para bovinos de corte ainda fica restrito a sistemas intensivos de criação. Às características nutricionais deste alimento volumoso e a sua versatilidade de produção, podem representar uma estratégia promissora para uso nos sistemas pecuários. A adequação da silagem na pecuária de corte pode ir além dos confinamentos, sendo utilizado como suplementação de categorias de forma estratégica nas propriedades que adotam o sistema extensivo. A utilização pode ser considerada em regiões com terras agricultáveis, porém em regiões com sazonalidade de produção como é o caso de Uruguaiana, cidade localizada na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, torna-se uma alternativa favorável na elevação dos índices produtivos desta região.

Apesar das potencialidades da utilização de silagens na produção pecuária, a obtenção destas em plenitude esbarra na escassez de informações pouco difundidas para as regiões não tradicionais de produção. Há uma grande diversidade de fatores que afetam o potencial produtivo e nutricional de silagens. Dentre os fatores estão escolha do cultivar utilizado até os cuidados no plantio, colheita, ensilagem, local e tempo de armazenamento e o fornecimento para alimentação animal (VELHO et al., 2006; LEÃO et al., 2017).

O milho (*Zea mays*) é a cultura referência para produção de silagens, devido as suas ideais características de fermentação, qualidade nutricional e eficiência produtiva (DUNIÈRE et al., 2013; SANTOS et al., 2016). Porém, seu cultivo é limitado às condições edafoclimáticas específicas, que quando não atendidas impactam diretamente na produtividade e qualidade do produto final. Assim, buscam-se alternativas forrageiras que se aproximam as qualidades do milho. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) vem se destacando por mostrar-se mais rustica e adaptada a ambientes adversos demonstrando poucas perdas de qualidade nutricional, sendo uma das principais alternativas ao milho (RODRIGUES et al., 2002; SENGER et al., 2005).

O processo de ensilagem visa manter a qualidade do alimento através de sua conservação. Um dos principais processos da ensilagem é a fermentação, que ocorre de na ausência de oxigênio e através do crescimento de bactérias ácido lácticas epífitas da planta. Assim, o acúmulo de ácido láctico produzido durante a fermentação resultará na diminuição do

pH e inibição do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, preservando a qualidade do produto final, seja por curtos ou longos períodos de tempo (VELHO et al., 2006; DUNIÈRE et al., 2013; LEÃO et al., 2017).

Alternativas como aditivos na forma de inoculantes podem melhorar a eficiência do processo de fermentativo, mantendo o valor nutricional dos alimentos ensilados. Sua utilização evita perdas de matéria seca, nutrientes e estabelece uma estabilidade aeróbia mais eficiente, contribuindo assim, com a obtenção de uma silagem de melhor qualidade (SANTOS et al., 2016).

Entretanto, mesmo com a redução do pH e estabilização da massa ensilada, observações no desempenho e consumo animal indicam alterações nutricionais neste material ao longo do armazenamento, cuja magnitude ainda é desconhecida e precisa ser determinada cientificamente para uso como ferramenta de manejo nutricional nas propriedades.

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi diagnosticar o potencial produtivo e as características nutricionais de materiais de milho e sorgo para silagem, com plantio em safrinha sob as condições edafoclimáticas da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Identificar as alterações qualitativas das culturas sob longos períodos de armazenamento com ou sem o uso de inoculantes compostos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sazonalidades de produção e conservação de forragens

Atualmente, existe no mercado uma grande variedade de materiais para produção de forragens, assim como de culturas que possam ser conservadas na forma de silagem. Esses materiais já são difundidos em muitas regiões do Brasil (SILVA et al., 2015; NEUMANN et al., 2018). Também são amplamente utilizados na indústria alimentícia para alimentação humana e encontram-se em destaque para produção de alimentos destinados ao setor pecuário. Devido a intensificação desse setor, seja na pecuária de corte, leite, aves e suínos, aumentou-se a necessidade de oferta de alimentos de forma quantitativa e qualitativa (NEUMANN et al., 2004). Essa demanda ocorre principalmente em períodos como o inverno, onde há baixa oferta de forragem nos campos cultiváveis e nativos, ou em verões com escassez de chuva, intervalo entre recuperação de pastagem e onde naturalmente há uma diminuição na qualidade dessas pastagens.

Durante períodos adversos com a diminuição da oferta forrageira observa-se a deficiência de alternativas viáveis como cultivares adaptados e que apresentem características desejáveis para produção de volumosos de qualidade (MORAES et al., 2013; KLEIN et al., 2018). Nesse ponto de vista, a produção de alimentos conservados na forma de silagem torna uma alternativa para a manutenção dos sistemas forrageiros, além de contribuir de maneira eficiente para melhorar o desempenho animal, aumentando dos índices zootécnicos de produção, reprodução e sanidade. (MELLO et al., 2005; JAREMTCHUK et al., 2005; PIRES et al., 2013).

Para uma intensificação desses sistemas de forma justificável, deve ser adotado um plano estratégico para utilização dos recursos forrageiros disponíveis em cada região. Buscam-se táticas principalmente para as forragens com diferentes aptidões, para que possam ser utilizadas como complementação aos sistemas de pastagens, bem como em combinação racional ao uso de grãos, resíduos de lavouras ou de agroindústria (NEUMANN et al., 2004). Dessa forma, tornando esse sistema mais sustentável, explorando melhor os produtos presentes no mercado (CABRAL et al. 2003; SILVA et al., 2015).

2.2 Silagens de milho (*Zea mays*) e de sorgo (*Sorghum bicolor*)

Existem vários fatores que interferem na qualidade final da silagem, entre elas a escolha da cultura e do cultivar mais adaptado. As culturas devem ser investigadas através de pesquisas nacionais, que reflitam a realidade de cada região (MELLO et al., 2005). Segundo Silva et al. (2015) em seu estudo, observou que em grande parte das fazendas na região sul do Brasil, tem como maior preocupação para a produção de silagem, a escolha do cultivar com adaptação a localização da fazenda, sendo um fator positivo para produtividade e valor nutritivo das culturas. Para produção de silagem em todas as regiões a cultura referência é o milho, existindo uma ampla variedade de cultivares no mercado (DUNIÈRE et al., 2013). Como alternativa a essa produção, devido a competição dos grãos de milho para o comércio e concorrência na alimentação humana entre outros entraves, o sorgo vem se mostrando cada vez mais eficiente (CÂNDIDO et al., 2002). Assim, destacando-se com suas características agronômicas e fenotípicas que se assemelham as do milho.

A cultura de milho (*Zea mays*) é uma das mais cultivadas e apresenta-se com grande diversidade (MELLO et al., 2005; NEUMANN et al., 2018; KLEIN et al., 2018). Esta cultura já é conhecida por sua alta produção de matéria verde por hectare, por sua produção de matéria seca adequada, elevada quantidade de grãos que favorece uma ideal fermentação e facilidade de manejo produzindo uma silagem com excelente valor nutricional (JAREMTCHUK et al., 2005; MORAES et al., 2013; NEUMANN et al., 2018).

Por conter um alto valor nutritivo, características adequadas a fermentação e devido sua ampla utilização na alimentação animal, a silagem de milho em condições ideais é tida como padrão para estimar o valor nutricional de outras variedades (MELLO et al., 2005; PINHO et al., 2006; BUMBIERIS JUNIOR et al., 2017). Porém, sabe-se que a qualidade e produtividade da cultura do milho são dependentes das condições climáticas e características do solo de cada região. Entretanto, anualmente ocorrem alterações edafoclimáticas que impactam na produtividade do milho, afetando a quantidade de espiga e grãos, porcentagem de matéria seca (MS), estágio de corte, e conseqüentemente na silagem produzida (JAREMTCHUK et al., 2005). A produção de silagem desse material é diversa, podendo ser utilizadas diferentes partes da planta, silagens da planta inteira ou somente de grãos.

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) vem se destacando como alternativa ao milho para produção de silagem por apresentar características de produtividade semelhantes em

condições favoráveis ao seu plantio (THOMAS et al., 2013; PEREIRA et al., 2007). Entretanto, suas qualidades são mantidas mesmo em condições adversas. Dentre as características em destaque para essa cultura são observadas a adaptação em ambientes com escassez de chuvas, a facilidade de manejo, picagem e armazenamento do material, além de uma boa capacidade de compactação (MORAES et al., 2013; MOURA et al., 2016). Assim, com a alta produção de matéria seca e bons níveis de carboidratos solúveis favorecem uma boa taxa de fermentação láctica na massa ensilada tornando adequadas a produção de silagem com agregado valor nutritivo (PEDREIRA et al., 2003; PIRES et al., 2013; NEVES et al., 2015).

A intensificação dos sistemas pecuários e a grande demanda por materiais de qualidade, favoreceram o surgimento de inúmeros cultivares (PIRES et al., 2013). Com isso, existe vários cultivares de sorgo que variam quanto a suas características fenotípicas e genotípicas específicas. Essas características variam de acordo com o porte da planta, sendo baixo, médio ou alto, assim como seu ciclo, diferindo entre superprecoce, precoce ou tardio, bem como suas características de aptidão, incluindo cultivares forrageiros, graníferos, duplo propósito e silageiros. Dessa forma apresentando diferenças importantes quanto sua produção e valor nutritivo (CÂNDIDO et al., 2002; PINHO et al., 2006; THOMAS et al., 2013).

Tanto para silagens milho como para o sorgo, o potencial nutritivo é determinado pela maior porcentagem grãos e matéria seca adequada do material ensilado (MORAES et al., 2013; NEUMANN et al., 2018). A produção de silagem de sorgo a partir de alguns cultivares é favorecida por apresentar teores de carboidratos solúveis satisfatórios, além de sua capacidade de tamponamento baixa. Essa cultura também apresenta boa estrutura física que facilita no corte, picagem e compactação durante o processo de ensilagem. (PEREIRA et al., 2007; FERNANDES et al., 2009).

Nem todos os cultivares são adaptados em todas as regiões para produzir uma silagem de qualidade (PIRES et al., 2013; NEUMANN et al., 2018). Algumas características são importantes para tal produção, como a composição da planta, qualidade de grãos, resistência a doenças, adaptabilidade ao meio ambiente e o momento da colheita. Devido a isso, para identificação de plantas mais adaptadas a ambientes específicos, são necessários mais estudos nacionais das características individuais de cada variedade. Dessa forma, podendo melhor contribuir para difusão de informações sobre culturas com uma maior produtividade e conhecimento de suas melhores características em determinadas regiões.

2.3 Processo de ensilagem

A produção de alimentos conservados utilizando o método de ensilagem tem por objetivo manter a qualidade e o valor nutricional com perdas mínimas em relação aquelas da forragem quando fresca. A integridade do processo e a conservação dos materiais são influenciadas por diversas condições biológicas e tecnológicas, que contribuem de forma positiva quando o processo de ensilagem é executado de forma adequada (DUNIÈRE et al., 2013; LEÃO et al., 2017). As características e o valor nutricional das silagens são determinados também, pela inclusão de diferentes frações das plantas, como grãos, folhas e colmos (MORAES et al., 2013).

O processo de ensilagem consiste em etapas que necessitam ser controladas para assegurar um produto final bem sucedido (MELLO et al., 2005; RAHMAN et al., 2017). As etapas do processo de ensilagem são: colheita da forragem, estágio de maturação, armazenamento em silos, compactação e vedação, armazenamento, abertura e desensilagem (SENGER et al., 2005; DUNIÈRE et al., 2013). Com isso, torna-se imprescindível que essa técnica seja realizada de maneira adequada, minimizando perdas durante a estabilização e evitando riscos a saúde dos animais (VELHO et al., 2006).

A primeira etapa da ensilagem consiste na retirada da massa verde plantada na lavoura. A colheita é um dos principais pontos que determinam as perdas que vão ocorrer durante o processo e a qualidade final da silagem (SENGER et al., 2005). O material colhido deve apresentar entre 30 e 35% de MS (MCDONALD et al., 1991; NEUMANN et al., 2017). Isso ocorre quando subjetivamente os híbridos atingem seu ponto de ensilagem visível a campo. A cultura do milho geralmente apresenta seu estágio de maturação para ensilagem quando o grão demonstra 1/3 da linha do leite, o que representa o valor de MS ideal (RABELO et al., 2014). O ponto de colheita para o sorgo é visualizado quando na panícula os grãos apresentam-se com 70% de consistência pastosa e 30% de consistência leitosa.

Forragens colhidas com menores valores de matéria seca são predispostas a ocorrência de fermentação inadequada, causando perdas por efluentes e favorecendo o crescimento de fungos, leveduras e bactérias indesejáveis (NEUMANN et al., 2017). A produção dos efluentes está diretamente relacionada ao processo de colheita da forragem, teor de matéria seca, as características do silo e ao grau de compactação do material (SENGER et al., 2005). Dentro da composição desses efluentes incluem-se compostos nitrogenados, açúcares e

minerais, que através da sua perda culminam com a diminuição do valor nutritivo das silagens, além de ocasionar problemas ao meio ambiente (SENGER et al., 2005).

Os materiais ensilados com valores acima do remendado em matéria seca também podem causar perdas ao material ensilado. As consequências estão envolvidas na dificuldade de picagem e compactação da forragem, fermentação inadequada e diminuição da palatabilidade do alimento, tornando-o mais grosseiro. Nesse sentido, no momento da armazenagem há uma maior presença de oxigênio entre as partículas de forragem, tornando-a mais susceptível a proliferação bacteriana aeróbia inadequada, perdendo a qualidade de fermentação e favorecendo ao aparecimento de fungos causadores de deterioração (OLIVEIRA et al., 2011).

A altura do corte da planta representa um dos importantes pontos para determinação da qualidade da silagem. O corte determina os valores energéticos e nutricionais das silagens, além de representar a concentração de grãos na massa, os valores de digestibilidade e também o potencial de retorno econômico (HÜLSE et al., 2017). As recomendações para altura de corte encontram-se em torno de 15 a 20 cm, porém por vezes alturas maiores são recomendadas. Hülse et al. (2017), em seu estudo verificou uma melhor interação de planta, solo e produção econômica de silagens de milho utilizando a planta inteira quando esse teve seu corte em torno de 45 cm do solo. Essa altura relativamente maior representou um melhor equilíbrio entre os nutrientes no solo, além de não demonstrar uma ameaça econômica para a produção de silagem.

Posteriormente à colheita ou corte procede-se à picagem do material. Nesse processo a planta deve ser picada em tamanhos de partícula de 2 a 5 cm, esse processo facilita a compactação fazendo com que permaneça pouco oxigênio entre as partículas estimulando a fermentação por bactérias anaeróbias facultativas (DUNIÈRE et al., 2013). O material deve ser rapidamente compactado e devidamente vedado, para que a qualidade da fermentação na massa ensilada não seja comprometida (SENGER et al., 2005). É necessária a compactação de 600 a 700 kg/m³ de massa forrageira dentro de um silo para que perdas indesejáveis em matéria seca e componentes nutricionais sejam evitadas (SENGER et al., 2005). A vedação influencia diretamente na composição, fermentação e qualidade do produto final. A vedação deve ser realizada imediatamente a compactação do material (BRUNING et al., 2018) podendo ser utilizada lonas ao longo do silo em condições de larga escala evitando contato da massa ensilada com as condições ambientais de clima, umidade e oxigênio. Bruning et al. (2018) verificaram em seu estudo que houve perdas em matéria seca na silagem de milho em torno de 11% em silos vedados após 4 dias de ensilagem. Utiliza-se material resistente e que

se molde a superfície do silo para evitar o aprisionamento de oxigênio entre o material ensilado e a lona. Ainda para evitar o movimento e entrada de ar, indica-se cobertura com material denso, que proteja a lona a massa ensilada de intempéries climáticas e forças físicas. Dessa forma, os primeiros dias de ensilagem são de extrema importância para o sucesso ou fracasso da subsequente fermentação e qualidade final das silagens.

Na segunda etapa, ocorre o processo de fermentação inicialmente aeróbia com surgimento gradual da fermentação anaeróbia, responsável de fato pela adequada estabilização e conservação da massa ensilada. O primeiro passo da fermentação é a fase aeróbia, que também é conhecida como respiração residual. Nessa fase as células vegetais continuam seu metabolismo consumindo o oxigênio aprisionado entre as partículas da planta ensilada. Além disso, microrganismos aeróbicos utilizam tanto o oxigênio como os carboidratos não estruturais presente dentro da matriz celular tais como frutose e glicose (NEUMANN et al., 2004). Esse processo se prolongado é prejudicial para a produção do principal produto de preservação das forragens, o ácido láctico. Nessa primeira fase a microflora aeróbia se desenvolve até que todo oxigênio seja consumido ou até que a acidificação ($\text{pH} < 4,5$) seja suficiente para parar seu metabolismo e desenvolvimento (RAHMAN et al., 2017). Nesse momento destacam-se os microrganismos da flora epífita, conhecidas como enterobactérias, leveduras e fungos.

As etapas da ensilagem em que ocorrem os principais eventos microbiológicos são durante a fase aeróbia de fermentação, armazenamento e descarga para alimentação dos animais (DUNIÈRE et al., 2013). Presentes nas culturas há uma população de microrganismos comensais das plantas, são eles que determinam as características finais das silagens e variam entre regiões, clima e fase de crescimento (DUNIÈRE et al., 2013). Dentre eles, as bactérias ácido lácticas estão presentes naturalmente nas silagens e são os principais microrganismos responsáveis pela fermentação adequada. Sua proliferação acontece através das células danificadas com o extravasamento do conteúdo celular, que é consumido por esses microrganismos no momento da picagem e armazenamento da forragem (MCDONALD et al., 1982). Sob condições favoráveis, convertem os carboidratos solúveis como glicose e frutose em água em ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico. Em consequência disso o ácido láctico aumenta os íons de hidrogênio reduzindo o pH da silagem, consequente inibição da atividade de microrganismos oportunistas de deterioração é inibida, além da redução da proteólise excessiva evitando perdas em degradação (ZHOU, DROUIN, LAFRENIÈRE, 2016).

As BAL competem por substrato para seu desenvolvimento com microrganismos indesejáveis como fungos, bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias no início do processo fermentativo (HOLZER et al., 2003; YITBAREK e TAMIR, 2014). Ou ao longo de todo período de armazenamento da silagem se p pH não for reduzido de forma rápida. Diminuindo as chances de se obter uma silagem estável (PIRES et al., 2013).

As bactérias do gênero *Clostridium* estão presentes no solo na forma de esporos e assim como as bactérias ácido lácticas, são microrganismos anaeróbicos. Essas bactérias através da fermentação polissacarídeos além de ácido butírico, aminas biogênicas que interferem na aceitabilidade dos animais e resultam em silagens de má qualidade ou de menor valor nutricional (DUNIÈRE et al., 2013). Esses microrganismos são sensíveis a pH baixo, valores abaixo de 4,0 ou condições de pouca disponibilidade de água podem inibir o crescimento de *Clostridium*. Já as enterobactérias que são anaeróbicos facultativos competem com as bactérias ácido lácticas pelos carboidratos solúveis presente nas plantas e os transformam em ácido acético e outros componentes, além de ter capacidade de degradação dos aminoácidos. O crescimento desses microrganismos é inibido por ambiente com pH baixo, temperatura estável e umidade baixa (YITBAREK e TAMIR, 2014).

No momento da abertura deve-se avaliar o aspecto físico da silagem, observando odor, cor e presença de mofos e partes deterioradas. O odor deve apresentar-se razoavelmente ácido, a cor deve aproximar-se da planta original e partes contaminadas devem ser removidas. É aceitável perdas em torno de 4 a 5% da silagem dentro do silo, valores acima demonstram que houve deficiência na fermentação por uma má compactação ou vedação do silo (SILVA et al., 2015). O ideal é que a silagem seja retirada em camadas verticais de no mínimo 20 cm, garantindo que as camadas em contato com o ar sejam removidas antes que ocorram perdas por deterioração (VELHO et al., 2006).

O objetivo da produção de silagem é oferecer alimentos com alto valor nutritivo para os ruminantes mesmo conservados por longos períodos, podendo ser fornecida dias, meses ou anos após a ensilagem (MORAES et al., 2013; ZHOU, DROUIN, LAFRENIÈRE, 2016). Os resultados finais do processo de ensilagem dependem que todos os passos sejam realizados de maneira consciente, organizada, planejada e bem desenvolvidas, atendendo os princípios da técnica e o principal objetivo que é a obtenção de um alimento conservado de boa qualidade nutricional.

2.4 Uso de inoculantes na produção de silagens

Existem algumas situações em que a forragem não apresenta as características ideais para ser ensilada, ou que ocorrem falhas no processamento de conservação, uma alternativa viável, pode ser o uso de aditivos. Existem várias classes de aditivos comercializáveis, classificados como químicos, enzimáticos e microbianos, sendo esse último o mais utilizado. São encontrados também os adsorventes e nutrientes que podem ser acrescentados aos materiais ensilados.

Esses aditivos podem ser divididos em cinco classes e algumas subclasses, são elas: os estimulantes de fermentação são inoculantes contendo bactérias ácido lácticas (BAL) e fontes de carboidratos rapidamente fermentáveis, enzimáticos como celulasas, hemicelulasas e amilases. Os inibidores de fermentação, ácidos e sais de ácidos orgânicos, também conhecidos como inibidores químicos. Os inibidores de deterioração aeróbia, incluindo bactérias ácido lácticas, ácido propiônico, acético etc. Os nutrientes, tais como ureia, amônia, grãos, minerais e polpas cítricas. Por fim os absorventes como cevada, palha, utilizados para melhorar a preservação das forragens e seu valor alimentar (YITBAREK e TAMIR, 2014).

Em todo o Brasil o uso dos aditivos em silagens ainda é baixo, presente em apenas 27% das propriedades (SILVA et al., 2015). Acredita-se que isso se deve a falta de informações sobre sua verdadeira eficiência. Em meio a esse cenário, sua procura vem crescendo à medida que os aditivos estão sendo estudados.

Por outro lado, os aditivos tem a finalidade de melhorar a conservação, manter os valores nutritivos das forragens e diminuir os riscos durante o processo de ensilagem (QUEIROZ et al., 2013; RAHAMAN et al., 2017; DANIEL et al., 2018). Ajudam a reduzir deterioração aeróbia, melhoraram sua qualidade higiênica, estabilidade aeróbia, além de atuar positivamente no desempenho animal e dar maior retorno e segurança ao produtor na hora de produzir o alimento conservado (YITBAREK e TAMIR, 2014; QUEIROZ et al., 2012; RODRIGUES et al., 2002). Em seu estudo Rabelo et al., (2014), verificaram que silagens de milho inoculadas com BAL apresentaram menores perdas em matéria seca e melhor composição bromatológica de plantas ensiladas tardiamente. Seus efeitos sobre o processo de ensilagem e fermentação bem como desempenho animal, estão associadas ao tipo de inoculante utilizado, sua atividade biológica, a quantidade aplicada e em que tipo de forragem (RAHMAN et al., 2017; ANJOS et al., 2018).

Devido à população microbiana presente nas forragens ser variável a cada cultura e condições edafoclimáticas de cada região, geralmente são utilizados aditivos biológicos na

forma de inoculantes compostos, classificados como estimulantes de fermentação (YITBAREK e TAMIR, 2014). Os inoculantes microbianos são utilizados para dominar a flora epífita da forragem e durante o período de ensilagem para aumentar de forma mais rápida a produção de ácidos orgânicos, limitando as perdas em MS durante a fermentação (THOMAS et al., 2013; RABELO et al., 2014; RAHMAN et al., 2017). Conhece-se essa classe de inoculantes por bactérias homofermentativos e heterofermentativos (HOLZER et al., 2003; RABELO et al., 2014; YITBAREK e TAMIR, 2014).

Os inoculantes microbianos homofermentativos contém na sua composição bactérias como *Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Lactococcus*. Esses microrganismos promovem uma rápida fermentação dos carboidratos solúveis em água produzindo principalmente ácido láctico, que reduz o pH rapidamente até 4,0, evitando assim maiores perdas como a desagregação de açúcares e proteínas no material (QUEIROZ et al., 2013). Além disso, são capazes de fermentar glicose, convertendo cada molécula de açúcar em duas de ácido láctico, assim ajudando na recuperação de até 100% da MS e energia das silagens (RABELO et al., 2014). Da mesma forma os inoculantes heterofermentativos, contém microrganismos produtores de ácido láctico e ácido acético, que como consequência reduzem o pH da massa ensilada mais lentamente. Isso ocorre para que algumas BAL aeróbias consigam proliferar tais como *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus brevis* auxiliando na estabilização da massa ensilada mesmo com a presença de oxigênio (YITBAREK e TAMIR, 2014). Além disso, são capazes de produzir ácidos antifúngicos, como ácido acético e propiônico, através da fermentação de carboidratos solúveis em água (QUEIROZ et al., 2013).

Os inoculantes homofermentativos e heterofermentativos são planejados para inibir uma fermentação inadequada que se inicia no com o processo de deterioração aeróbia. Com isso busca-se a inoculação de BALs homofermentativas de crescimento rápido, presentes na classe das homoláticas. Os microrganismos presentes nessa classificação são *Lactobacillus plantarum*, *L acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentacaceus* e *Enterococcus faecium*. Daniel et al., (2018) demonstraram em seu estudo que vacas tratadas com dietas que continham silagens inoculas com bactérias ácido lácticas tiveram efeito positivo sobre sua produção leiteira, apesar da composição não apresentar diferença estatística entre as silagens não inoculadas. A justificativa para utilização dessas classes de inoculantes com múltiplos microrganismos vem por sua ação sinérgica dentro da massa ensilada também podendo exercer efeito probiótico no trato gastrointestinal dos animais (DUNIÈRE et al., 2013; YITBAREK e TAMIR, 2014; SANTOS et al., 2016; DANIEL et al., 2018).

Os inoculantes que aumentam a fermentação ácido láctica são úteis para inibir a atividade de microrganismos deteriorantes e aumentar a estabilidade das silagens (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2017). A indicação necessária para inoculação de bactérias ácido lácticas é de 100.000 UFC por grama de forragem fresca (YITBAREK e TAMIR, 2014; RAHMAN et al. 2017). Os produtos considerados os principais responsáveis pela diminuição de pH da massa ensilada são os ácido láctico e acético. Com isso as taxas de inoculação devem ser suficientes para os microrganismos dominem a fermentação gerando bons resultados na massa ensilada. Os inoculantes comercializados podem apresentar-se na forma de pó, granular ou líquida concentrada. Sua aplicação normalmente é acrescida de água, em que o cuidado com água clorada deve ser verificado, tendo em vista a diminuição da eficiência desses inoculantes. Além das indicações de conservação pra estes, em que devem ser armazenados refrigerados ou congelados, sendo que a umidade, oxigênio e luz podem diminuir sua estabilidade resultando em menores contagens quando inoculados.

Os aditivos usados no processo de ensilagem podem conter complexos enzimáticos, como celulasas, hemicelulasas e amilases, além de combinações com bactérias ácido lácticas. Esses componentes podem ajudar na digestão das fibras e amido presentes nas plantas disponibilizando substrato para proliferação de BALs favorecendo adequada fermentação (RABELO et al., 2014). Exemplo do que acontece com inoculantes que contem celulasas, esta enzima causa a quebra das ligações do tipo β 1-4 glicosídicas, liberando com maior facilidade os açúcares presente no conteúdo celular (RABELO et al., 2014). Esta classe de aditivos pode contribuir com o desempenho animal, melhorando a utilização e eficiência produtiva devido a uma ajuda na degradação das fibras durante o processo digestivo e mudança no perfil microbiológico ruminal (RABELO et al., 2014). Da mesma forma a enzima hemicelulase estimula a fermentação, por degradar parcialmente os carboidratos estruturais presentes na planta, induzindo a exposição de açúcares solúveis, que podem ser facilmente fermentados pelas BAL, ajudando no declínio do pH (YITBAREK e TAMIR, 2014). Os inoculantes contendo a enzima amilase são capazes de degradar o amido e açúcares.

Quando os açúcares são liberados pela degradação das enzimas, ocorre um crescimento rápido das bactérias ácido lácticas aumentando a degradabilidade das forragens ensiladas. Entretanto cuidados devem ser tomadas na utilização desses adereços. Por degradarem as fibras presentes na massa ensilada, podem degradar fibras prontamente fermentáveis, ficando disponível para os animais apenas as fibras de degradação mais lenta ou menos degradáveis (YITBAREK e TAMIR, 2014). As enzimas geralmente são mais eficazes em forragens com baixa lignina. São utilizadas por diminuir os valores de fibra, sendo mais

visíveis em forragens maduras onde hidrólise da parede celular seria mais difícil pela lignificação. Devido a esse processo, ocorre alta produção de ácido láctico, e de maneira eficiente e adequada reduzindo o pH. Destacam-se também pela diminuição de perdas em matéria seca, melhoraram a flora encontrada no material ensilado, além de promover uma fermentação rápida, aumentando a vida útil do produto (YITBAREK e TAMIR, 2014).

2.5 Períodos de armazenamento

Uma silagem de boa qualidade é obtida quando são seguidos os princípios e recomendações básicas durante sua fabricação (RIBEIRO et al., 2007). No processo de ensilagem ocorrem várias reações bioquímicas, mediadas por enzimas e produtos metabólicos dos microrganismos, que visam manter a qualidade no processo de fermentação (ZANETTE et al., 2012). A estabilidade fermentativa da silagem acontece quando a massa ensilada atinge o pH necessário para que ocorra a diminuição das atividades microbianas (ANJOS et al., 2018). Porém, existem evidências de que acontecem alterações nos valores nutricionais das forragens ensiladas durante o período de conservação, tendo em vista que existe a presença de enzimas e microrganismos resistentes ao pH baixo (LEÃO et al., 2017).

A proteólise esperada que aconteça na massa ensilada é influenciada pelo processo de ensilagem, pH, matéria seca, temperatura e tempo de armazenamento. (RIBEIRO et al., 2007). Para uma adequada fermentação segundo Ribeiro et al (2007) é recomendado valores de nitrogênio amoniacal abaixo de 10%, quantidade acima desse valor, indica quebra de proteína acima do esperado. Dessa forma, o período de armazenamento demonstra grande relevância no diz respeito a qualidade das silagens.

Em um estudo, Velho et al. (2006) concluíram que silagens de milho submetidas a diferentes tempos de abertura e exposição ao ar, tiveram seus valores nutricionais diminuídos. Da mesma forma, Ribeiro et al. (2007) constataram que silagens de sorgo, com diferentes aberturas, no 56º dia os valores de proteína bruta foram menores comparado aos demais anteriores. Leão et al. (2017), comparando vários materiais em diferentes tempos de armazenamento, visualizou um decréscimo em MS com o aumento do tempo de armazenamento, demonstrando que tempos acima de 60 dias não traziam benefícios às silagens.

Os resultados dos diferentes estudos ainda demonstram-se inconsistentes. Assim mais pesquisas estão sendo realizadas ao entorno desse tema, demonstrando a importância dos efeitos do períodos longos de armazenamento em relação à conservação, composição nutricional e qualidade das silagens produzidas.

2.6 Análise das silagens e influência na alimentação de ruminantes

Montar uma estratégia adequada para o uso do excedente de forragem na produção de um alimento de qualidade utilizado como suplemento e que traga benefícios ao desempenho animal, são medidas importantes para a alimentação de ruminantes (RAHMAN et al., 2017). O fornecimento de materiais ensilados como parte das dietas, vem crescendo nos últimos anos. Para verificar a qualidade final do produto ensilado, são avaliados os valores nutricionais, através de análises bromatológicas, sendo as principais requeridas a matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais (NDT), além de carboidratos estruturais e não estruturais. A verificação de uma fermentação desejável é pode ser analisada através do perfil microbiológico, produção de micotoxinas, ácidos orgânicos, pH e densidade. Para certificar sua máxima utilização pelos animais, é mensurada a digestibilidade ou consumo.

A cultura do milho destaca-se por apresentar as características desejáveis ao processo de fermentação, entre as principais, a produção de matéria seca por hectare (ha), inclusão dos grãos e conteúdo de nutrientes adequado para um processo eficiente (RABELO et al., 2014). Por ser amplamente conhecida e implementada nos sistemas de alimentação animal, utiliza-se os valores nutricionais das silagens de milho como referência para os demais materiais escolhidos para a produção de alimentos conservados (NEUMANN et al., 2018). Devido a isso, uma silagem de milho de boa qualidade deve apresentar padrões nutricionais em matéria seca entre 30 e 35%, considerando que esse valor deve ser mantido em todo processo de ensilagem, como consequência, preservando os demais valores nutricionais, sem que hajam perdas significativas (MELLO et al., 2005). Os valores de matéria seca são determinantes para verificação dos demais valores bromatológicos da silagem.

No momento da abertura do silo, o material ensilado deve apresentar valores de temperatura amena e pH entre 3,8 e 4,2, indicativos de uma eficiente fermentação anaeróbia e

produção de ácidos adequados para sua queda e manutenção (MCDONALD et al., 1991; RIBEIRO et al 2007). Um aumento de 2 graus de temperatura indica a oxidação dos carboidratos solúveis e ácidos orgânicos em dióxido de carbono e água, indicando deterioração da silagem (MCDONALD et al., 1991). Os valores de pH elevados indicam problemas tais como redução da palatabilidade, queda no consumo voluntário e consequente sobras excedentes no cocho, influenciando negativamente na bioeconomia da produção das silagens (ZANETTE et al., 2012; NEUMANN et al., 2017).

O valor do potencial hidrogeniônico das silagens e as concentrações de nitrogênio amoniacal são variáveis importantes na determinação de perdas ocorridas durante o armazenamento do material ensilado (MELLO et al., 2005). O último, sendo indicativo da quantidade de proteína que foi degradada durante o período de fermentação não podendo apresentar valores acima de 10%, abaixo disso é indicativo de que a silagem teve uma fermentação láctica adequada (RIBEIRO et al 2007; PIRES et al., 2013). Os valores de nitrogênio amoniacal apresentam relação inversamente proporcional a qualidade do leite. Valores acima do recomendado de N-NH₃ afetam negativamente a produção e composição do leite, diminuindo significativamente os teores de gordura e proteína (SENGER et al 2005). Silagens mal conservadas apresentam valores de amônia acima de 20%, indicando degradação de aminas, cetoácidos e ácidos graxos (MCDONALD et al., 1991; NEUMANN et al., 2004; ZANETTE et al., 2012).

Sabe-se que a dieta de ruminantes é constituída de 70% de carboidratos, bem como os impactos que esse componente causa no valor nutritivo, custos de produção e efeitos no desempenho animal (SENGER et al., 2005). Na planta existem dois tipos de carboidratos, são eles, os estruturais presentes na parede celular e os carboidratos não estruturais constituintes do conteúdo celular. O conjunto desses carboidratos é caracterizado pela análise de FB (Fibra Bruta). Aqueles carboidratos presentes na parede celular, a celulose, hemicelulose e lignina são determinados pela análise de FDN (Fibra em Detergente Neutro) e FDA (Fibra em Detergente Ácido) (FERNANDES et al., 2009). Uma silagem de boa qualidade deve apresentar os valores de FDN maiores em relação aos de FDA, podendo os valores de FDN alcançar os 60% quando a planta for colhida no estágio ideal para produção de silagem (MELLO et al., 2005). O acréscimo de FDN nas silagens pode ocorrer em conjunto com a maturidade da planta, devido a diminuição do conteúdo celular e aumento da parede celular (RABELO et al., 2014). Porém, valores acima do esperado afetam negativamente a ingestão de matéria seca pelos animais. A análise de FDA determina os valores de fibra não degradável, desta forma seus valores devem ser baixos, pois valores desse constituinte acima

de 40% tem relação negativa com digestibilidade do alimento e com a ingestão de matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos não estruturais, presente no conteúdo celular como amidos e açúcares solúveis em água, tem sua importância atrelada à preservação do material ensilado e melhores produções pelos animais (SENGER et al., 2005). São encontrados em maior proporção nos grãos e em menores proporções nos demais constituintes da planta. Por serem considerados altamente fermentáveis e prontamente disponíveis para os microrganismos ruminais, são considerados a parte nobre das plantas, e seus valores também podem ser calculados (MORAES et al., 2013), apresentando-se de forma ideal entre 6 a 8% em carboidratos solúveis na MS (RIBEIRO et al., 2007).

No material ensilado, os componentes nitrogenados da cultura sofrem consideráveis perdas. O nitrogênio total na cultura recém colhida é cerca de 75 a 90% presente como proteína, o restante é encontrado na forma de aminoácidos livres, peptídeos, aminas, ureia, entre outros (MCDONALD et al., 1982). Os teores de proteína bruta na silagens de milho são menores comparados a outras forragens (SENGER et al 2005), apresentando em torno de 7% na MS (VAN SOEST, 1994). A composição nitrogenada das plantas pode ser influenciada pela degradação através de enzimas, ação de bactérias lácticas, entéricas e clostrídios (NEUMANN et al., 2004)

Os valores de nutrientes digestíveis totais chegam a 70% em silagens de milho compostas por uma quantidade de grãos satisfatória. Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* são relacionados com a proporção dos componentes da planta que representam seu valor nutritivo, encontrados na faixa de 40 a 60% (NEUMANN et al., 2004). Uma silagem com maior proporção de grãos e folhas apresenta maiores coeficientes de digestibilidade. A grande variabilidade de cultivares faz com que o valor nutritivo das silagens seja relacionado com as características agrônomicas de cada cultivar (MELLO et al., 2005). Valores que representam um maior aproveitamento desse alimento pelos animais.

2.7 Estabilidade aeróbia de silagens

A qualidade da silagem produzida é dependente da estabilidade que ocorre durante a etapa de fermentação que segue até o momento da abertura do silo e aos dias que fica exposta

até o consumo pelos animais. A partir desse momento a exposição do material ensilado ao ambiente retoma a instabilidade aeróbia controlada no início do processo. A instabilidade depende das características da forragem, condições de armazenamento, abertura e nas condições ambientais durante esses processos de manejo.

Silagens com uma boa taxa de fermentação apresentam concentrações de ácido lático elevadas e carboidratos solúveis, porém esses componentes podem ser utilizados por microrganismos indesejáveis, acarretando a uma baixa estabilidade após a abertura do silo (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2017). Com a exposição do material ao oxigênio mudanças na sua composição começam a ocorrer. Muitos fatores interagem para deterioração das silagens expostas ao ar, no entanto, o principal fator é a taxa de ingresso de ar na massa ensilada (ANJOS et al., 2018), que quanto mais intensa, maior será a degradação aeróbia desta silagem. Assim, estratégias que reduzam a exposição da face aberta do silo ao ar são válidas para a minimizar a exposição da silagem ao oxigênio (HOLMES e BOLSEN, 2009). Dentre estas estratégias têm-se as estimativas de consumo diário de silagem e o dimensionamento correto dos silos, quanto sua seção transversal e comprimento.

Sabe-se que no período em que o material foi armazenado suas características são conservadas. Com a abertura e desensilagem, o produto é servido aos animais em cochos de alimentação e ali ficam expostos por horas ou dias até que o alimento seja retirado ou consumido pelos animais. Na prática a estabilidade aeróbia é determinada pela elevação da temperatura da silagem exposta sendo controlada sua resistência ao aquecimento (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2017). Por isso, estudos de estabilidade aeróbia em silagens são relevantes especialmente em situações de longa exposição ao ar, quando não é feita a escolha adequada do design do silo, quando a densidade almejada não é atingida e o armazenamento é comprometido (WILKINSON E DAVIES, 2012; BUMBIERIS JUNIOR et al., 2017). A estabilidade aeróbia das silagens podem ser verificada pela determinação da temperatura do material exposto em relação ao ambiente, pH, perdas em MS e crescimento visível de microrganismos deteriorantes como fungos e leveduras.

A qualidade das silagens é relevante para animais de alta produção especialmente vacas leiteiras, cuja produção pode ser afetada negativamente se forem alimentadas com silagens contendo esporos de fungos (PAHLOW et al., 2003) e toxinas (CAVALLARIN et al., 2011). Da mesma forma para o gado de corte em que sua eficiência produtiva pode ser afetada.

Somente agora reconhece-se que as mudanças que ocorrem após a abertura dos silos são tão importantes quanto as que ocorrem nas fases iniciais de fermentação. Para que

possamos preservar os nutrientes da forragem colhida e fornecer aos animais um alimento com qualidade nutricional, higiênica e sanitária, cuidados voltados a estabilidade aeróbia devem ser tomados (WILKINSON E DAVIES, 2012). Alguns estudos apontam que as silagens de sorgo foram mais estáveis no ar do que as silagens de milho com concentrações similares de MS, apesar de terem menores concentrações de ácido acético (WEINBERG et al. 2010).

Uma meta de pelo menos 7 dias (168 h) de estabilidade ao ar é proposta, incluindo o tempo no cocho de alimentação após a remoção do silo. Este período deve ser suficiente para avaliar a exposição do material para a penetração de oxigênio no silo. Da mesma forma, a mistura da silagem com ar no momento de sua remoção do silo, no equipamento de distribuição da dieta, e durante o tempo em que o material está no cocho até ser consumido pelos animais. Porém mais estudos devem ser realizados para avaliar a estabilidade e segurança quanto a exposição das silagens ao ambiente externo e o quanto o uso de aditivos como inoculantes que auxiliam na manutenção da qualidade das silagens produzidas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

Determinar o potencial produtivo de materiais de milho e sorgo para silagem, bem como as alterações nutricionais destas sob longos períodos de armazenamento, com ou sem o uso de inoculante composto.

3.2 Objetivos Específicos

Determinar o potencial produtivo e estabilidade aeróbia de silagens de sorgo (Qualysilo, Chopper, Dominator e Maxisilo) produzidas nas condições edafoclimáticas de Uruguaiana, Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul e armazenadas por até 360 dias;

Avaliar as silagens de milho (Maximus) e sorgo (Maxisilo), submetidas até 180 dias de conservação, com e sem o uso de inoculantes compostos;

4 ARTIGOS CIENTÍFICOS

Os resultados que fazem parte desta dissertação estão apresentados sob a forma de artigo científico. As seções Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusão e Referências encontram-se no próprio manuscrito, que está apresentado da mesma forma que será submetido para publicação.

4.1 ARTIGO 1

Long storage periods do not affect the nutritional value of sorghum silages

4.1.1 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the mass production and the influence of the storage period under the nutritional value of four sorghum silage commercial cultivars, Qualysilo, Chopper, Maxisilo and Dominator. The experiment was conducted as a completely randomized design, with plots subdivided in time, with time zero (silage moment), at 300 and 360 days after ensiling. The fermentative characteristics was studied by determination of the dry matter content (DM), pH, ammoniacal nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) and bromatological profile of the silages. In the nutrient profile study, it was determined, the contents of mineral matter (MM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose, hemicellulose, total carbohydrates (TC), non-fibrous carbohydrates (NFC) fibrous carbohydrates (CF), carbohydrate fractions (A + B1, B2 and C), intake of dry matter in relation to body weight (CDMLW) and total digestible nutrients (TDN). After nine days of aerobic exposure, the silages was again analyzed. The materials presented expressive productions, with averages of 43846; 43346; 44002; and 35674 kg ha^{-1} of green matter. The Maxisilo sorghum cultivar presented the highest levels of ADF, with a mean of 471.42 g kg^{-1} DM. CP contents in each cultivars remained constant over time, presenting mean values of 74.37; 65.26; 54.44; 78.43 g kg^{-1} . The mean NDT values found in the Dominator sorghum cultivar were 657.34 g kg^{-1} , being higher than the others. After long storage periods, the nutritional parameters of the materials remained stable in their CP, DM, NDF and ADF values. The aerobic exposure nutritionally deteriorated silages. All study cultivars have productive potential, but the Qualysilo and Dominator are best indicated for the production of silages that can be stored for long periods with smallest nutritional changes, including after nine days of exposure to the air.

KEYWORDS: Crude protein, Neutral detergent fiber, Sorghum bicolor, Total digestible nutrients.

4.1.2 INTRODUCTION

The basis of ruminant feed and consequently of cattle breeding is the forage. Fodder-based production systems are influenced by seasonality of production and techniques as an appropriate animal load for a correct supply of food. The lack of forage planning and periods with water scarcity or interval between pasture recovery also interfere directly with this system. Sometimes these factors end up negatively affecting the rearing of ruminants. In this way, strategies are sought to avoid the low supply of food during these periods. One of these alternatives is the preserved food production, with the production of silages.

Among the silages produced, the silage of corn is the most traditional, due to its good productivity and nutritional value. The sorghum crop has been outstanding for presenting characteristics suitable for silage production that resemble those of maize, in addition to demonstrating a lower production cost. Among these characteristics are observed the ease of implementation, handling, picking and storage of this material (MORAES et al., 2013). In addition to presenting adaptation to adverse environments with rainfall scarcity, it presents high dry matter production and high levels of soluble carbohydrates favoring the lactic fermentation rate and providing adequate nutritive value of the silages produced (PEDREIRA et al., 2003; NEVES et al., 2015). However, the quality of a silage depends not only on the choice of the cultivar but also on any process involving the manufacture of that food.

Good quality silage is obtained when basic principles and recommendations are followed during the manufacturing process (RIBEIRO et al., 2007). Among the steps involved in the ensiling process is the choice of the cultivar best suited to each region, harvesting at the correct maturation stage, particle size chopping, efficient compaction, proper sealing and storage in a suitable location that there is no negative interference in fermentation.

After the initial field process, the material enters a stage of fermentation reaching the stability that must last until the moment of opening of the silo, determining its quality. This happens when the ensiled mass reaches the pH around 3.8 to 4.2, necessary for the decrease of undesirable aerobic microbial activities to occur (MCDONALD, 1991). In addition, according to Ribeiro et al. (2007) for a suitable fermentation, values of ammoniacal nitrogen below 10% are recommended, since quantities above this value indicate a protein breakage higher than expected.

It is speculated that biochemical and microbiological processes continue to occur, destabilizing ensiled mass and causing changes in nutritional value during long storage

periods (LEÃO et al., 2017). Short storage periods are already widely known and studied. It is known that in this time the silages undergo few changes in relation to the characteristics of the fresh material. However, there is little knowledge about the long periods in which the silage produced in surplus can be used. In this way, the storage period shows great relevance regarding the quality of the silages.

The present study had as objective to evaluate the green matter production and the influence of the storage period under nutritional value and aerobic stability of the silage of four sorghum cultivars in the West Frontier of Rio Grande do Sul, submitted to periods of storage.

4.1.3 MATERIALS AND METHODS

The work was conducted in the experimental areas of the school farm of the Federal University of Pampa and at the Animal Nutrition Lab of Unipampa - Uruguaiiana Campus, located at Latitude: 29 ° 45 '17 "S and Longitude: 57 ° 05' 18" W, at an altitude of 66 m, Rio Grande do Sul, Brazil. The experiment took place in the year 2016, with planting in January and harvests in April.

The design was completely randomized in the arrangement of plots subdivided in 4x3, with four replications. In the subplots, sampling times were considered, with fresh material (time zero) after 300 and 360 days of storage. In the plots were allocated the four sorghum cultivars, Qualysilo, Chopper, Dominator and Maxisilo.

Cultures were implanted on January 2, 2016, using a continuous flow seeder system with a spacing of 0.34 m. At the time of sowing, the seeds were treated with CRUISER® (thiamethoxam) insecticide. As base fertilization 120 kg ha⁻¹ of the formulated 8:20:15 (N:P:K) was used. As cover fertilizer, 50 kg ha⁻¹ of nitrogen was applied as urea at 45 days after sowing. During the development of the crop, the insecticide was applied to control the carcass caterpillar using Dimilin® (diflubenzuron) at a dosage of 60 g ha⁻¹.

The harvest was carried out on April 26, 2016, when the panicle of the plants presented the grains with 70% of the pasty consistency and 30% with milky consistency, obtaining a forage mass with an ideal dry matter content for silage around 35%. With the aid of a tractor, the green material was cut at 15 cm from the ground and the equipment knives adjusted for particle chopping between 2 and 5 cm in length.

The harvested material was transported to a sheltered location and accommodated on a tarpaulin where the required amount of material for ensiling, compaction and analysis of the

fresh material was separated. For silage were prepared experimental silos of PVC, with height of 50 cm and 10 cm in diameter. The silos were capped with a Bunsen type valve to escape gases from the fermentation. At the bottom, 0.500 kg of clean sand was used for the purpose of draining the effluents during the storage processes. For adequate compaction, the density of 600 kg m⁻³ of material were used, using a manual metal press, then the silos were tape sealed.

After the storage periods corresponding to 300 and 360 days of fermentation, the silos were opened the upper and lower portions of each silo were discarded (5 cm), with posterior homogenization. The fermentative characteristics was studied by determination of dry matter, pH and ammoniacal nitrogen, been the previous item determined in relation to the total nitrogen (NH₃-N/TN) in the ensilage, at 300 and 360 days of fermentation and at the aerobic stability. In aerobic stability, a 350 g silage sample was submitted to air exposure for nine days with posterior analyzes.

The pH and NH₃-N were determined in independent samples according to Silva and Queiroz (2009) and Bolsen et al. (1992), respectively. The bromatological profile was determined in the samples after obtaining the DM and milling in mill of Willy type knives with stainless steel chamber and sieve, with 1 mm mesh. It was determined the dry matter correction at 105 °C and the contents of organic matter (OM), mineral matter (MM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose and hemicellulose (VAN SOEST et al., 1991). Fractions of carbohydrates were estimated according to Sniffen et al. (1992). Total digestible nutrients (TDN) according to Bolsen (1996) and dry matter intake in percentage of body weight (CMSPV) by Mertens (1997).

For statistical data analysis, they were submitted to variability analysis and when the meaningfulness was established, the rate was compared according to Tukey test (5%). All the analyses were carried out on Sisvar Statistic Program (FERREIRA, 2011).

4.1.4 RESULTS AND DISCUSSION

The materials studied presented significant silage yields in natural material (kg/ha), with averages of 44002; 43846; 43346 for the Dominator, Maxisilo and Qualysilo materials respectively, whose productions were statistically similar. Chopper sorghum, although its production was statistically lower than the others (P=0.001; CV (%): 5.38), was also significant for the study region, with a mean of 35674 kg ha⁻¹. The Maxisilo material presented the lowest percentage of lodging (9.12%), showing excellent health and

resistance to prevailing winds in the region that can reach more than 100 km h⁻¹ according to the National Institute of Meteorology (INMET).

In the study of the bromatological composition of the silages obtained, the interaction between the materials and the times of analysis promoted significant differences in the contents of DM, NH₃-N, ADF, NDF, hemicellulose, CDMLW, TC and carbohydrate fractions B2 and A+B1 (Table 1). The values of pH, ashes, OM, CP, EE, lignin, TDN, NFC, FC, and C fraction of carbohydrates were altered only by factors (materials and times) in an isolated way, while cellulose was only altered by study times (Table 1).

Table 1. Abstract of the analysis of variance of the characteristics of silages obtained from four sorghum materials at different fermentation times.

Parameter	Times (T)	Residue 1	Materials (M)	T*M	Residue 2	CV1	CV2
DF	2	6	3	6	30		
DM	27.84ns	30.49	13629.17**	678.77**	161	1.84	4.23
NH ₃ -N	484.79**	1.63	9.42**	6.80**	0.6	16.11	9.8
pH	8.323**	0.024	1.216**	0.089ns	0,058	3.61	5.59
MM	85.640*	9.669	1698.616**	54.139ns	36.858	4.81	9.39
OM	85.640*	9.669	1698.616**	54.139ns	36.858	0.33	0.65
CP	62.324*	5.722	1362.980**	72.468ns	35.02	3.51	8.69
EE	0.077**	0	424.206**	0.0001ns	16.366	0.02	12.4
ADF	1346.147ns	464.475	15676.812**	1519.362**	916.731	5.16	7.24
NDF	15562.295**	258.654	19433.648**	2726.984*	787.925	2.92	5.1
HEM	15368.573*	257.641	1013.829*	1351.433**	248.747	12.23	12.02
CEL	4691.423ns	1298.22	20241.524**	1042.352ns	1715.963	11.68	13.43
LIG	2695.707**	161.436	3292.876**	206.804ns	117.827	11.26	9.62
CDMLW	0.275**	0.004	0.313**	0.049**	0.012	2.99	4.94
TDN	109541.705**	356.505	26906.165**	2840.084ns	2021.27	3.17	7.55
TC	134.900*	22.691	569.691**	123.995*	47.587	0.57	0.83
NFC	24820.032**	237.065	20926.637**	3092.117ns	1552.78	4.47	11.45
FC	21616.726**	283.21	22907.807**	3135.9 89ns	1526.518	3.42	7.95
Fraction C	23533.686**	1299.028	25472.623**	1698.134ns	995.938	11.13	9.74
Fraction B2	9392.149*	1571.048	43123.847**	5618.306**	1349.943	11.48	1097
Fraction A+B1	24877.062**	284.998	25648.663	3734.641*	1135.179	4.95	9.87

Ns not significant; **, * significant at 1% and 5% probability by the F test, respectively. CV: Coefficient of variation. DF: Degrees of freedom; DM: Dry matter; NH₃-N: Ammoniacal nitrogen; pH: Potential of hydrogen; MM: Mineral matter; OM: Organic matter; CP: Crude protein; EE: Ether extract; ADF: Acid detergent fiber; NDF: Neutral detergent fiber; HEM: Hemicellulose; CEL: Cellulose; LIG: Lignin; CDMLW: Consumption of dry matter in relation to live weight; TDN: Total digestible nutrients; TC: Total carbohydrate; NFC: Non-fibrous carbohydrates; FC: Fibrous carbohydrates; NFC: Non-fibrous carbohydrates; FC: Fibrous carbohydrates.

The DM of the crushed plants and silages was lower in the Maxisilo cultivar (253.61 g kg⁻¹) because it is a saccharine material of medium cycle, there was a lower proportion of grains in relation to the total mass, and therefore, with greater capacity for retention of

moisture when the grains are in the stage suitable for silage (Table 1). This fact makes it difficult to handle harvesting and requires more attention from the manager of the crop in the definition of the time of harvest, since silage of materials with less than 30% of DM can cause losses with effluent during the fermentation process (NEUMANN et al., 2017). The Qualysilo and Dominator materials presented oscillations in the DM content when considering fresh material and silages obtained, while Chopper maintained a constant up to 360 days after ensiling (Table 2). Despite the differences, the three materials cited presented adequate levels of DM for an adequate fermentation (MCDONALD et al., 1991; NEUMANN et al., 2017).

The pH values obtained during the long storage periods decreased over time. However, the Qualysilo and Dominator cultivars had the highest pH values, compared to the others, being 4.6 and 4.5, respectively. These values do not interfere in the fermentation quality of the silages, since they are close to the recommended values that vary between 3.8 and 4.2 (MCDONALD et al., 1991). At the beginning of the ensiling process, a reduction of pH to safe values for efficient fermentation by lactic acid bacteria such as *Lactobacillus* (RAHMAN et al., 2017) occurs. From this occurs the inhibition of the growth of deteriorating microorganisms of ensiled fodder, such as bacteria of the genus *Clostridium* (YITBAREK; TAMIR, 2014). This process avoids inadequate contamination and ensures the proper conservation of the ensiled mass and can last for long periods.

In all materials the $\text{NH}_3\text{-N}$ was elevated with the fermentation during the storage period (Table 2). This process occurs through biochemical means called deamination, decarboxylation, oxidation and reduction reactions. Its evolution is derived from the catabolism of amino acids and other products like, fatty acids and amines. As a result, there is an increase in ammonia production from a proteolysis. This factor is directly related to the low consumption and efficiency of the ruminal microbial synthesis. For a silage to be considered of very good quality the values of the $\text{NH}_3\text{-N}$ /total nitrogen ratio, cannot exceed 10% (RIBEIRO et al 2007, PIRES et al., 2013). However, in none of the silages the values exceeded recommended total nitrogen considered as safe for silage supply to the animals.

Table 2. Dry matter values (DM), potential of hydrogen (pH), ammoniacal nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), crude protein (CP), ash and ether extract (EE) of sorghum cultivars after long periods of storage.

Materials	Days after ensilage				Average	Days after ensilage			
	0	300	360			0	300	360	Average
	Dry matter (g kg^{-1})					pH			
Qualysilo	352.61Aa	324.83Ba	324.77Ba	334.07	5.17	4.73	3.95	4.62a	
Chopper	313.26Ab	301.02Aa	300.96Aa	305.08	4.95	3.90	3.23	4.03b	

Maxisilo	248.97Ac	255.95Ab	255.90Ab	253.61	4.88	3.91	3.36	4.05b
Dominator	292.30Bb	316.33Aa	316.27Aa	308.30	5.25	4.49	3.94	4.56a
Average	301.79	299.53	299.48		5.06 ^a	4.26B	3.62C	
	NH ₃ -N (% total nitrogen)			Average	CP (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	1.53Ca	8.54Bb	11.89Ab	7.32	76.49	73.69	72.93	74.37
Chopper	1.67Ca	10.46Ba	15.20Aa	9.11	65.94	67.48	62.35	65.26
Maxisilo	2.47Ba	10.83Aa	10.95Ab	8.09	54.66	48.00	60.65	54.44
Dominator	1.64Ca	7.80Bb	12.09Ab	7.18	83.51	75.67	76.11	78.43
Average	1.83	9.41	12.53		70.15	66.21	68.01	
	MM (g kg ⁻¹ of dry matter)				EE (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	53.78	53.72	55.98	55.98c	25.81	25.77	25.70	25.79c
Chopper	65.65	64.97	65.79	65.47b	39.90	39.84	39.73	39.87a
Maxisilo	76.12	83.65	83.53	81.09 a	29.62	29.58	29.49	29.60bc
Dominator	57.57	51.11	64.00	57.56c	31.37	31.32	31.23	31.35b
Average	63.28C	63.36B	67.33 ^a		31.67A	31.63A	31.54A	

*Averages followed by the same small letter in the column and capital letter in the line do not differ by the Tukey test (5%).

The materials that reached the minimum CP levels for a good rumen function and maintenance of the 70 g kg⁻¹ ruminal microbiota in DM (VAN SOEST, 1994) were the Qualysilo and Dominator cultivars with values of 74.37 and 78.43 g kg⁻¹ DM. The lowest CP content was entered in the Maxisilo cultivars with a mean of 54.44 g kg⁻¹ DM, and due to the fact that the leaf and stem ratio was greater than panicle and showed a later cycle, there was a decrease in the grain participation in the production of the silage.

The sorghums Maxisilo and Chopper presented MM contents corresponding to 81.09 and 65.87 g kg⁻¹ DM, being superior to the other materials (Table 2). Because it is a material of high stature and saccharin, the Maxisilo has a predisposition greater amount of minerals in its dry mass that would be coupled to its stem and to the sugars present in the plant. Similarly, increasing the amount of silica in its dry mass, increasing the ash content (TOLENTINO et al 2016). However, the Chopper cultivar, because it has a large grain production, this causes the ash from the grains to raise the ash content of the silage. The ashes increased with fermentation due to the consumption of other silage substances as the fermentable carbohydrates, causing proportionally the ash content to be increased.

The EE levels were higher in the Chopper material, presenting a value of 39.87 g kg⁻¹ DM, when compared to the other Qualysilo, Maxisilo and Dominator cultivars (25.79, 29.60 and 31.25 g kg⁻¹ DM). Due to their agronomic characteristics of higher proportion of grains in the dry mass, the EE values are increased by the fact that the grains have a large amount of oil.

OM decreased slightly after 360 days of storage and was lower in Maxisilo sorghum (Table 3). Changes in the OM of the silages may occur due to the consumption of soluble carbohydrates and silages with lower content are characterized as of lower nutritional value, since the nutrients present in the dry matter and potential for energy supply to the animals are contained in organic matter.

When studying the fibrous constituents of the silages, it was verified that the ADF remained constant even during the long storage period (Table 3). Among these values, silages with higher ADF content were obtained when Maxisilo sorghum was used, demonstrating a value higher than 40%. Because it is a cultivar of high stature, the silages produced present in its composition greater participation of stem and leaves. However, the present study demonstrated lower levels of ADF compared to the sorghum cultivars studied by Costa et al. (2016), which found levels higher than 50% in 9 materials of the 15 studied. The NDF presented changes similar to the hemicellulose fraction, indicating increase during the fermentation process (Table 3). The average values for the Qualysilo, Chopper, Maxisilo and Dominator cultivars were 559.78, 510.08, 602.91 and 530.70 g kg⁻¹ DM, respectively, desirable fiber values of good quality.

The hemicellulose among the forage structural carbohydrates is considered to be the potentially digestible fraction, and after 360 days of storage it was higher in the Qualysilo sorghum (182.33 g kg⁻¹) (Table 3). Even with a value above the other Maxisilo, Chopper and Dominator (148.23, 136.71 and 165.90 g kg⁻¹ DM), indicates to be a material with good potential for silage production. Contrary to the study by Tolentino et al (2016) who found a mean of 212.00 g kg⁻¹ in DM. Cellulose remained constant during the fermentation period and was lower in Dominator sorghum (Table 3). The results obtained from the cellulose fractions corroborate with the values found by Tolentino et al (2016).

Table 3. Organic matter values (OM), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose (HEM), cellulose and lignin at the time of ensilage and after 300-360 days of storage.

Materials	Days after ensilage			Average	Days after ensilage			Average
	0	300	360		0	300	360	
	OM (g kg ⁻¹ of dry matter)				ADF (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	946.22	946.28	944.02	945.51a	413.94	383.53	425.83	407.77b
Chopper	934.35	935.03	934.21	934.53b	408.23	371.56	398.16	392.65b
Maxisilo	923.88	916.35	916.47	918.90c	462.88	483.73	467.63	471.42a
Dominator	942.43	948.89	936.00	942.44a	424.33	397.23	378.93	400.16b
Média	936.72A	936.64A	932.67B		427.35A	409.01 ^a	417.64A	
	NDF (g kg ⁻¹ of dry matter)			Average	Hem (g kg ⁻¹ of dry matter)			

Qualysilo	536.14Bb	535.03Cab	608.16Aa	559.78	124.70Bb	114.00Ba	182.33Aa	140.34
Chopper	544.45Ab	458.41Bc	527.37Ac	510.08	136.21Aab	89.36Ba	136.71Ab	120.76
Maxisilo	629.25Aa	581.11Aa	598.37Aa	602.91	166.37Aa	97.38Ba	148.23Ab	137.33
Dominator	548.65Ab	486.12Bbc	557.34Aab	530.70	124.32Ab	88.89Ba	165.90Aab	126.37
Average	564.62	515.17	572.81		137.90	97.41	158.30	
	Cellulose (g kg ⁻¹ of dry matter)				Lignin (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	286.99	274.34	279.25	280.19bc	125.42	107.65	145.03	126.53a
Chopper	319.20	349.26	288.58	319.02ab	87.52	79.01	108.07	83.26c
Maxisilo	365.79	376.08	344.5	362.12a	95.59	106.14	121.64	100.87b
Dominator	295.93	279.53	243.00	272.82c	127.00	116.17	134.44	121.58a
Average	316.98A	319.80A	288.83A		108.88B	102.24B	127.30A	

*Averages followed by the same small letter in the column and capital letter in the line do not differ by the Tukey test (5%).

In lignin, an increase was observed during the silage period, possibly due to alterations in other components such as soluble carbohydrates, which causes the proportion of lignin to increase in ensiled mass (Table 3). This component was superior in sorghum Dominator and Maxisilo, a negative factor from the exclusively nutritional point of view, however, that within the context of materials for silage production can be considered a positive point, since these materials are less subject to lodging since lignin is especially concentrated in the plant stalks. With lower lodging, the losses in the crop and also the soil contamination with silage are lower, allowing silages with higher productivity and higher sanitary quality.

The variations observed at the TC are acceptable for silages, since all materials presented levels above 820.00 g kg⁻¹ DM. Also, an inverse relationship was observed between the TC contents and the EE and CP contents of the silages (Tables 3 and 4) since, as all these parameters were expressed in % of the dry matter and all are components of this, the modification in a automatically affects the others. Viana et al. (2012) observed similar results when studying forage sorghum and sorghum-sudan silages. The NFC was lower in the Maxisilo sorghum, because this material had a lower proportion of grains in the ensiled mass and consequently also had a higher content of fibrous carbohydrates (Table 4).

Table 4. Total carbohydrate values (TC), non-fibrous carbohydrates (NFC), fibrous carbohydrates (FC) and carbohydrate fractions (A+ B1, B2 and C) of sorghum cultivars silages at ensilage and after 300 and 360 days of storage.

Materials	Days after ensilage			Average	Days after ensilage			Average
	0	300	360		0	300	360	
	TC (g kg ⁻¹ of dry matter)				NFC (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	843.92Aa	846.82Aa	845.39Aa	845.38	360.30	384.39	309.81	351.50a
Chopper	828.51Ab	827.70Ab	832.12Aab	829.44	329.08	450.52	385.97	388.52a
Maxisilo	839.60Aab	838.78Aab	826.33Bb	834.90	249.38	321.75	292.03	287.72c

Dominator	827.55Ba	841.90Aa	828.66Bb	832.70	329.90	400.93	316.46	349.09b
Average	834.90	838.80	833.13		317.16B	389.40A	326.07B	
	FC (g kg ⁻¹ of dry matter)			Average	Fraction A+B1 (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	483.62	462.44	535.58	493.88b	365.27Aa	368.66Abc	280.90Bb	338.28
Chopper	499.43	377.18	446.15	440.92c	343.1B8a	446.42Aa	366.63Ba	385.41
Maxisilo	590.22	517.03	534.30	547.19a	250.73Ab	307.40Ac	276.13Ab	278.08
Dominator	497.65	440.97	512.20	483.61bc	337.56Ba	423.07Aab	328.01Bab	362.88
Average	517.73A	449.41B	507.06A		324.18	386.39	312.92	
	Fraction B2 (g kg ⁻¹ of dry matter)				Fraction C (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	277.97Ac	326.13Aa	307.22Aab	303.78	356.75	305.20	411.88	357.95a
Chopper	403.31Ab	324.45Aa	321.78Aab	349.85	253.52	229.13	311.59	264.74b
Maxisilo	476.10Aa	388.89Ba	370.29Ba	411.76	273.17	303.71	353.58	310.15b
Dominator	294.12Ac	245.85Ab	282.71Ab	274.23	368.32	331.08	389.28	362.89a
Average	362.88	321.33	320.50		312.94B	292.28B	366.58A	
	CDM (% LW)				TDN (g kg ⁻¹ of dry matter)			
Qualysilo	2.24Aa	2.24Ab	1.98Bb	2.15	704.65	575.03	541.63	607.11b
Chopper	2.21Ba	2.62Aa	2.29Ba	2.37	684.61	523.77	469.65	559.34b
Maxisilo	1.91Ab	2.07Ab	2.01Ab	2.00	646.61	503.46	521.79	557.29b
Dominator	2.19Ba	2.47Aa	2.16Bab	2.27	722.31	643.98	605.74	657.34a
Average	2.14	2.35	2.11		689.54A	561.56B	534.70C	

*Averages followed by the same small letter in the column and capital letter in the line do not differ by the Tukey test (5%).

In the study of the carbohydrate fractions, in the sorghums except Maxisilo, the A + B1 fraction was reduced with the silage process, and also the lower contents of these carbohydrates were observed in this material (Table 4). In this fraction, fast-degrading carbohydrates (fraction A) and those with intermediate degradation kinetics such as starch, pectin and glucans are contained (Berchielli et al., 2011). Since this fraction represents the portion of rapid ruminal degradation, it is responsible for the initial support of energy to ruminal microorganisms (SANTOS et al., 2017) during the initial process of digestion of a diet immediately after feeding. Thus, the silages with higher contents of the fraction A+B1 proportionally present higher digestibility of the diets where they are included.

In the fraction B2 are contained the carbohydrates of slow degradation that compose the cell wall of the plants, such as cellulose and hemicellulose (BERCHIELLI et al., 2011). In the silages of Maxisilo there was a reduction in this fraction due to the consumption of hemicellulose by the microorganisms during the fermentation process of the silage (Table 4). When the ensiled material has low contents of fermentable carbohydrates, the microorganisms, after the use of these, seek other alternative sources for the fermentation in the silage material, and one of these sources is hemicellulose due to the characteristics of the molecules that compose it. The C fraction of the plant carbohydrates represents the

indigestible or unavailable fiber (BERCHIELLI et al., 2011), which increased in the silages with the fermentation process and was superior in the Qualysilo and Maxisilo sorghums (Table 4).

NDT decreased with the fermentation process and was higher in Dominator sorghum (Table 4). The consumption capacity of DM in relation to the live weight decreased with the fermentation process and the results indicated a greater potential of consumption of sorghum Chopper and smaller in the Maxisilo sorghum (Table 4). However, in all the silages obtained, even after long periods of storage, the consumption was close to 2% of the PV (average of 2.2%). This parameter requires greater attention in the inclusion of these silages in the diets, especially for lactating cows.

Table 5. Densities, aerobic stability and nutritional values of silages from sorghum materials ensiled for 300 and 360 days, at silo opening (Fresh) and after nine days of aerobic exposure (Exposure).

Changes to materials stored for 300 days									
Materials	Density	Fresh	Exposed	Fresh	Exposed	Fresh	Exposed	Fresh	Exposed
		NH ₃ -N (% N Total)		pH		CP (g kg ⁻¹ of dry matter)		TDN (g kg ⁻¹ of dry matter)	
Qualysilo	194.90a	8.54Abc	5.76Ba	4.73Ba	5.09Ab	73.69Aa	68.82Aab	575.03Aab	593.55Aa
Chopper	180.61a	10.46Aab	5.30Ba	3.90Bb	5.28Aa	67.48Ba	81.01Aa	523.77Ab	598.41Aa
Maxisilo	153.57b	10.83Aa	6.67Ba	3.91Bb	6.18Aa	48.00Ab	57.96Ab	503.46Ab	560.51Aa
Dominator	189.80a	7.80Ac	5.84Ba	4.49Ba	5.05Ab	75.67Aa	63.93Ab	643.98Aa	645.92Aa
CV1 (%)	4.41	4.20		3.13		8.55		1.18	
CV2 (%)		14.43		2.46		10.23		10.19	
Changes to materials stored for 360 days									
Materials	Density (kg de MS/m ³)	Fresh	Exposed	Fresh	Exposed	Fresh	Exposed	Fresh	Exposed
		NH ₃ -N (% N Total)		pH		CP (g kg ⁻¹ of dry matter)		TDN (g kg ⁻¹ of dry matter)	
Qualysilo	194.86a	11.89Ab	8.43Bab	3.95Ba	4.71Aab	72.93Aa	64.42Aab	541.63Aab	563.58Aab
Chopper	180.58a	15.20Aa	9.78Ba	3.23Bb	3.75Ab	62.35Aa	63.17Aab	469.65Ab	525.28Ab
Maxisilo	153.54b	10.95Ab	8.19Bab	3.36Bb	5.10Aa	60.65Aa	54.55Ab	521.79Aab	551.85Aab
Dominator	189.76a	12.09Ab	7.50Bb	3.94Ba	4.78Aab	76.11Aa	78.05Aa	605.74Aa	654.04Aa
CV1 (%)	4.37	15.86		6.36		10.90		3.99	
CV2 (%)		8.06		3.68		12.34		9.94	

*Averages followed by the same small letter in the column and capital letter in the line do not differ by the Tukey test (5%); CV 1: coefficient of variation of silages; CV 2: coefficient of variation of the times.

Due to these characteristics, silages with a higher proportion of potentially digestible fibers, ie, the fractions A+B1 and B2, are desirable. These silages provide an increase in DM intake, especially relevant in diets of lactating cows and high production. In the same way, they also potentiate the reduction of the inclusion of concentrate in the diets without damages to animal performance, with maintenance of safe levels of effective fiber (FERRARETTO; SHAVER, 2015), therefore with potential for ruminal health maintenance (DE NARDI et al., 2013).

In both fermentation times, the silage density was lower in the Maxisilo sorghum silage (Table 5) due to its lower dry matter content (Table 2). However, the values obtained are within the range commonly found in silages ranging from 150 to 380 kg DM m⁻³ at different points in a trench type commercial silo (WILKINSON; DAVIES, 2012). It was observed a reduction of NH₃-N with exposure to air due to volatilization of this compound after its contact with the oxygen of the air.

The pH increased with the air exposure during the nine days in all the silages, being more expressive in the Maxisilo sorghum, with increases of more than 50% in the pH values (Table 5). In the other silages, an increase in pH values ranging from 10 to 30% was also observed. This increase in pH with exposure to air occurs because microorganisms that act on silage in the presence of oxygen consume the lactic acid produced during fermentation (PAHLOW et al., 2003).

Silage temperatures did not exceed 1°C at room temperature at any time during the 216 hours of aerobic stability assessment. This result confirms that even when stored for long periods, the silages did not lose their potential to maintain aerobic stability, and met the minimum maintenance time of the stability proposed by Wilkinson and Davies (2012), which is 168 h. According to the authors, this time is the minimum necessary to ensure the entire silage handling period from the silo unloading, transportation and preparation of the diets in the wagons until their distribution in the troughs, selection and consumption by the animals.

The results indicate that silages obtained after long periods of fermentation are nutritionally stable on exposure to air because the main nutritional parameters (CP and TDN) were not affected by aerobic exposure (Table 5). Weinberg et al. (2011) also reported the expressive aerobic stability of sorghum silages when produced with the appropriate dry matter content.

4.1.5 CONCLUSION

All cultivars in the study have significant productive potential for silage. The Qualysilo and Dominator cultivars are best indicated for the production of silages that can be stored for 360 days with smallest nutritional changes, including after nine days of exposure to the air.

LONGOS PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO NÃO AFETAM O VALOR NUTRICIONAL E A ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE SORGO

RESUMO - Objetivou-se avaliar a produção em massa e a influência do período de armazenamento sobre o valor nutritivo de quatro cultivares comerciais de sorgo para silagem, Qualysilo, Chopper, Maxisilo e Dominator. O ensaio foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, com tempo zero (momento da silagem), aos 300 e 360 dias após a ensilagem. As características fermentativas foram estudadas pela determinação do teor de matéria seca (MS), pH, nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) e perfil bromatológico das silagens. No estudo do perfil nutricional, foram determinados os teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos não fibrosos (CNF), carboidratos fibrosos (CF), frações de carboidratos (A + B1, B2 e C), consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMSPV) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Após nove dias de exposição aeróbia, as silagens foram novamente analisadas. Os materiais apresentaram produções expressivas de matéria verde, com médias de 43.846; 43346; 44002; e 35674 kg ha⁻¹. O cultivar Maxisilo sorgo apresentou os maiores teores de FDA, com média de 471,42 g/kg⁻¹ de MS. O conteúdo de PB em cada cultivar permaneceu constante ao longo do tempo, apresentando valores médios de 74,37; 65,26; 54,44; 78,43 g/kg⁻¹. Os valores médios de NDT encontrados para o sorgo Dominador foram de 657,34 g/kg⁻¹, sendo superiores aos demais. Após longos períodos de armazenamento, os parâmetros nutricionais dos materiais mantiveram-se estáveis em seus valores de PB, MS, FDN e FDA. A exposição aeróbia deteriorou nutricionalmente as silagens. Todos os cultivares do estudo têm potencial produtivo, mas o Qualysilo e o Dominator são os mais indicados para a produção de silagens que podem ser armazenadas por longos períodos com menores alterações nutricionais, inclusive após nove dias de exposição ao ar.

4.1.6 REFERENCES

BERCHIELLI, T. T.; VEGA-GARCIA, A.; OLIVEIRA, S. G. **Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição**. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p.565-600.

BOLSEN, K. K. **Silage technology**. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. Anais... Queensland: Gatton College, 1996. p. 1-30.

BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E.; FEYERHERM, A. M.; URBAN, J. E.; AIMUTIS, W. R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation

process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Amsterdam, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, Dec. 1992.

COSTA, R. F.; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; DE SALES, E. C. J.; RODRIGUES, J. A. S.; RIGUEIRA, J. P. S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 127-133, Apr/Jun. 2016.

DE NARDI, R.; MARCHESINI, G.; GIANESELLA, M.; RICCI, R.; MONTEMURRO, F.; CONTIERO, B.; ANDRIGHETTO, I.; SEGATO, S. Blood parameters modification at different ruminal acidosis conditions. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, Legnaro, v.78, n. 3, p. 259-262, Sep. 2013.

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**, Nova Jersey, v. 56, n. 4, p.330-343, Dec. 2001.

FERRARETTO, L. F.; SHAVER R. D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 98, n. 4, p. 2662-2675, Jan. 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Nov/Dec. 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: março, 2018.

LEÃO G. F. M.; JOBIM C. C.; NEUMANN M.; HORST E. H.; SANTOS S. K.; VENANCIO B. J.; SANTOS L. C. Nutritional composition and aerobic stability of winter cereal silage at different storage times. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 131-136, Apr/Jun., 2017.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of the silage**. 2. ed. UK: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy Science**, Savoy, v. 80, n. 7, sep., p. 1463-1481, Jul. 1997.

MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 4, p. 624-634, Out/Dez. 2013.

NEUMANN M.; LEÃO G. F. M., ASKEL E. J., MARAFON F., FIGUEIRA N. D., POCZYNEK M. Sealing type effect on corn silage quality in bunker silos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 5, 1-6, May., 2017.

NEVES, A. L. A.; SANTOS R. D.; PEREIRA L. G. R.; OLIVEIRA G. F.; SCHERER C. B.; VERNEQUE R. S.; McALLISTER T. Agronomic characteristics, silage quality, intake and digestibility of five new Brazilian sorghum cultivars. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 153, n. 2, p. 371-380, Feb. 2015.

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

PEDREIRA, M. D. S. REIS R. A., BERCHIELLI T. T., MOREIRA A. L., COAN R. M. Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p.1083-1092, May. 2003.

PIRES, D. A. A.; ROCHA, V. R. J.; SALES, E. C. J.; REIS S. T.; JAYME, D. G.; CRUZ, S. S.; LIMA, L. O. B.; TOLENTINO, D. C.; ESTEVES, B. L. C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n.1, p. 68-77, Jan., 2013.

RAHMAN N. A.; HALIM M. R. A.; MAHAWI N.; HASNUDIN H.; AL-OBAIDI J. R.; ABDULLAH N. Determination of the Use of *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium freudenreichii* Application on Fermentation Profile and Chemical Composition of Corn Silage. **BioMed Research International**, Londres, p. 8, n.3, Mar., 2017.

RIBEIRO C. G. M.; GONÇALVES L. C.; RODRIGUES J. A. S.; RODRIGUEZ N. M.; BORGES I.; BORGES A. L. C. C.; SALIBA E. O. S.; CASTRO G. H. F.; Ribeiro Jr G. O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.6, p.1531-1537, dez., 2007.

SANTOS A. X.; SILVA L. D. F.; LANÇANOVA J. A. C.; RIBEIRO E. L. A.; MIZUBUTI I. Y.; FORTALEZA A. P. S.; HENZ É. L.; JÚNIOR F. L. M. Fracionamento de carboidratos e proteínas, cinética de degradação ruminal in vitro pela técnica de produção de gás, de rações suplementares contendo torta de girassol. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.69, n.1, p.234-242, jul., 2017.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 235.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, Nov. 1992.

TOLENTINO D. C.; RODRIGUES J. A. S.; PIRES D. A. A.; VERIATO F. T., LIMA L. O. B.; MOURA M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-149, Apr./Jun., 2016.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

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

VIANA P. T.; PIRES A. J. V.; OLIVEIRA L. B.; CARVALHO G. G. P; RIBEIRO L. S. O.; CHAGAS D. M. T.; CARLOS FILHO C. S. N.; CARVALHO A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 2, p. 292-297, Feb., 2012.

WEINBERG Z. G.; KHANAL P.; YILDIZ, C.; CHEN Y.; AMICHAY, A. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. **Grassland Science**, Israel, v. 57, p. 46-50, Sep., 2011.

WILKINSON J. M.; DAVIES D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, Nova Jersey, v. 68, p. 1-19, Apr., 2012.

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

4.2 ARTIGO 2

Utilização de inoculantes compostos melhoram padrão de fermentação de silagens de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*)

Use of compound inoculants improves the fermentation pattern of corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) silages

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the nutritional potential of two commercial hybrids of sorghum and corn for silage production, with the presence or absence of compound inoculants, implemented in Uruguayana, Rio Grande do Sul. The experiment was conducted under a completely randomized design with plots subdivided in time, being zero time (moment of ensiling), 60, 120 and 180 days after ensiling. The fermentative characteristics were studied by the determination of the dry matter content (DM), pH, ammoniacal nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) and bromatological profile of the silages. In the study of the nutritional profile, mineral matter (MM), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose, hemicellulose, consumption of dry matter per live weight (CDMLW) and total digestible nutrients (TDN). The lowest pH values were in corn silage inoculated with Silotrate and sorghum silage inoculated with Biotrate, with values of 3.31 and 3.47, respectively, after 180 days of ensiling. Likewise, the values of N-NH_3 were 8,90, 9,04, 7,60 and 6,84 for corn and sorghum silages inoculated with Silotrate and Biotrate. CP contents had a negative linear effect when it comes to inoculated silage and with no inoculant, with a value of 83.55 g kg⁻¹ on day zero and 54.14 g kg⁻¹ during the 180 days of ensiling for sorghum silage inoculated with Biotrato. The average NDT values for inoculated corn silage and with no inoculant were 678.48 g kg⁻¹ of DM at 180 days. The inoculation of corn silages (Maximus) and sorghum (Maxisilo) had a positive effect on the fermentative quality of the silages in relation to pH and N-NH_3 , nutritionally altering the silages obtained.

Keywords: Silage, Production, Sorghum, Maize, Inoculant.

4.2.1 RESUMO

O objetivo do trabalho é avaliar o potencial nutricional de dois cultivares comerciais de sorgo e milho para produção de silagem, com presença ou ausência de inoculantes compostos implementados em Uruguaiana, Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, sendo tempo zero (momento da ensilagem), 60, 120 e 180 dias após a ensilagem. As características fermentativas foram estudadas pela determinação do teor de matéria seca (MS), pH, nitrogênio amoniacal (NH₃-N) e perfil bromatológico das silagens. No estudo do perfil nutricional, foram determinados os teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMSPV) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Os menores valores de pH foram na silagem de milho inoculada com Silotrato e silagem de sorgo inoculada com Biotrato, com valores de 3,31 e 3,47 respectivamente, após 180 dias de ensilagem. Da mesma forma, os valores de N-NH₃ 8,90, 9,04, 7,60 e 6,84 para silagens de milho e sorgo inoculadas com Silotrato e Biotrato. Os teores de PB tiveram efeito linear negativo para silagem inoculadas e não inoculadas com valor de 83,55 g kg⁻¹ no dia zero e 54,14 g kg⁻¹ nos 180 dias de ensilagem para silagem de sorgo inoculada com Biotrato. Os valores médios de NDT para silagem de milho inoculada e não inoculada foi de 678,48 g kg⁻¹ de MS aos 180 dias. A inoculação de silagens de milho (Maximus) e sorgo (Maxisilo) teve efeito positivo sobre a qualidade fermentativa das silagens em relação ao pH e N-NH₃, alterando nutricionalmente as silagens obtidas.

PALAVRAS-CHAVE: Ensilagem, Produção, Sorgo, Milho, Inoculante

4.2.2 INTRODUÇÃO

Devido à intensificação no setor agropecuário nacional, aumentou-se a necessidade de oferta de alimentos para os animais de produção de forma quantitativa e qualitativa. Considerando a competitividade do agronegócio buscam-se táticas para complementação aos sistemas de pastagens, como o uso de forragem conservada e combinação racional no uso de

grãos, resíduos de lavouras ou de agroindústria (NEUMANN et al., 2004). Assim, tornando o sistema de produção mais sustentável, explorando da melhor forma os produtos presentes no mercado (CABRAL et al. 2003; SILVA et al., 2015).

Nesse cenário, deve-se montar uma estratégia adequada para o uso do excedente de forragem, produzindo um alimento de qualidade que seja utilizado como suplemento e que traga benefícios ao desempenho animal (RAHMAN et al., 2017). A conservação de forragem na forma de silagem tem se mostrado uma boa opção para ser utilizado como disponibilidade de forragem durante períodos críticos de produção. A cultura mais utilizada com essa finalidade é o milho. Está cultura já é conhecida por sua alta produção de matéria verde por hectare, matéria seca adequada, produção de grãos elevada que favorece uma ideal fermentação e facilidade de manejo produzindo uma silagem com excelente valor nutricional (JAREMTCHUK et al., 2005; MORAES et al., 2013; NEUMANN et al., 2018).

Pelo alto valor nutritivo e por seu destaque na alimentação animal, a silagem de milho é tida como referência para estimar o valor nutricional de outras culturas, como o sorgo (MELLO et al., 2005; PINHO et al., 2006; BUMBIERIS JUNIOR et al., 2017). A cultura do sorgo vem se destacando por apresentar boas características de produtividade bem como de valores nutritivos que se assemelham em partes as do milho. Dentre essas características são observados a facilidade de implementação, manejo, picagem e armazenamento desse material (MORAES et al., 2013). Além disso, demonstra adaptação a ambientes adversos principalmente com escassez de chuvas, apresenta alta produção de matéria seca e altos níveis de carboidratos solúveis favorecendo boa taxa de fermentação láctica (PEDREIRA et al., 2003; PIRES et al., 2013; NEVES et al., 2015).

Contudo, a eficiência na produção de um alimento de qualidade não está somente voltada para os valores nutritivos das silagens, mas também, a escolha do cultivar mais produtivo e adaptado a cada região, além das alterações evitáveis e inevitáveis que possam ocorrer durante o processo de armazenamento. O surgimento dos aditivos para silagem vem despertando interesse no setor de alimentos pecuários. A eficiência em relação a inoculantes microbianos já é comprovada. Destacando-se características como a facilidade e segurança no manuseio, melhora no processo fermentativo desde o momento da ensilagem, limitação do crescimento de microrganismos indesejáveis, melhora na qualidade higiênica da silagem e diminuição de perdas como de MS (YITBAREK E TAMIR, 2014; RAHAMAN et al., 2017). Existem vários tipos de inoculantes comerciais, os mais difundidos são inoculantes contendo um ou vários tipos de bactérias ácido lácticas (QUEIROZ et al., 2013). Entretanto existem

poucos estudos demonstrando a eficiência de inoculantes compostos, tendo a presença de bactérias ácido lácticas em conjunto com complexos enzimáticos.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é avaliar a composição bromatológica de dois cultivares comerciais, um de milho (Maximus) e um de sorgo (Maxisilo) com ou sem o uso de inoculantes compostos comerciais, cultivados em Uruguaiiana, Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul e armazenados sob diferentes períodos de armazenamento.

4.2.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Uruguaiiana, RS, localizado a uma altitude de 74 m, a 29°44' de latitude e 57°5' de longitude ao oeste de Greenwich. O trabalho de campo foi realizado nas áreas experimentais da Universidade Federal do Pampa. De acordo com a classificação Koppen o clima é Cfa, sendo temperado úmido de verão quente, com média anual de 20°C. Com solo classificado como Chernossolo, argiloso e pouco drenados.

As sementes foram tratadas com Standak (Fipronil-0,250 g Kg⁻¹ de semente), Cropstar (Imidacloprido-0,450 g kg⁻¹ de sementes+Thiodiocarb 1,350 g kg⁻¹ de sementes), Derosal (Carbendazin 0,300 g kg⁻¹ de sementes+Thiran 0,700 g kg⁻¹ de sementes) e Fertiacyl (1,0 ML kg⁻¹ de sementes). A semeadura foi realizada em 20 de janeiro de 2017, com semeadora de precisão, utilizando espaçamento entre linhas de 0,45m para sorgo e 0,75m para o milho. Foi adotada como adubação de base 300 kg há⁻¹ do formulado 5:30:15 (N:P:K) para plantação de sorgo e o formulado 8:20:20 para plantação de milho. Para controle de plantas daninhas em pré-emergência utilizou-se glyphosate (Roundup 1,5 kg ha⁻¹) e atrazine (Primoleo 4,0 L ha⁻¹) com volume de calda de 200 L há⁻¹. Para controle de pragas em pós emergência, aos 12 e 30 dias após a semeadura (DAS) aplicou-se Lorsban (1 L ha⁻¹ - Clorpirifós – 480 g ha⁻¹).

O experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado, constituído de parcelas sub-subdivididas no tempo, com quatro repetições. As parcelas abrangem as culturas milho Maximus e sorgo Maxisilo, nas subparcelas a presença ou não dos inoculantes compostos, Silotrato® e Biotrato® (SLO Biotecnologia & Agropecuária). Nas sub-subparcelas os tempos de abertura dos silos 0 (fresco), 60, 120 e 180 dias de fermentação.

A colheita foi efetuada no dia 04 de junho de 2017, quando ao corte transversal da espiga do milho os grãos apresentavam-se com 1/3 da linha do leite e quando as panículas de

sorgos apresentaram 70% dos grãos com consistência pastosa e 30% com consistência leitosa. Os cultivares foram cortados cerca de 20 cm da altura do solo com uma ensiladeira tratorizada (Agrale BX B 110 e Ensiladeira Pecu 9004), em que as facas foram ajustadas para picagem do material em tamanho de partículas de 2 a 5 cm.

Após esse processo as silagens foram acomodadas em lona plástica onde foram aplicados aditivos e separadas as amostras para ensilagem e análise do material fresco. Os aditivos utilizados foram inoculantes compostos Silotrato e Biotrato, aplicados de acordo com a indicação do fabricante. Os produtos apresentam a seguinte composição Silotrato (*Lactobacillus curvatus*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *L. buchneri*, *Lactococcus lactis*, *Propionibacterium acidipropionici*, complexo enzimático 5% (celulase, hemicelulase, β -glutanasase e xinalase)). E o inoculante Biotrato (*Lactobacillus curvatus*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus buchneri*, complexo enzinático 8% (celulase, hemicelulase, β -glutanasase e xinalase)).

As silagens com diferentes tratamentos foram ensiladas em silos experimentais de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Das amostras foram separadas 2,500 kg de silagem compactados manualmente com bastão metálico, para obtenção de uma densidade de 600 kg de material por m³. Cada silo foi vedado com *cap* adaptado com válvula tipo Bunsen para escape dos gases resultantes da fermentação. Na parte inferior do silo foi colocado 500 g de areia limpa para drenagem dos efluentes. Cada silo foi pesado vazio e após serem lacrado.

Após o período de 60, 120 e 180 dias de armazenamento os silos foram novamente pesados e abertos no Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura da UNIPAMPA - RS. Para cada silo aberto, foram retiradas amostras visivelmente saudáveis para a realização das análises. Parte do material fresco foi retirado e separado para determinação do perfil fermentativo por análise da estabilidade aeróbia, através da verificação da temperatura, pH e N-NH₃.

Outra parte das amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas, pesadas para determinação da matéria seca inicial (MSI) e posteriormente moídas em moinho tipo Willey com peneiras de 1mm, utilizando-as para determinação da composição bromatológica de cada amostra de silagem.

O perfil fermentativo através de pH foi determinado Silva e Queiroz (2009) e N-NH₃ de acordo com e Bolsen et al. (1992). Determinação de Matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), Celulose (CEL), Hemicelulose (HEM) e Lignina (LIG) através de Van Soest

(1991). Nutrientes digestíveis totais (NDT) por Bolsen (1996) e consumo de matéria seca em porcentagem de peso vivo (CMSPV) através de Mertens (1997).

Os resultados obtidos foram interpretados por meio de análise de variância e regressão, empregando o Programa Estatístico SISVAR. Para comparação das médias utilizou-se o teste F adotando probabilidade de 5%.

4.2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis MM, MO, PB, hemicelulose e NDT na silagem de milho Maximus não foram afetadas pela interação dos fatores uso de inoculante x tempo (Tabela 1). De maneira isolada, apenas a LIG não foi significativa quando o fator tempo foi analisado isoladamente para silagem de milho. Não apresentaram interação entre os fatores para silagem de sorgo Maxisilo as variáveis MS, MM, MO, FDN, CEL e CMSPV. Porém houve a diferença estatística NH₃-N, pH, PB, FDA, HEM, LIG e NDT (Tabela 2). Avaliadas individualmente no fator material, as variáveis MS, NH₃-N, pH, FDN, CEL e CMSPV na silagem de milho promoveram diferenças significativas (Tabela 1).

Os teores de MS apresentaram interação entre os fatores tempo e utilização de inoculante (Tabela 1), entretanto resultados não se ajustaram aos modelos estatísticos de regressão testados (Tabela 3). Ambos os valores obtidos nos materiais com presença ou ausência de inoculantes apresentaram-se dentro do padrão recomendado para produção de silagens (Tabela 3), de 300 a 350 g kg⁻¹ de MS (McDONALD, 1991). Esses teores favorecem uma adequada conservação do material ensilado. Forragens ensiladas com o conteúdo de MS indicado terão menor possibilidade de ocorrência de uma fermentação clostridial, pela intolerância de bactérias do gênero *Clostridium* a alta pressão osmótica, visto que o conteúdo de MS pode influenciar diretamente na produção de ácido lático (KUNG et al, 2018). Além disso, o teor de MS adequado contribui para redução de possíveis perdas causadas por populações de microrganismos indesejáveis no interior do silo (SENGER et al., 2005).

Ao contrário do milho os teores de MS do sorgo mostraram um comportamento linear negativo (Tabela 4), não apresentando diferença entre as interações dos fatores (Tabela 2). O material fresco apresentou teor médio de 244.22 g kg⁻¹ de MS no momento da ensilagem. Costa et al, (2016) ao estudarem 15 cultivares encontraram alguns com características semelhantes de MS. Por ser considerado um cultivar de ciclo médio e de porte grande, ao realizar sua colheita de maneira precoce, obteve-se uma menor proporção de panícula.

Sabendo que o maior teor de MS encontra-se na panícula, o sorgo Maxisilo não apresentou teores de MS ideais para produção de silagem. No entanto, segundo McDonald (1991) se os teores de carboidratos solúveis da silagem forem suficientes, os teores de matéria seca em torno de 20% podem manter uma fermentação adequada da forragem ensilada, garantindo sua conservação.

Os conteúdos de $\text{NH}_3\text{-N}$ tanto para o milho (Maximus) como para o sorgo (Maxisilo) houve interação entre os fatores avaliados (Tabela 1 e 2), com aumento linear ao decorrer do período de armazenamento (Tabela 3 e 4). Para silagem de milho os materiais com a presença de inoculantes apresentaram os menores resultados (Tabela 3). Esse comportamento está relacionado a velocidade da diminuição do pH promovida pelo uso de inoculantes, que evita a proliferação de microrganismos proteolíticos, com consequente diminuição da proteólise no interior do silo (RABELO et al., 2016).

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características bromatológicas do material milho Maximus.

Parâmetro	Tempo (T)	Resíduo 1	Materiais (M)	T*M	Resíduo 2	CV1	CV2
GL	3	9	2	6	27	-	-
MS	646.65**	26.34	1572.44**	120.50*	47.71	1.49	2.01
$\text{NH}_3\text{-N}$	124.66**	0.11	2.39**	3.65**	0.23	5.51	7.90
Ph	5.12**	0.00	0.07**	0.02**	0.00	1.34	1.41
MM	590.54**	16.67	43.81ns	13.15ns	23.77	7.89	9.42
MO	589.40**	11.71	2.30ns	12.98ns	17.22	0.36	0.42
PB	180.48**	6.79	28.38ns	7.22ns	14.59	3.12	4.58
FDA	3218.35**	192.54	68.86ns	2162.89**	28.08	5.14	4.69
FDN	48286.47**	755.15	4210.95**	3567.10**	664.47	6.55	6.15
HEM	55226.98**	1571.33	1563.00ns	3656.96ns	2052.85	25.29	28.91
CEL	1029.07**	89.26	221.66*	587.27**	61.80	5.35	4.45
LIG	9.00ns	42.99	17.58ns	241.27**	55.41	8.47	9.62
CMSPV	2.15**	0.04	0.29*	0.20**	0.02	3.68	3.66
NDT	1621.33**	92.64	55.96ns	1048.91ns	86.24	1.40	1.35

Ns não significativo; **, * significativo a 1% e 5% com probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação. GL: Graus de liberdade; MS: Matéria seca; $\text{NH}_3\text{-N}$: Nitrogênio amoniacal; pH: Potencial hidrogeniônico; MM: Matéria mineral; MO: Matéria Orgânica; PB: Proteína Bruta; FDA: Fibra em Detergente Ácido; FDN: Fibra em Detergente Neutro; HEM: Hemicelulose; CEL: Celulose; LIG: Lignina; CMSPV: Consumo de matéria seca em relação ao peso vivo; NDT: Nutrientes digestíveis totais.

Os menores resultados para silagem de milho após diferentes períodos de armazenamento foram observados nos materiais tratados com o inoculante Silotrato, nos 60 e 180 dias de fermentação (Tabela 3). Bumbieris Jr et al., (2017) ao analisar silagens com presença ou ausência inoculantes, verificou que silagens de milho não inoculadas apresentaram maiores teores de $\text{NH}_3\text{-N}$, semelhante ao observado no presente estudo. Da

mesma forma, para os materiais de sorgo onde até os 120 dias os menores valores foram observados com o uso desse mesmo inoculante e aos 180 dias, o menor valor apresentou-se no material tratado com Biotrato (Tabela 4). Embora os resultados apresentem comportamento linear positivo, o conteúdo de $\text{NH}_3\text{-N}$ em todos os tratamentos não ultrapassou os valores considerados aceitáveis para silagens de boa qualidade nutricional, de até 100 g kg^{-1} em relação ao N total (McDONALD, 1991). Indicando que o uso de inoculantes em diferentes tempos de armazenamento pode contribuir para redução de perdas proteicas quando utilizado.

O pH das silagens de milho avaliadas apresentou comportamento linear decrescente ao decorrer do período de armazenamento (Tabela 3), onde foi observado interação entre os fatores avaliados (Tabela 1). O valor de pH obtido em todas as silagens analisadas ficou abaixo de 4.0 após os tempos de armazenamento (Tabela 3), porém os maiores valores foram encontrados no material sem a presença dos inoculantes, demonstrando que o uso de inoculantes possibilitou a obtenção de silagens com menores valores de pH.

A redução do valor de pH observada nos resultados encontrados do dia 0 aos 180 dias de conservação (Tabela 3) está relacionada maior número de bactérias ácido lácticas (LAB) oriundas dos inoculantes adicionados no material, que promovem a rápida redução do pH no interior do silo (MUCK et al., 2018). Após a vedação do silo ocorre a fase aeróbia, devido ao oxigênio entre as partículas e a respiração residual das plantas, porém com a diminuição desse oxigênio juntamente com a presença de ácido láctico produzido pelas LAB ocorre a estabilização da massa ensilada.

Apesar de apresentar valores baixos quanto aos teores de MS, os valores de pH comportaram-se de maneira adequada a uma boa fermentação da silagem de sorgo apresentando efeito linear negativo (Tabela 4). Os valores de pH mantiveram-se estáveis até 120 dias não diferindo entre o uso ou não de inoculantes sendo comparados dentro de cada tempo de avaliação. Após os 180 dias o uso de inoculantes proporcionou menores tores de pH em comparação a silagem não inoculada (Tabela 4).

Recomenda-se que o valor do pH de silagens esteja dentro da faixa de 3.8 a 4.2 (MCDONALD et al., 1991), porém aos 180 dias de armazenamento todos os tratamentos na silagem de milho ficaram a baixo do valor mínimo (Tabela 3). Esse resultado não é considerado prejudicial à qualidade nutricional do material, pois valores abaixo de 3.8 são considerados ideais para silagens de milho (KLEINSCHMIT et al., 2005).

Na silagem de milho foi observado um comportamento linear decrescente no conteúdo de MM, ao contrário do sorgo que teve comportamento quadrático. Em comparação a MO o

milho comportou-se de maneira linear crescente ao longo do período do armazenamento, sem alterações na presença ou ausência de inoculantes (Tabela 3). De acordo com a Tabela 1, não foi observado interação entre os fatores avaliados nesse estudo. Nas silagens de sorgo observou-se comportamento quadrático sobre os teores de MM e MO, não sendo observado alteração entre a presença ou ausência de inoculantes (Tabela 4). Os valores de MM apresentaram efeito quadrático, onde o ponto máximo ocorre aos 60 dias (101,97 g kg⁻¹ de MS), logo após os valores acabam decrescendo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características bromatológicas do material sorgo Maxisilo.

Parâmetro	Tempo (T)	Resíduo 1	Materiais (M)	T*M	Resíduo 2	CV1	CV2
GL	3	9	2	6	27	-	-
MS	915.89*	193.36	3416.03**	168.48ns	141.85	5.93	5.08
NH ₃ -N	57.70**	0.37	11.41**	2.31**	0.30	10.44	9.41
pH	7.54**	0.02	0.18**	0.32**	0.02	3.41	3.63
MM	1117.58**	68.06	233.22*	106.52ns	55.62	9.11	8.24
MO	1117.57**	68.06	233.22*	106.52ns	55.62	0.91	0.82
PB	1454.80**	21.49	182.42**	81.78**	21.85	6.54	6.59
FDA	193178.74**	254.84	13404.48**	5080.22**	299.54	4.07	4.41
FDN	8355.01**	677.93	3474.89**	452.01ns	250.58	3.82	2.32
HEM	182546.15**	1001.64	1975.72*	1786.67*	589.85	11.38	8.73
CEL	1174.75ns	369.34	119.51ns	97.77ns	194.41	10.15	7.36
LIG	17390.15**	559.15	1926.97**	922.74**	155.66	20.97	11.07
CMSPV	0.06**	0.00	0.02**	0.00ns	0.00	5.03	2.97
NDT	94657.19**	124.88	6569.04**	2489.42**	146.79	1.85	2.01

Ns não significativo; **, * significativo a 1% e 5% com probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação. GL: Graus de liberdade; MS: Matéria seca; NH₃-N: Nitrogênio amoniacal; pH: Potencial hidrogeniônico; MM: Matéria mineral; MO: Matéria Orgânica; PB: Proteína Bruta; FDA: Fibra em Detergente Ácido; FDN: Fibra em Detergente Neutro; HEM: Hemicelulose; CEL: Celulose; LIG: Lignina; CMSPV: Consumo de matéria seca em relação ao peso vivo; NDT: Nutrientes digestíveis totais.

Os conteúdos de PB de ambos os materiais apresentaram comportamento linear decrescente ao longo do período de armazenamento (Tabela 3 e 4). Porém na silagem de milho não foi observada variação na presença ou ausência de inoculantes (Tabela 3), essa variável não apresentou interação dos fatores avaliados. Na silagem de sorgo o uso de inoculantes proporcionou maiores teores de PB após os 120 dias de armazenamento. Esses valores estabilizaram aos 180 dias não apresentando diferença entre a presença ou ausência de inoculante. A planta começa seu processo de proteólise desde o momento que é cortada até a estabilização. O uso de inoculante diminui as taxas de proteólise devido a rápida estabilização pela formação de ácidos que acabam inativando componentes causadores de uma proteólise excessiva. Os teores de PB pouco devem ser alterados durante o período de fermentação,

porém mudanças na composição das frações de nitrogênio podem ocorrer, ocasionando uma diminuição na porção de proteína verdadeira (TOLENTINO et al., 2016).

Os conteúdos de FDA elevaram-se com o tempo de fermentação para os tratamentos de silagens de milho (Tabela 3 e 4), onde a silagem inoculada com Silotrato apresentou o valor de 307.92 g kg⁻¹ de MS após os 180 dias de armazenamento. Esse aumento transcorrido ao longo do tempo se deve a uma maior utilização dos componentes fibrosos potencialmente degradáveis em comparação aos não fibrosos. Thomas et al., (2013), avaliou que aos 120 dias de ensilagem a silagem de sorgo inoculada com complexo enzimático apresentava maiores teores de FDA em sua composição em relação a silagem não inoculada. Para o sorgo Maxisilo os maiores teores foram observados nas silagens inoculadas com Biotrato (558,73 g kg⁻¹ de MS) em comparação com a silagem não inoculada (520,51 g kg⁻¹ de MS) após os 120 dias de armazenamento.

Os valores de FDN para silagem de milho com o uso de inoculantes Silotrato e Biotrato comportaram-se de forma linear negativa (Tabela 3). Já o material sem inoculante apresentou efeito quadrático com valor do vértice aos 120 dias (333,66 g kg⁻¹ de MS). Resultados semelhantes foram encontrados por Queiroz et al. (2012), onde as silagens controle (41,3%) foram numericamente inferior a silagem inoculada (41,7%) com abertura aos 166 dias, não apresentando diferença significativa entre os materiais, como observado no presente estudo aos 180 dias.

Os valores de FDN para o sorgo apresentaram efeito linear positivo, porém sem demonstrar alteração quanto a presença ou ausência dos inoculantes (Tabela 4). Na forragem fresca e 120 dias de armazenamento, Rodrigues et al. (2002) verificou menores teores de FDA e FDN tanto em silagens de sorgo produzidas. A elevação desses componentes pode ocorrer pela ação do complexo enzimático presente nos inoculante. O complexo enzimático age quebrando a fibra da parede celular tornado disponível tanto componentes fibrosos como não fibrosos.

Tabela 3. Teores médios e equações de regressão de componentes bromatológicos e fermentativos de silagem de milho, cultivar Maximus, ensilado com ausência e presença de inoculante Silotrato e Biotrato, armazenado de zero, 60, 120 e 180 dias.

Tratamento (T)	Tempo de Armazenamento (TA)						Estatística	
	0	60	120	180	L	Q	Equação	R2
Matéria Seca (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	329.96b	344.67b	335.60a	335.88b	0.578	0.046	Ns	-
Biotrato	334.26ab	342.69b	337.16a	343.54b	0.160	0.769	Ns	-
Sem inoculante	343.02a	365.65a	344.67a	366.50a	0.003	0.908	Ns	-
Nitrogênio Amoniacal (% do nitrogênio total)								

Silotrato	2.37a	3.61b	8.11 ^a	8.90 ^a	0.000	0.355	Y=2.134+0.040x	0.92
Biotrato	1.45b	6.25 ^a	7.64 ^a	9.04 ^a	0.000	0.000	Y=2.471+0.040x	0.89
Sem inoculante	1.67ab	6.83 ^a	8.14 ^a	9.44 ^a	0.000	0.000	Y=2.825+0.041x	0.87
Potencial hidrogeniônico								
Silotrato	4.70b	3.76b	3.80a	3.31ab	0.000	0.000	Y=4.510-0.006x	0.84
Biotrato	4.91a	3.73b	3.75a	3.27b	0.000	0.000	Y=4.625-0.008x	0.82
Sem inoculante	4.97a	3.91 ^a	3.82a	3.37 ^a	0.000	0.000	Y=4.748-0.008x	0.87
Matéria mineral (g kg ⁻¹)								
Média	61.38	52.25	47.89	45.45	0.000	0.019	Y=59.566-0.086x	0.92
Matéria orgânica (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	939.81	947.75	953.00	955.74	0.000	0.027	Y=941.121+0.089x	0.95
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	87.88	85.53	80.37	80.04	0.000	0.211	Y=87.759-0.047x	0.91
Fibra em detergente ácido (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	210.01b	272.99a	292.97b	307.92a	0.000	0.001	Y=223.017+0.052x	0.88
Biotrato	268.74a	271.02a	271.78ab	273.18b	0.006	0.046	Y=269.063+0.023x	0.96
Sem inoculante	263.15a	263.20a	270.34a	273.25b	0.019	0.822	Y=261.871+0.062x	0.89
Fibra em detergente neutro (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	508.73ab	421.61a	428.38a	393.21a	0.000	0.054	Y=488.953-0.566x	0.78
Biotrato	478.19b	449.43a	369.44b	353.33a	0.000	0.628	Y=480.783-0.757x	0.94
Sem inoculante	526.45a	421.55a	333.66b	349.51a	0.000	0.000	Y=530.786-2.540+0.008x ²	0.98
Hemicelulose (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	249.27	164.67	114.46	98.47	0.000	0.015	Y=232.108-0.837x	0.91
Celulose (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	143.75b	164.97b	194.84a	186.95a	0.000	0.001	Y=148.707+0.266	0.80
Biotrato	174.01a	172.62ab	179.43b	181.63a	0.010	0.651	Y=172.468+0.049x	0.79
Sem inoculante	178.71a	179.28a	180.09b	182.08a	0.041	0.858	Y=178.405+0.018x	0.92
Lignina (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	67.64b	69.61a	82.81a	85.50a	0.000	0.923	Y=66.372+0.111x	0.90
Biotrato	82.16a	82.46a	74.24a	75.05a	0.047	0.947	Y=82.909-0.049x	0.74
Sem inoculante	83.88a	76.75a	74.30a	74.09a	0.037	0.361	Y=82.023-0.053x	0.80
Consumo de matéria seca em relação ao peso vivo								
Silotrato	2.37	2.87	2.81	3.07	0.000	0.169	Y=2.468+0.003x	0.80
Biotrato	2.51	2.68	3.25	3.40	0.000	0.892	Y=2.473+0.005x	0.94
Sem inoculante	2.29	2.85	3.60	3.45	0.000	0.000	Y=2.408+0.007x	0.83
Nutrientes digestíveis totais (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	705.29	690.58	683.72	678.48	0.000	0.123	Y=702.613-0.145 x	0.94

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de F (p>0,05%)

A complexa estrutura da parede celular das células vegetais é constituída por porções de hemicelulose, celulose e lignina. A proporção de hemicelulose na silagem de milho demonstrou efeito linear negativo e não foi alterada pela presença ou ausência dos inoculantes (Tabela 3). Para silagem de sorgo os valores de hemicelulose decresceram com o tempo de armazenamento, sendo superior na ausência de inoculante (186,17 g kg⁻¹), inferior na silagem inoculada com Biotrato (137,38 g kg⁻¹) e intermediário na silagem inoculada com Silotrato

(157,74 g kg⁻¹). Essa diferença de comportamento dá-se pela diferença na composição dos inoculantes, onde o inoculante Biotrato apresenta uma maior proporção de enzimas em comparação com o inoculante Silotrato. Essas enzimas conseguem de maneira mais eficiente desestabilizar as frações fibrosas das plantas estimulando sua degradação.

Houve efeito linear positivo para os valores de celulose não apresentando diferença na silagem de sorgo com presença do inoculante (Tabela 4). A celulose elevou-se no decorrer do período de fermentação. Aos 120 dias a silagem de milho (Tabela 3) com inoculante Silotrato (194,84 g kg⁻¹) apresentava o maior valor comparado a silagem inoculada com Biotrato (179,43 g kg⁻¹) e sem inoculante (180,09 g kg⁻¹) e mantendo-se estável entre os materiais aos 180 dias. Mesmo sendo considerada a fração de melhor degradabilidade, conseguiu manter-se ao longo do tempo. Este efeito pode ser explicado pela utilização de outros componentes da planta que não este pelos diferentes microrganismos.

A lignina apresentou em seus valores comportamento quadrático onde o vértice encontrou-se aos 120 dias de armazenamento com valor de 152,56 g kg⁻¹, sem demonstrar diferenças significativas na silagem de sorgo com a presença e ausência de inoculante (Tabela 4). Os valores de lignina, com o inoculante Silotrato demonstraram efeito linear positivo, enquanto na utilização do inoculante Biotrato e na ausência deles o efeito foi linear negativo (Tabela 3). Entretanto a presença de inoculante só demonstrou efeito no momento na ensilagem, não havendo mudanças sobre o material após os diferentes dias de fermentação. A presença de elevados valores de lignina são os principais limitadores de consumo do alimento, por limitar a degradação dos demais componentes da parede célula, fazendo com que o alimento fique mais tempo aprisionado no rúmen, dando ao animal uma sensação de saciedade (VAN SOEST, 1994)

Tabela 4. Teores médios e equações de regressão de componentes bromatológicos e fermentativos de silagem de sorgo, cultivar Maxisilo, ensilado com ausência e presença de inoculante Silotrato e Biotrato, armazenado de zero, 60, 120 e 180 dias.

Tramamento (T)	Tempo de Armazenamento (TA)				Estatística			
	0	60	120	180	L	Q	Equação	R ²
Matéria Seca (g Kg ⁻¹ de MS)								
Média	244.22	238.95	229.33	225.12	0.005	0.898	Y=244.44-0.111x	0.98
Nitrogênio Amoniacal (% do nitrogênio total)								
Silotrato	1.63c	4.12b	7.17b	7.60 ^a	0.000	0.001	Y=1.987+0.035x	0.93
Biotrato	2.67b	5.98 ^a	7.25b	6.86 ^a	0.000	0.000	Y=3.613+0.023x	0.74
Sem inoculante	4.67 ^a	5.93 ^a	8.80a	7.75 ^a	0.000	0.000	Y=4.971+0.020x	0.72
Potencial hidrogeniônico								
Silotrato	5.38 ^a	3.81 ^a	3.83a	3.48b	0.000	0.000	Y=5.114-0.010x	0.86

Biotrato	5.33 ^a	3.74a	3.77a	3.47b	0.000	0.038	Y=5.131-0.011x	0.89
Sem inoculante	5.17 ^a	3.99a	3.92a	3.83a	0.000	0.000	Y=4.819-0.005x	0.70
Matéria Mineral (g kg ⁻¹)								
Média	80.14	101.97	94.47	85.53	0.436	0.000	Y=81.534+0.399-0.002x ²	0.86
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	919.86	898.03	905.53	914.47	0.000	0.001	Y=918.465-0.399x+0.002x ²	0.86
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	90.75 ^a	75.42a	71.01a	61.60a	0.000	0.216	Y=88.472-0.153x	0.95
Biotrato	83.55ab	69.07a	72.14a	54.14a	0.000	0.458	Y=82.498-0.142x	0.82
Sem inoculante	82.07b	70.53a	58.71b	61.70a	0.000	0.004	Y=79.191-0.121x	0.81
Fibra em Detergente Ácido (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	209.45b	297.35a	423.39c	510.31a	0.000	0.955	Y=205.831+1.714x	0.99
Biotrato	266.79a	327.37a	558.73a	513.21a	0.000	0.000	Y=270.929+1.618x	0.79
Sem inoculante	283.72a	321.94a	520.51b	472.28b	0.000	0.000	Y=284.973+1.273x	0.74
Fibra em Detergente Neutro (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	642.70	690.26	694.28	700.03	0.001	0.021	Y=655.411+0.292x	0.74
Hemicelulose (g kg ⁻¹ de MS)								
Silotrato	422.79a	391.55a	186.32a	157.74ab	0.000	0.914	Y=439.650-1.667x	0.89
Biotrato	374.93b	378.44a	178.84a	137.38b	0.000	0.075	Y=404.239-1.520x	0.86
Sem inoculante	356.31b	386.13a	181.78a	186.17a	0.000	0.304	Y=384.811-1.191x	0.72
Celulose (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	181.08	181.49	193.53	201.44	0.016	0.516	Y=178.421+0.122x	0.91
Lignina (g kg ⁻¹ de MS)								
Média	81.13	138.04	152.56	79.23	0.779	0.000	Y=78.859+1.642x-0.009x ²	0.98
Consumo de matéria seca em relação ao peso vivo								
Média	1.87	1.74	1.73	1.72	0.003	0.029	Y=1.830-0.0007x	0.70
Total digestible nutrients (g kg ⁻¹ of DM)								
Silotrato	731,78a	670,26a	582,03a	521,18b	0.000	0.955	Y=734.321-1.200x	0.99
Biotrato	691,65b	649,24a	487,29c	519,15b	0.000	0.000	Y=688.749-1.132x	0.79
Sem inoculante	679.79b	653.04a	514.04b	547.80a	0.000	0.000	Y=678.915-0.891x	0.74

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de F (p>0,05%)

Os valores de CMSPV apresentaram em todos os tratamentos da silagem de milho Maximus efeito linear positivo (Tabela 3). O maior potencial de consumo foi observado aos 120 dias na silagem não inoculada (3,60) e aos 180 dias para silagem de milho tratada com inoculante Silotrato (3,07) e Biotrato (3,40). Em contrapartida, a silagem de sorgo Maxisilo apresentou comportamento linear negativo ao longo do tempo, não demonstrando diferenças entre a presença do inoculante (Tabela 4). Por apresentar valores acima da média de 2,2 até 180 dias de armazenamento, a silagem de milho tem grande potencial para ser incluída na dieta de ruminantes.

Houve efeito linear negativo sobre o parâmetro de NDT, tanto para silagem de milho como para silagem de sorgo. Para silagem de milho, não houve interferência da presença ou ausência dos inoculantes para silagem de milho (Tabela 3). Esse comportamento indica que

mesmo com a conservação das demais variáveis, esse material acaba perdendo seu valor ao longo do tempo, demonstrando mínima instabilidade, porém não comprometendo a qualidade quando incluído em dieta para os animais de produção.

Os valores de NDT decresceram ao longo do período de fermentação, apresentando diferença entre os materiais (Tabela 4). No momento da ensilagem a silagem inoculada com Silotrato apresentou valores superiores as demais Biotrato e controle, sendo 731,78, 691,65 e 679,79 g kg⁻¹ respectivamente e aos 180 dias apresentando valores elevados na silagem não inoculada (547,80 g kg⁻¹) em comparação aquelas inoculadas com Silotrato (521,18 g kg⁻¹) e Biotrato (519,15 g kg⁻¹). Para Oliveira et al. (2018) os valores de NDT para 6 cultivares de sorgo sem o uso de inoculante aos 180 dias variou entre 618,4 e 748,8 g kg⁻¹ na MS, superiores ao presente estudo. A diminuição dos valores NDT ao longo do período de armazenamento pode interferir na qualidade e comprometer o desempenho animal.

Oliveira et al. (2017) em uma meta-análise avaliando o efeito da inoculação microbiana sobre a fermentação, estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras, observou que a inoculação não melhorou a fermentação nas silagens de milho e sorgo em comparação com silagens de gramíneas. Ademais, a inoculação não afetou a estabilidade aeróbia das silagens. Efeitos semelhantes foram observados no presente estudo quanto a qualidade nutricional das silagens, sabendo que as silagens de milho e sorgo, apresentam naturalmente uma alta população epífita, baixa capacidade tampão e concentrações de carboidratos solúveis suficientes a uma boa fermentação.

4.2.5 CONCLUSÃO

O cultivar de milho Maximus e de sorgo Maxisilo apresentaram potencial para produção de silagens em Uruguaiana, Rio Grande do Sul. O uso de inoculantes manteve baixos valores de pH e NH₃-N das silagens e não influenciou na composição bromatológica.

Agradecimentos

A Atlântica Sementes e SLO Agropecuária pelo apoio com materiais para realização do projeto.

4.2.6 REFERÊNCIAS

- BOLSEN, K. K. **Silage technology**. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. Anais... Queensland: Gatton College, 1996. p. 1-30.
- BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; GUIMARÃES, V.A.P; FORTALEZA, A.P.S; JUNIOR, F.L.M.; MORAES, G.J. E MEZA, D.A.R. Aerobic stability in corn silage (*Zea mays* L.) ensiled with different microbial additives. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 39, n. 4, p. 357-362, 2017
- CABRAL, L. S., FILHO, S. C. V., DETMANN, E., ZERVOUDAKIS, J. T., PEREIRA, O. G., VELOSO, R. G. Composição Químico-Bromatológico, Produção de Gás, Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca e NDT Estimado da Silagem com Diferentes Proporções de Panícula. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1250-1258, 2003
- COSTA, R. F; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; DE SALES, E. C. J; RODRIGUES, J. A. S.; RIGUEIRA, J. P. S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 127-133, Apr/Jun. 2016.
- KLEINSCHMIT, D. H., SCHMIDT, R. J., & KUNG JR, L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.6, p. 2130-2139, 2005.
- KUNG, L., SHAVER, R. D., GRANT, R. J., & SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p. 4020-4033, 2018.
- JAREMTCHUK, A. R., JAREMTCHUK C. C., BAGLIOLI B., MEDRADO M. T., KOZLOWSKI L. A., COSTA C. E MADEIRA H. M. F. Características agrônômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Science**. v.27, p.181-188, 2005
- MCDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. J. E. **The biochemistry of the silage**. Edinburg, J. Wiley and Sons Ltda, 1991. 226p.
- MELLO R., NÖRNBERG L. J., ROCHA G. D., DAVID B. D. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.4, n.1, p.79-94, 2005
<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n1p95-103>
- MORAES, S. D. JOBIM, C. C. SILVA, M. S. MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**. v.14, n.4, p.624-634, 2013
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy Science**, Savoy, v. 80, n. 7, sep., p. 1463-1481, Jul. 1997.

MUCK, R.E., NADEAU, E.M.G., MCALLISTER, T.A., CONTRERAS, F.E., SANTOS, M.C., KUNG L.Jr. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.3980-4000, 2018.

NEUMANN M., RESTLE, J., NÖRNBERG, J. L., FILHO, D. C. A., MELLO, R. O., SOUZA, A. N. M., PELLEGRINI, L. G. Avaliação da Qualidade e do Valor Nutritivo de Silagem de Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.1, p.120-133, 2004

NEUMANN, M; POCZYNEK, M.; LEÃO, G.F.M.; FIGUEIRA, D.N. e SOUZA, A.M. Desempenho De Híbridos De Milho Para Silagem Cultivados Em Diferentes Locais Com Três Densidades Populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 49-62, 2018

NEVES, A. L. A., SANTOS R. D. , PEREIRA L. G. R. , OLIVEIRA G. F. , SCHERER C. B. , VERNEQUE R. S., McALLISTER T.. Agronomic characteristics, silage quality, intake and digestibility of five new Brazilian sorghum cultivars. **Journal of Agricultural Science**. v. 153, n. 2, p. 371-380, 2015

OLIVEIRA, A.S., WEINBERG, Z.G., OGUNADE, I.M., CERVANTES, A.A.P., ARRIOLA, K.G., JIANG, Y., KIM, D., LI, X., GONÇALVES M.C.M., VYAS, D. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. **Jornal of Dairy Science**. v.100, n. 6, p. 4587-4603, 2017

OLIVEIRA, B.S., PEREIRA L.G.R., AZEVEDO, J.A.G., RODRIGUES, J.A.S., VELASCO, F.O., NEVES, A.L.A., MAURÍCIO, R.M., VERNEQUE, R.S., SANTOS, R.D. Silage quality of six sorghum cultivars for sheep. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 53, n. 2, p. 256-264, Feb. 2018

PEDREIRA, M. D. S. REIS R. A., BERCHIELLI T. T., MOREIRA A. L., COAN R. M. Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, p.1083-1092, 2003

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D. e REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.5, n.2, p.266-279, 2006

PIRES, D. A. A. ROCHA, V. R. J., SALES, E. C. J., REIS S. T., JAYME, D. G., CRUZ, S. S., LIMA, L. O. B., TOLENTINO, D. C., ESTEVES, B. L. C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.12, n.1, p. 68-77, 2013

<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n1p68-77>

QUEIROZ O. C. M., ADESOGAN A. T., ARRIOLA K. G., QUEIROZ M. F. S. Effect of a dual-purpose inoculant on the quality and nutrient losses from corn silage produced in farm-scale silos. **Journal of Dairy Science**. v.95 n.6, p.3354–3362, 2012

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5207>

QUEIROZ O. C. M., ARRIOLA K. G., DANIEL J. L. P., ADESOGAN A. T. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. **Journal of Dairy Science**. v.96, n.9, p.5836–5843, 2013
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6691>

RABELO, Carlos HS; MARI, Lucas J.; REIS, Ricardo A. Survey about the use of bacterial inoculants in Brazil: Effects on silage quality and animal performance. In: **Advances in silage production and utilization**. InTech, 2016.

RAHMAN N. A., HALIM M. R. A., MAHAWI N., HASNUDIN H., AL-OBAIDI J. R., ABDULLAH N. Determination of the Use of *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium freudenreichii* Application on Fermentation Profile and Chemical Composition of Corn Silage. **BioMed Research International**. Volume 2017, Article ID 2038062, 8 pages, 2017
<https://doi.org/10.1155/2017/2038062>

RODRIGUES P.H.M., SENATORE A. L., ANDRADE S. J. T., RUZANTE J. M., LUCCI C. S., LIMA F. R. Efeitos da Adição de Inoculantes Microbianos sobre a Composição Bromatológica e Perfil Fermentativo da Silagem de Sorgo Produzida em Silos Experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2373-2379, 2002

SENGER, C.C.D., MUHLBACH, P.R.F., SÁNCHEZ, L.M.B., NETTO, D.P., LIMA, L.D. Composição química e digestibilidade ‘in vitro’ de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**. v.35, n.6, p.1393-1399, 2005

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 235

SILVA, M.S.J.; JOBIM, C.C.; POPPI, E.C., TRES, T.T., OSMARI, M.P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.44, n.9, p.303-313, 2015

THOMAS M. E., FOSTER J. L., MCCUISTION K. C., REDMON L. A., JESSUP R. W. Nutritive value, fermentation characteristics, and in situ disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. **Journal of Dairy Science**. v.96, n.11, p. 7120–7131, 2013

TOLENTINO D. C.; RODRIGUES J. A. S.; PIRES D. A. A.; VERIATO F. T., LIMA L. O. B.; MOURA M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-149, Apr./Jun., 2016.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

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

YITBAREK, M.B. e TAMIR, B. Silage Additives: Review. **Journal of Applied Sciences**. v.4, p.258-274, 2014.
<http://dx.doi.org/10.4236/ojapps>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plantação de cultivares de milho e de sorgo para produção de silagem em Uruguaiana, Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul tornaram-se com o nosso estudo uma alternativa viável para utilização estratégica em períodos de desafios como épocas de escassez forrageira enfrentados pelos pecuaristas da região.

A inclusão das culturas de diferentes culturas de milho (Maximus) e de sorgo (Qualysilo, Chopper, Dominator e Maxisilo) expressaram grande potencial produtivo e qualidade nutricional para as silagens produzidas. Períodos curtos e longos de armazenado das silagem diagnosticaram seu potencial para preservação dos nutrientes advindos da variedade de cada cultivar podendo ser utilizados na alimentação ao longo do ano.

O processo de ensilagem com a introdução do inoculante composto, demonstrou-se efetivo quanto à conservação de nutrientes e pelo processo fermentativo diminuindo perdas por deteriorização.

6 REFERÊNCIAS

ANJOS, G. V. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; COELHO, M. M.; MICHEL, P. H. F.; OTTONI, D. AND JAYME, D. G. Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 7, p. 6047–6054, 2018

BRUNING, D., GERLACH, K., WEIB, K., SUDEKUM, K. H. Effect of compaction, delayed sealing and aerobic exposure on maize silage quality and on formation of volatile organic compounds. **Grass and Forage Science**. v. 73, n. 1, p. 53-66, 2018

BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; GUIMARÃES, V.A.P; FORTALEZA, A.P.S; JUNIOR, F.L.M.; MORAES, G.J. E MEZA, D.A.R. Aerobic stability in corn silage (*Zea mays* L.) ensiled with different microbial additives. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 39, n. 4, p. 357-362, 2017

<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i4.34426>.

CABRAL, L. S., FILHO, S. C. V., DETMANN, E., ZERVOUDAKIS, J. T., PEREIRA, O. G., VELOSO, R. G. Composição Químico-Bromatológico, Produção de Gás, Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca e NDT Estimado da Silagem com Diferentes Proporções de Panícula. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1250-1258, 2003

CANDIDO, M. J. D., OBEID, J. A., PEREIRA, O. G., CECON, P. R., QUEIROZ, A. C., PAULINO, M. F., NETO, M. M. G. Valor Nutritivo de Silagens Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob Doses Crescentes de Adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.20-29, 2002

CAVALLARIN, L. et al. Aflatoxin accumulation in whole crop maize silage as a result of aerobic exposure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, West Sussex, v. 91, n. 13, p. 2419-2425, 2011

DANIEL J.L.P.; QUEIROZ O.C.M.; ARRIOLA K.G.; DAETZ R.; BASSO F.; ROMERO J.J. e ADESOGAN A.T. Effects of homolactic bacterial inoculant on the performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5145–5152, 2018.

DUNIÈRE L., SINDOU J., CHAUCHEYRAS-DURAND F., CHEVALLIER I., THÉVENOT-SERGEANT D. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**. v.182, n. 12, p.1–15, 2013

FERNANDES F. E. P., GARCIA R., PIRES A. J. V., PEREIRA O. G., CARVALHO G. G. P., OLIVINDO C. de S. 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

HOLMES, B.J; BOLSEN, K.K. What's new in silage management. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 15., 2009, Madison, USA. **Proceedings...** Madison, USA, 2009. p.61-76.

HOLZER M.; MAYRHUBER, E.; DANNER, H. AND BRAUN, R. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. **TRENDS in Biotechnology**, v.21, n.6, p.282-287, 2003.

HÜLSE J., NEUMANN M., UENO R. K., HEKER JR. J. C., FIGUEIRA D. N., SANDINI I. E., MÜLLER M. M. L., HORST E. H., VIGNE G. L. D. Nutrient balance in the soil and nutritive characteristics of maize silage cut at different height. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 38, n. 6, p. 3779-3796, 2017

KLEIN, J.L.; VIANA, A.F.P.; MARTINI, P.M.; ADAMS, S.M.; GUZATTO, C.; BONA, R.A.; RODRIGUES, L.S.; ALVES FILHO, D.C.; e BRONDANI, I.L. Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 101-110, 2018

JAREMTCHUK, A. R., JAREMTCHUK C. C., BAGLIOLI B., MEDRADO M. T., KOZLOWSKI L. A., COSTA C. E MADEIRA H. M. F. Características agrônômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Science**. v.27, p.181-188, 2005

LEÃO G. F. M., JOBIM C.C., NEUMANN M., HORST E. H, SANTOS S. K., VENANCIO B. J., SANTOS L. C. Nutritional composition and aerobic stability of winter cereal silage at different storage times. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 39, n. 2, p. 131-136, 2017

McDONALD, P. Silage Fermentations. **Trends in Biochemical Science**. v.7, e.5, p166-164, 1982
[https://doi.org/10.1016/0968-0004\(82\)90127-X](https://doi.org/10.1016/0968-0004(82)90127-X)

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. J. E. **The biochemistry of the silage**. Edinburg, J. Wiley and Sons Ltda, 1991. 226p.

MELLO R., NÖRNBERG L. J., ROCHA G. D., DAVID B. D. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.4, n.1, p.79-94, 2005
<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n1p95-103>

MORAES, S. D. JOBIM, C. C. SILVA, M. S. MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**. v.14, n.4, p.624-634, 2013

MOURA, M.M.A.; PIRES, D.A.A; RODRIGUES, J.A.S.; SALES, E.C.J.; COSTA, R.F. E TOLENTINO, D.C. Chemical composition of sorghum genotypes silages. **Acta Sci., Anim. Sci.**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 369-373, 2016 .
<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i4.31810>.

NEUMANN M., RESTLE, J., NÖRNBERG, J. L., FILHO, D. C. A., MELLO, R. O., SOUZA, A. N. M., PELLEGRINI, L. G. Avaliação da Qualidade e do Valor Nutritivo de Silagem de Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.1, p.120-133, 2004

NEUMANN, M; POCZYNEK, M.; LEÃO, G.F.M.; FIGUEIRA, D.N. e SOUZA, A.M. Desempenho De Híbridos De Milho Para Silagem Cultivados Em Diferentes Locais Com Três Densidades Populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 49-62, 2018

NEVES, A. L. A., SANTOS R. D. , PEREIRA L. G. R. , OLIVEIRA G. F. , SCHERER C. B. , VERNEQUE R. S., McALLISTER T.. Agronomic characteristics, silage quality, intake and digestibility of five new Brazilian sorghum cultivars. **Journal of Agricultural Science**. v. 153, n. 2, p. 371-380, 2015

OLIVEIRA, F.C.L., JOBIM, C.C.; SILVA, M.S.; JUNIOR, .M.C.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H. e JULIANO ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.720-727, 2011

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 2003. p. 31-93.

PEDREIRA, M. D. S. REIS R. A., BERCHIELLI T. T., MOREIRA A. L., COAN R. M. Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, p.1083-1092, 2003

PEREIRA A. C., SILVA R.R., GONÇALVES L.C., BORGES A. L. C. C., BORGES I., GOMES S. P., RODRIGUES J. A. S, SALIBA E. O. S., FERREIRA J. J. C., SILVA J. J. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo [*sorghum bicolor* (l.) Moench] br 601 com aditivos 1 – ph, nitrogênio amoniaco, matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.6, n.2, p.211-222, 2007

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D. e REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.5, n.2, p.266-279, 2006

PIRES, D. A. A. ROCHA, V. R. J., SALES, E. C. J., REIS S. T., JAYME, D. G., CRUZ, S. S., LIMA, L. O. B., TOLENTINO, D. C., ESTEVES, B. L. C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.12, n.1, p. 68-77, 2013
<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n1p68-77>

QUEIROZ O. C. M., ADESOGAN A. T., ARRIOLA K. G., QUEIROZ M. F. S. Effect of a dual-purpose inoculant on the quality and nutrient losses from corn silage produced in farm-scale silos. **Journal of Dairy Science**. v.95 n.6, p.3354–3362, 2012
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5207>

QUEIROZ O. C. M., ARRIOLA K. G., DANIEL J. L. P., ADESOGAN A. T. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. **Journal of Dairy Science**. v.96, n.9, p.5836–5843, 2013
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6691>

RABELO, C. H. S., REZENDE, A. V., RABELO F. H. S., NOGUEIRA D. A., SENEDESE, S. S., VIEIRA, P. F., BERNARDES C. L., CARVALHO, A. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológicas e digestibilidade *in vitro*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.2, p.368-373, fev, 2014

RAHMAN N. A., HALIM M. R. A., MAHAWI N., HASNUDIN H., AL-OBAIDI J. R., ABDULLAH N. Determination of the Use of *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium freudenreichii* Application on Fermentation Profile and Chemical Composition of Corn Silage. **BioMed Research International**. Volume 2017, Article ID 2038062, 8 pages, 2017
<https://doi.org/10.1155/2017/2038062>

RIBEIRO C. G. M., GONÇALVES L. C., RODRIGUES J. A. S., RODRIGUEZ N. M., BORGES I., BORGES A. L. C. C., SALIBA E. O. S., CASTRO G. H. F., Ribeiro Jr G. O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.59, n.6, p.1531-1537, 2007

RODRIGUES P.H.M., SENATORE A. L., ANDRADE S. J. T., RUZANTE J. M., LUCCI C. S., LIMA F. R. Efeitos da Adição de Inoculantes Microbianos sobre a Composição Bromatológica e Perfil Fermentativo da Silagem de Sorgo Produzida em Silos Experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2373-2379, 2002

SANTOS, A.O., AVILA C.L.S., PINTO J.C., CARVALHO B.F., DIAS D.R., SCHWAN R.F. Fermentative profile and bacterial diversity of corn silages inoculated with new tropical lactic acid bacteria. **Journal of Applied Microbiology**. v.120, p.266-279, 2016

SENGER, C.C.D., MUHLBACH, P.R.F., SÁNCHEZ, L.M.B., NETTO, D.P., LIMA, L.D. Composição química e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**. v.35, n.6, p.1393-1399, 2005

SILVA, M.S.J.; JOBIM, C.C.; POPPI, E.C., TRES, T.T., OSMARI, M.P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.44, n.9, p.303-313, 2015

THOMAS M. E., FOSTER J. L., MCCUISTION K. C., REDMON L. A., JESSUP R. W. Nutritive value, fermentation characteristics, and in situ disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. **Journal of Dairy Science**. v.96, n.11, p. 7120–7131, 2013
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6635>

VELHO J. P., MÜHLBACH P. R. F., GENRO T. C. M., SANCHEZ L. M. B., NÖRNBERG J. L., ORQIS M. G., FALKENBERG J. R. Alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar após “desensilagem”. **Ciência Rural**, v.36, n.3, 2006.

WEINBERG, Z.G.; KHANAL, P.; YILDIZ, C.; CHEN, Y. e ARIELI, A. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. *Grassland Science*, v.57, n.1, p. 46-50, 2011

WILKINSON, J.M.; DAVIES, D.R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 68, p. 1-19, 2012

YITBAREK, M.B. e TAMIR, B. Silage Additives: Review. **Journal of Applied Sciences**. v.4, p.258-274, 2014.
<http://dx.doi.org/10.4236/ojapps>.

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 l.) com açúcar ou inoculante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 178-189, 2012
<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n2p178-189>

ZHOU Y., DROUIN P., LAFRENIÈRE C. Effect of temperature (5 °C–25 °C) on epiphytic lactic acid bacteria populations and fermentation of whole-plant corn silage. **Journal of Applied Microbiology** v.12, n.3, p.657-671, 2016
DOI:10.1111/jam.13198