

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**O TEOR DE UMIDADE E A INOCULAÇÃO COM
Lactobacillus buchneri MODULAM O PERFIL
FERMENTATIVO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E
DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE GRÃOS DE
MILHO REIDRATADOS**

Autor: Frederico Costa Nunes
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kátia Cylene Guimarães
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Flávia Oliveira Abrão Pessoa

Rio Verde - GO
Junho – 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**O TEOR DE UMIDADE E A INOCULAÇÃO COM *Lactobacillus
buchneri* MODULAM O PERFIL FERMENTATIVO,
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DE
SILAGENS DE GRÃOS DE MILHO REIDRATADOS**

Autor: Frederico Costa Nunes
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kátia Cylene Guimarães
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Flávia Oliveira Abrão Pessoa

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO
Junho – 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

NOT87t Nunes, Frederico
O TEOR DE UMIDADE E A INOCULAÇÃO COM
Lactobacillus buchneri MODULAM O PERFTI,
FERMENTATIVO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE
DE SILAGENS DE GRÃOS DE MILHO REIDRATADOS /
Frederico Nunes; orientadora Katia Cyrene Guimarães
Guimarães ; co-orientadora Flávia Oliveira Abrão
Pessoa Pessoa. Rio Verde, 2021.
47 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Zootecnia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. amido. 2. produção animal. 3. ruminantes . 4.
valor nutricional . 5. zeína . I. Guimarães , Katia
Cyrene Guimarães , orient. II. Pessoa, Flávia
Oliveira Abrão Pessoa, co-orient. III. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: **Frederico Costa Nunes**

Matrícula: **2019102310240150**

Título do Trabalho: **O TEOR DE UMIDADE E A INOCULAÇÃO COM *Lactobacillus buchneri* MODULAM O PERFIL FERMENTATIVO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE GRÃOS DE MILHO REIDRATADOS**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **01/08/21**

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra Instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Goiânia, _____, 19/08/21
Local Data

Frederico Costa Nunes

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Valéria Cristina Guimarães

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**O TEOR DE UMIDADE E A INOCULAÇÃO COM *Lactobacillus buchneri* MODULAM O
PERFIL FERMENTATIVO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS
DE GRÃOS DE MILHO REIDRATADOS**

Autor: Frederico Costa Nunes
Orientadora: Katia Cylene Guimarães

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADO em 28 de junho de 2021.

Dr^a. Flávia Oliveira Abrão
Pessoa
Avaliadora interna
IF Goiano/Ceres

Dr. Reginaldo Nassar Ferreira
Avaliador externo
UFG/Goiania

Dr^a. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde

Dr^a. Katia Cylene Guimarães
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- **Reginaldo Nassar Ferreira, Reginaldo Nassar Ferreira - 234405 - Professor de ciências biológicas do ensino superior - Universidade Federal de Goiás (01567601000143)**, em 28/06/2021 15:47:38.
- **Flávia Oliveira Abrao Pessoa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/06/2021 15:46:13.
- **Ana Paula Cardoso Gomide, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/06/2021 15:45:17.
- **Katia Cyllene Guimaraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/06/2021 15:43:04.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/06/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 283871

Código de Autenticação: cdb07871b7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos para estar sempre no melhor caminho, com saúde e força de vontade.

À minha família por estarem sempre ao meu lado me apoiando e permitindo que eu realizasse mais um projeto, em especial minha esposa, mãe, pai e irmã.

À Dra. Kátia Cylene Guimarães pela orientação, paciência, oportunidades de aprendizagem e principalmente pela amizade.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Frederico Costa Nunes, filho de Leila Peixoto da Costa e Wilson José Nunes, nascido em 18 de agosto de 1981, na cidade de Goiânia. Conclui Zootecnia em junho de 2005, pela então, Universidade Católica de Goiás, hoje PUC Goiás. Ingressou no curso de Pós-Graduação em março de 2019, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Em maio de 2021, submeteu a banca avaliadora sua dissertação, intitulada: O teor de umidade e a inoculação com *Lactobacillus buchneri* modulam o perfil fermentativo, composição química e digestibilidade de silagens de grãos de milho reidratados.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	vii
REVISÃO DE LITERATURA	10
INTRODUÇÃO	10
Grão de milho na alimentação de ruminantes	11
Composição estrutural do grão de milho.....	11
Processamento de grãos.....	14
Silagem de grãos úmidos e reidratados.....	16
Grãos de milho reidratados em dietas de ruminantes.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
OBJETIVOS	22
Geral	22
Específicos	22
CAPÍTULO I – Artigo Científico:	23
O teor de umidade e a inoculação com <i>Lactobacillus buchneri</i> modulam o perfil fermentativo, composição química e digestibilidade de silagens de grãos de milho reidratados.....	23
RESUMO	24
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	27
Local do experimento.....	27
Material vegetal, ensilagem, abertura dos silos e amostragem.....	27
Perdas fermentativas e recuperação de matéria seca.....	28
Análise químico-bromatológica e pH.....	28
Delineamento experimental e análise estatística.....	29
RESULTADOS	31
Exp. 01: Silagem de grão de milho reidratado a 30 % de umidade.....	31
Perdas fermentativas e pH.....	31
Composição química-bromatológica.....	32
Conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS.....	33
Exp. 02: Silagem de grão de milho reidratado a 35 % de umidade.....	33
Perdas fermentativas e pH.....	33

<i>Composição química-bromatológica</i>	34
<i>Conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade in vitro da MS</i>	36
Exp. 03: Silagem de grão de milho reidratado a 40 % de umidade.....	36
<i>Perdas fermentativas e pH</i>	36
<i>Composição química-bromatológica</i>	37
<i>Conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade in vitro da MS</i>	38
Componentes principais (PCA).....	39
DISCUSSÃO	39
Perdas fermentativas e pH.....	39
Composição química-bromatológica, conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS.....	41
PCA.....	44
CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição química-bromatológica e perdas no processo de fermentação de silagens de grãos de milho reidratado a 30 % de umidade.....	51
Tabela 2. Composição química-bromatológica e perdas no processo de fermentação de silagens de grãos de milho reidratado a 35 % de umidade.....	53
Tabela 3. Composição química-bromatológica e perdas no processo de fermentação de silagens de grãos de milho reidratado a40 % de umidade	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes principais de silagens de milho reidratado a 30, 35 e 40 % de umidade em função do tempo de armazenamento e inoculação com <i>Lactobacillus buchneri</i>	57
---	----

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

CON – silagem controle

LB – silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri*

BAL – bactérias produtoras de ácido lático

pH - potencial de hidrogênio iônico

UFC – unidade formadora de colônia

Kg – quilograma

m³ - metro cúbico

d – dias

h – horas

°C – graus Celsius

mm – milímetro

PE – produção de efluentes

PG – produção de gases

RMS – recuperação de matéria seca

MS – matéria seca

Pvi – peso do tubo vazio + peso da areia no fechamento

Pvf – peso do tubo vazio + peso da areia na abertura

Tb – tara do tubo

MFi - matéria de forragem no fechamento

PCi – peso do tubo cheio no fechamento

PCf – peso do tubo cheio na abertura

MSi – teor de matéria seca da forragem no fechamento

MFf – matéria de forragem na abertura

MSf – teor de matéria seca da forragem na abertura

MM – matéria mineral

PB – proteína bruta

EE – extrato etéreo

FDN – fibra insolúvel em detergente neutro

FDA – fibra insolúvel em detergente ácido

LIG – lignina

DIVMS – digestibilidade *in vitro* da matéria seca

CT – carboidratos totais

CNF – carboidratos não fibrosos

DIC – delineamento inteiramente casualizado

Exp. – experimento

ANOVA – análise de variância

PCA – análise de componentes principais

%MS – porcentagem da matéria seca

%MS/dia – porcentagem da matéria seca por dia

REVISÃO DE LITERATURA

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte e leite está entre as atividades de maior importância, tanto social como econômica. Está presente em todos os municípios brasileiros com ampla variedade de raças, sistemas de produção, índices produtivos, sistemas de nutrição e sistemas de comercialização, de acordo com as peculiaridades e exigências de cada região e do mercado a que se destina (OLIVEIRA, 2017).

O uso do confinamento na terminação de bovinos tem sido cada vez mais frequente nas propriedades. Várias são as realidades e formas de criação destes animais nos diferentes sistemas de produção existentes. Porém, o fator nutrição é ainda o mais impactante no custo de produção, sendo muitas vezes o responsável pelo sucesso ou o fracasso da atividade pecuária (DOS REIS et al., 2001).

Nesse cenário, o grão de milho é o ingrediente mais utilizado como concentrado energético, sendo a principal fonte de amido nas dietas e apresentando particularidades principalmente na disponibilidade de amido oferecido aos animais (ARCARI et al., 2016). Estes grãos apresentam forte matriz proteica que recobre os grânulos de amido, limitando assim o ataque microbiano no rúmen e, dependendo do tipo de matriz, diminuindo também a ação enzimática no intestino delgado (MENEZES et al., 2017).

Várias são as formas de processamento destes grãos que podem resultar em aumento da disponibilidade de amido e, portanto, incrementar o aproveitamento dos cereais. Destacam-se nessas atividades a moagem, a ensilagem dos grãos e a reidratação dos grãos (PEREIRA & PEREIRA, 2014). O processamento visa aumentar a digestibilidade do amido no trato digestivo total do bovino, através da redução da

integridade da matriz proteica que circunda os grânulos de amido, permitindo assim um maior ataque enzimático das enzimas microbianas ou intestinais (ARCARI et al., 2016).

Grão de milho na alimentação de ruminantes

A pecuária de corte brasileira por meio de significativos avanços produtivos elevou à categoria internacional de exportador e colocou o Brasil entre os maiores produtores de carne bovina. Diante disso, a intensificação da produção animal necessita do incremento do valor nutritivo das dietas, a fim de otimizar o consumo e digestibilidade dos nutrientes, uma vez que o atendimento das exigências de manutenção e desempenho animal está correlacionado com o consumo de nutrientes (OLIVEIRA, 2017).

A principal fonte de amido utilizado na alimentação animal é o grão de milho (*Zea mays*) devido a maior disponibilidade energética, sendo amplamente cultivado solo brasileiro (REIS et al., 2001; VARGAS JR et al., 2008). A importância da utilização dos grãos de milho na nutrição animal é confirmada pela Associação Brasileira de Produtores de Milho, uma vez que, a bovinocultura consumiu cerca de 4.335 mil ton na safra 2019/20 (ABIMILHO, 2020).

Composição estrutural do grão de milho

O milho é composto basicamente por 82% de endosperma, 11% de gérmen, 5% de pericarpo e 2% de ponta. O grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e na organização dentro do grão (PAES, 2006). Há uma diferenciação correspondente ao nível de dureza do grão, caracterizada pela estrutura do endosperma e tamanho do germe (SILVA et al., 2018). De acordo com as características

e proporções entre o endosperma vítreo e farináceo do grão, existem quatro classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo e pipoca (PAES, 2006).

O milho dentado, diferente do milho duro, possuem amido mole e poroso e têm baixa densidade. Os grãos do tipo duro ou *flint* têm endosperma rígido ou cristalino, ocupando quase todo o seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo. Com a maturação, acontece a perda de umidade, o endosperma farináceo reduz o seu volume em maior intensidade, sendo possível fazer a identificação, pelo enrugamento do endosperma no topo da semente. Os grãos duros têm alta vitreosidade e densidade, sendo que a vitreosidade é definida como a proporção de endosperma duro (vítreo) em relação ao endosperma total (PERES, 2011).

A maior proporção de endosperma vítreo resulta em grãos de milho duros ou *flint*. No Brasil os híbridos comerciais são na totalidade de alta vitrosidade, preferidos pela resistência ao ataque de pragas, adversidades climáticas, problemas de colheita e armazenamento (PEREIRA & PEREIRA, 2014). O amido é um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular e sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva de energia para os vegetais durante os períodos de dormência, germinação, crescimento e rebrota. As plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos. O amido é a principal unidade de reserva energética vegetal, e na semente possui papel importante para a germinação. Dois polímeros de glicose formam o amido, amilose (22 a 28%) e amilopectina (72 a 78%). Esses dois polímeros são diferentes em estrutura química, tamanho da molécula e propriedades químicas (MENEZES et al., 2017; PERES, 2011).

A amilose, é um polímero longo, linear, disposto em dupla hélice cujos resíduos de glicose são unidos por ligações α -1,4. A amilopectina, é um polímero de estrutura molecular complexa cujas unidades glicosídicas encontram-se unidas por ligações α -1,4

e α -1,6 a cada 20 a 25 moléculas de glicose. Esses polímeros estão no interior do endosperma na forma de pequenos grânulos unidos por pontes de hidrogênio. Essas ligações conferem aos grânulos íntegros, baixa capacidade de absorção de água. Os processamentos são aplicados aos grãos para quebrar essas pontes de hidrogênio dentro dos grânulos e melhorar sua capacidade de hidratação, deixando o amido disponível a digestão enzimática (NUNES et al., 2014).

A amilopectina se constitui na parte mais organizada e cristalina dos grânulos, mais densa e que oferece maior resistência à penetração de água ou ação enzimática. A amilose se constitui na parte menos organizada ou amorfa e menos densa que a cristalina, podendo a água mover-se livremente através dela. Os grânulos de amido são interligados e envoltos por uma camada ou matriz proteica. A digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao seu teor de amilose, em virtude de interações desta com a matriz proteica do grânulo de amido (PFLUGFELDER & ROONEY, 1986).

A matriz proteica do amido no milho foi definida anteriormente como um impedimento físico-químico para a digestão do amido em ruminantes (OWENS et al., 1986; SANTOS, 2015). No milho, as proteínas zeínas hidrofóbicas são as proteínas primárias na matriz amido-proteína, e compreendem 50 a 60% da proteína total no milho integral. Essas proteínas são classificadas como prolaminas, consistindo de 4 subclasses (α , β , γ , δ). As zeínas não são intrínsecas dentro do grânulo de amido, mas são principalmente localizadas na superfície no exterior dos grânulos de amido. À medida que se desenvolvem e se distendem com o avanço da maturidade, as ligações cruzadas de β e γ -zeínas e as α e δ -zeínas penetram em sua rede, encapsulando assim o amido numa matriz proteica de amido hidrofóbica (HOFFMAN et al., 2011).

A extensa ligação cruzada de proteínas zeína produz endosperma vítreo, e variedades secas de milho com maior percentagem de endosperma vítreo diminuiram a

degradabilidade do amido *in vitro* ou *in situ* (CORREA et al., 2010). A alimentação de milho seco com maior vítreo também diminuiu a digestão de amido *in vivo* em vacas leiteiras em lactação (BITENCOURT, 2012).

A reduzida digestibilidade no intestino delgado se deve a ausência de processamentos nos grãos. Em dietas com milho processado comparado com dietas a base de milho grão inteiro, foi observado a redução da concentração de amido de fermentação ruminal e maximização da produção de energia metabolizável (OLIVEIRA, 2017).

Processamento de grãos

O processamento de grãos refere-se aos métodos de preparação para a alimentação e visa principalmente à melhoria da digestibilidade e da palatabilidade dos alimentos ou inativação de fatores antinutricionais. Para ruminantes, o processamento do grão de milho potencializa a fermentação do amido no rúmen e minimiza as limitações da digestão no intestino delgado, aumentando a digestibilidade em ambos os compartimentos (FERRARETTO et al., 2013). Os grãos de cereais podem ter cerca de 50% a 70% de sua composição em amido, parte essa considerada alvo para os métodos de processamento, independentemente do tipo de grão. De maneira geral, a chave para o sucesso na digestibilidade do amido está diretamente ligada ao processamento adequado sobre o grão (PERES, 2011).

Os métodos de processamento de grãos mais empregados são: a moagem, a laminação, a floculação, peletização, extrusão e a ensilagem, seja ela de grãos úmidos ou reidratados. A moagem é a mais difundida pelo país, consistindo em um processo de redução do tamanho das partículas realizada via moinho de martelo e peneiras. O milho é reduzido a partículas menores e peneirado, rompendo a película externa do grão e o pericarpo; aumento a superfície de contato e facilitando a ação dos microrganismos ao

endosperma, atuando diretamente na digestibilidade do amido (NUSSIO et al., 2008; BATALHA, 2015).

A laminação é um tipo de processamento assim como a moagem, porém de forma mais branda gerando partículas maiores ao passar pelo laminador. Em comparação com o grão de milho moído sua degradabilidade ruminal é menor. Em dietas que usam essa tecnologia, uma grande parte dos grãos laminados são levados ao intestino delgado (LAGE et al., 2017). Outro tipo de processamento é a floculação, neste processo os grãos de milho são colocados no condensador por 30 a 60 min e a temperatura é elevada até 20 a 24% intensificando o processo de gelatinização. Posteriormente, os grãos são comprimidos em rolos até a espessura de 0,9 a 1,1 mm (PEREIRA & ANTUNES, 2007; LAGE et al., 2017). A floculação aumenta a digestibilidade aparente da matéria seca e matéria natural, amido e proteína, melhorando a eficiência alimentar e a produção de proteína do leite (SANTOS et al., 2016).

A peletização consiste em submeter os alimentos a moagem e posteriormente a pressão, umidade e calor, de forma que se consiga obter pletes, de vários tamanhos ou formas. Neste procedimento muitas vezes utilizam-se ligantes (aditivos) para obter uma maior adesão das partículas. A peletização oferece vantagens tais como: aumenta a densidade física da ração, aumenta o consumo da ração pelos animais, reduz a pulverulência (evita os problemas respiratórios e facilita o manuseio), elimina a seleção de ingredientes (particularmente em ovinos e caprinos) e reduz o desperdício em comedouros (GUEDES et. al, 2004).

No processo de extrusão, os grãos são moídos anteriormente do tratamento a vapor e passam por uma rosca sem fim, de onde são extrusados através de orifícios aonde o alimento vai se expandindo na direção em que ele é expelido. A expansão

sofrida pelos grãos causa ruptura dos grânulos de amido (GONÇALVES et. al, 2009; LAGE et al., 2017).

Silagem de grãos úmidos e reidratados

No Brasil, a utilização da silagem de grãos úmidos foi introduzida nos anos 80 principalmente em criações de suínos. A silagem é chamada de grão úmido pelo teor de umidade do grão no momento da colheita, 35 a 40% de umidade para uma rápida e favorável fermentação do produto no silo (MOURÃO et al., 2017). Essa técnica apresenta vantagens como a minimização das perdas na colheita, a liberação antecipada da área para outras culturas, a redução do tempo gasto com a secagem e das perdas ocasionadas por insetos e roedores durante a armazenagem e a diminuição dos custos do alimento produzido (GOBETTI et al., 2013).

O processo de reidratação consiste em triturar o milho e adicionar água para elevar sua umidade de 12 até 40%. Esse processamento aumenta a digestibilidade do grão devido ao aumento da superfície de contato, rompimento parcial da matriz proteica, ação dos ácidos da fermentação e da gelatinização e pelo aquecimento do processo de silagem (PEREIRA et al., 2013).

Durante o processo de ensilagem, as subunidades de proteína que se ligam a grânulos de amido, sofrem proteólise, o que explica melhor a digestibilidade do amido total quando os animais são alimentados com milho de alta umidade em comparação ao milho moído seco (FERRARETTO et al., 2013). Por este motivo, o milho seco pode ser reidratado para atingir níveis de umidade que são suficientes para um processo de ensilagem (REZENDE et al., 2014).

Grãos reidratados em dietas de ruminantes

O emprego da silagem de milho reidratado em substituição do milho seco em dietas de vacas leiteiras aumentou a produção de leite em 2,1 litros/vaca/dia, juntamente com aumento na digestibilidade aparente total do amido (ACARI et al., 2016). Ferraretto et al. (2018) avaliaram o efeito da reidratação e ensilagem do milho moído com diferentes concentrações de resíduo úmido de cerveja no perfil de fermentação e na digestibilidade ruminal *in vitro* do amido. Além de fermentação adequada, como evidenciado pelo pH e concentração de ácido láctico e maior digestibilidade do amido. A reidratação e a ensilagem milho com resíduo úmido de cerveja, visando 70% de MS aumentaram a digestibilidade do amido em grau semelhante à reidratação e ensilagem com água.

Uma meta-análise foi realizada para determinar a influência do tipo de grão de cereais e métodos de colheita e processamento de grãos de milho, tamanho de partículas, amido digestível ruminal e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na forragem, digestão, e desempenho da lactação por vacas leiteiras. Foi utilizado um conjunto de dados que compreende 414 tratamentos de 102 relatórios de periódicos revisados por pares de 2000 a 2011 por Ferraretto et al. (2013). Os autores concluíram que a digestibilidade do amido foi melhorada para vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo grãos de milho ensilados ou processados a vapor, ou milho seco, respectivamente. As comparações entre locais de digestão de amido indicam que o aumento de digestibilidade ruminal resulta em aumento da digestibilidade do trato total e a digestão pós-ruminal não compensa totalmente o amido que escapa da degradação ruminal.

Gobetti et al. (2013) afirmaram que a utilização da silagem de grãos úmidos de milho na alimentação de ruminantes é uma tecnologia que pode contribuir

significativamente para melhorar os índices de produtividade animal e reduzir os custos. As vantagens no uso dessa silagem explicam-se pela forma como o amido é digerido no rúmen, intenso grau de processamento físico dos grãos na ensilagem e/ou químico-biológico na fermentação, onde os animais conseguem aproveitar melhor os nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMILHO. Abimilho / Estatística / Oferta e Demanda. 2020. Disponível em: <<http://abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 02 fevereiro 2021.
- ARCARI, M. A.; MARTINS, C. M. M. R.; TOMAZI, T.; GONCALVES, J. L.; SANTOS, M. V. Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 167-173, 2016.
- BATALHA, C. D. A. **Processamento de grãos de milho para vacas leiteiras em pastagem tropical**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moido por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. 2012. Tese de Doutorado. MS Thesis, Universidade Federal de Lavras, MG, Brazil.
- CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of dairy science**, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.
- FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, p. 533-550, 2013.
- FERRARETTO, L. F.; SILVA FILHO, W. I.; FERNANDES, T.; KIM, D. H.; SULTANA, H. Effect of ensiling time on fermentation profile and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated corn with or without varied concentrations of wet brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4643-4649, 2018.

- GOBETTI, S. T. De; NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. **Revista Ambiência**, v. 9, n. 1, p. 225–239, 2013. Disponível em: <http://www.unicentroagronomia.com/destino_arquivo/1304-10703-1_2013.pdf>. Acesso em: 2 maio. 2019.
- GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Formulação de dietas para bovinos leiteiros**. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2009. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/4383/material/Livro - Alimentação de Gado de Leite.pdf>>. Acesso em: 10 maio. 2019.
- GUEDES, L. F.; SANTOS, D. Dos; BORGES, I.; ALVES, L. de R. N.; JÚNIOR, J. A. Efeito do processamento da dieta sobre o desempenho de cordeiros e cabritos. **Nutri Time Revista Eletrônica**, v. 12, n. 6, p. 441–446, 2004.
- HOFFMAN, P. C.; ESSER, N. M.; SHAVER, R. D.; COBLENTZ, W. K.; SCOTT, M. P.; BODNAR, A. L.; SCHMIDT, R. J.; CHARLEY, R. C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2465–2474, 2011.
- LAGE, C. F. de A.; NETO, H. do C. D.; MALACCO, V. M. R.; COELHO, S. G. Características e processamento do grão de milho e sua utilização no concentrado de bezerros em aleitamento. **Nutri Time Revista Eletrônica**, v. 14, n. 1983–9006, 2017.
- MENEZES, B. B. De; MORAIS, M. G.; BATISTA, R. D. S.; MACIEL, D.; JOSIAS, R.; BRIXNER, B. M.; DELGADO, I. O.; GODOY, C. De. Características Estruturais Do Grão De Milho Sobre a Digestibilidade Do Amido Em Bovinos. In: ANAIS DA X MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ / UFMS, CAMPO GRANDE, 2017 2017, **Anais...** [s.l: s.n.].
- MOURÃO, R. de C.; PANCOTI, C. G.; MOURA, A. M.; FERREIRA, A. L.; BORGES, A. L. da C. C.; REIS E SILVA, R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. **Pubvet**, [s. l.], v. 6, n. 5, 2017.
- NUNES, A. N.; DE OLIVEIRA SIMÕES, E.; DA, A., FORMIGONI, S.; PAULA, A.; BRUSTOLINI, L.; FONTES, O. O milho processado e diferentes técnicas de

determinação do amido na alimentação de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, p. 3508-3514, 1983.

NUSSIO, C. M. B.; SANTOS, F. A. P.; PIRES, A. V.; SIMAS, J. M. C.; ZOPOLLATTO, M. Fontes de amido de diferentes degradabilidades e sua substituição parcial por polpa de citrus em dietas para vacas leiteiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 24, n. 4, p. 1079–1086, 2008.

OLIVEIRA, A. R.; CARMO ARAÚJO, S. A.; ROCHA, N. S.; MOTA, D. A.; REIS NOGUEIRA, M. A.; DOMINGUES, F. N.; ... SILVA, J. B. Dietas para bovinos com diferentes fontes de Nitrogênio e Carboidratos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, 2020.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1634–48, 1986.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Circular Técnica 75.** Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/fisquitectnolmilho_000fgb2k97i02wx5eo0bp3uwfl1aa0n7.pdf>. Acesso em: 5 maio. 2019.

PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C. O milho na alimentação de gado de leite. In: **IV Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite**. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária, UFMG, 2007. p. 49-70.

PEREIRA, M. N.; PEREIRA, R. A. N. Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. **III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro**, p. 77, 2014.

PEREIRA, M. N.; PEREIRA, R. A. N.; LOPES, N. M.; JÚNIOR, G. S. D.; CARDOSO, F.; BITENCOURT, L. L. Silagem de Milho reidratado. **Circular Técnica EPAMIG**, v. 187, n. 0103–4413, 2013.

PERES, M. S. **Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação – desempenho animal e digestibilidade do amido**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2011.

- PFLUGFELDER, L. W.; ROONEY, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1607–1623, 1986.
- REIS, W.; JOBIM, C. C.; MACEDO, F. D. A. F.; MARTINS, E. N.; CECATO, U.; SILVEIRA, A. D. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 596-603, 2001.
- REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; VEIGA, R. M.; ANDRADE, L. P.; HÄRTER, C. J.; RABELO, F. H. S.; BASSO, F. C.; NOGUEIRA, D. A.; REIS, R. A. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 213–221, 2014.
- SANTOS, F. A. P.; MENEZES JÚNIOR, M. P.; SIMAS, J. M. C. De; PIRES, A. V.; NUSSIO, C. M. B. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 923, 2016.
- SANTOS, S. de C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5180/5/Tese - Sandro de Castro Santos - 2015.pdf>>. Acesso em: 2 maio. 2019.
- SILVA, T. D.; VIEIRA, R. Í. M.; FERREIRA, J. C.; BARBOSA, I. T.; SILVA, T. D. e; DIJKSTRA, D.; PESSOA, M. S.; ABRÃO, F. O. Influência do processamento de grãos sobre o desempenho de ruminantes e a população microbiana do rúmen. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1984–6738, p. 53–60, 2018.
- VARGAS JR, F. M. D.; SANCHEZ, L. M. B.; WECHSLER, F. S.; BIANCHINI, W.; OLIVEIRA, M. V. M. D. Effects of corn grain processing on digestibility of diets and performance of calves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2056-2062, 2008.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar os efeitos de diferentes níveis de umidade (30, 35 e 40%) na silagem de grãos de milho reidratados e da inoculação com *Lactobacillus buchneri* sobre o perfil fermentativo, composição química-bromatológica e digestibilidade *in vitro*, em diferentes tempos de armazenamento.

Objetivos específicos

Quantificar a composição química-bromatológica por meio dos teores de matéria seca, proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, lignina, extrato etéreo, matéria mineral e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de grãos reidratado de milho.

Determinar o conteúdo de carboidratos totais e de carboidratos não fibrosos das silagens de grãos reidratado de milho.

Avaliar o perfil fermentativo por meio das perdas por gases, efluentes, recuperação de matéria seca e pH.

Avaliar a relação entre as características avaliadas e os fatores por meio da análise de componentes principais (PCA).

Identificar o melhor tempo de armazenamento para as diferentes umidades e inoculação com *Lactobacillus buchneri*.

Capítulo I

Artigo redigido de acordo com as normas da revista
internacional **The Journal of Agricultural Science - Cambridge**

**O TEOR DE UMIDADE E A INOCULAÇÃO COM *Lactobacillus
buchneri* MODULAM O PERFIL FERMENTATIVO,
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DE
SILAGENS DE GRÃOS DE MILHO REIDRATADOS**

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar as influências da umidade de reidratação do milho grão (30, 35 e 40% de umidade), o tempo de armazenamento (30, 60, 90 e 120 dias) e a inoculação de *Lactobacillus buchneri* sobre a qualidade fermentativa e composição química-bromatológica das silagens. Para isso milho seco comercial foi reidratado e ensilado com aplicação dos devidos níveis de fatores em silos experimentais de PVC. Foi realizada uma análise fatorial entre o período de armazenamento e a inoculação. Posteriormente foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) unindo os dados obtidos de período de armazenamento, inoculação e teor de umidade na reidratação. O perfil fermentativo, composição química bromatológica sofreram influência dos fatores (armazenamento e inoculação) de forma isolada e interativa. O primeiro componente (Dim1) formado consiste em características de perfil de fermentativo dos silos, sendo: pH, recuperação de matéria seca e perdas por gases e efluentes apresentando as maiores correlações. O segundo componente (Dim2) composto basicamente por características relacionadas a fração fibrosa das silagens (fibra insolúvel em detergente neutro – FDN e carboidratos não fibrosos – CNF), com as maiores correlações. A umidade da reidratação altera a dinâmica de fermentação das silagens. A inoculação com *Lactobacillus buchneri* reduz as perdas fermentativas quando a umidade das silagens é mais alta.

Palavras-chave: amido, produção animal, ruminantes, valor nutricional, zeína

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the influences of the rehydration moisture of the corn grain (30, 35 and 40% of moisture), the storage time (30, 60, 90 and 120 days) and the inoculation of *Lactobacillus buchneri* on the fermentative quality and chemical-chemical composition of silages. For this purpose, commercial dry corn was rehydrated and ensiled with the application of the appropriate levels of factors in experimental PVC silos. Factor analysis was performed between the storage period and the inoculation. Subsequently, a principal component analysis (PCA) was performed, uniting the data obtained from storage period, inoculation and moisture content in rehydration. The fermentative profile and chemical composition were influenced by the factors (storage and inoculation) in an isolated and interactive way. The first component (Dim1) formed consists of characteristics of the fermentation profile of the silos, being: pH, dry matter recovery and losses by gases and effluents showing the highest correlations. The second component (Dim2) basically composed of characteristics related to the fibrous fraction of the silages (neutral detergent insoluble fiber - NDF and non-fibrous carbohydrates - CNF), with the highest correlations. Rehydration moisture alters the silage fermentation dynamics. The inoculation with *Lactobacillus buchneri* reduces the fermentative losses when the humidity of the silages is higher.

Key-words: animal production, nutritional value, ruminants, starch, zein

INTRODUÇÃO

O grão de milho é o ingrediente mais utilizado como concentrado energético, sendo a principal fonte de amido nas dietas de ruminantes (Arcari *et al.*, 2016). Entretanto, a matriz proteica que recobre os grânulos de amido limita o ataque microbiano no rúmen e a ação enzimática no intestino delgado (Menezes *et al.*, 2017).

Várias formas de processamento de grãos podem resultar no aumento da disponibilidade de amido, como: a moagem, ensilagem dos grãos úmidos e a ensilagem de grãos reidratados (Pereira & Pereira, 2014). A silagem de grão de milho reidratado é um método de processamento promissor para aumentar a digestibilidade do amido (Silva *et al.*, 2018). Durante a fermentação no silo, ocorre a quebra da matriz proteica pela atividade proteolítica de microrganismos e enzimas vegetais (Junges *et al.*, 2017). No entanto, problemas relacionados à deterioração aeróbia são recorrentes.

O emprego de inoculante contendo bactérias heterofermentativas obrigatórias, como *Lactobacillus buchneri* vem demonstrando resultados promissores (Silva *et al.*, 2018). Esses inoculantes pode afetar o perfil microbiano e, conseqüentemente alterar a composição química-bromatológica e a digestibilidade da silagem a ser produzida. Entretanto, dados sobre a interação do conteúdo de umidade na reidratação, tempo de armazenamento e a inoculação com *L. buchneri*, nessas silagens, são escassos. A hipótese considerada nessa pesquisa é que a variação no conteúdo de umidade do grão afetaria toda a dinâmica de fermentação do milho reidratado, sua composição bromatológica e digestibilidade. Portanto, o objetivo com o presente estudo foi avaliar silagens de grão de milho reidratado com diferentes umidades sobre o tempo de armazenamento, bem como os efeitos da inoculação com *L. buchneri*.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O estudo foi conduzido no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, em Rio Verde/GO. Esse localizado na latitude 17°48'S e longitude 50°55'W, com altitude média de 748 metros. Segundo a classificação de Köpen, o clima é do tipo Aw, quente e úmido, com precipitação média anual de 1500 a 1800 mm e temperatura média anual variando de 20 a 35 °C.

Material vegetal, ensilagem, abertura dos silos e amostragem

O grão de milho foi adquirido no comercio local, triturado em moinho de martelo com peneira 2 mm, e em seguida reconstituído com água para atingir três níveis de umidade (30, 35 e 40%) e ensilados com ou sem inoculante bacteriano (*Lactobacillus buchneri* x 100.000 UFC g de matéria natural).

O grão de milho reconstituído inoculado ou não, foi ensilado em silos experimentais de PVC com 100 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento. No fundo de cada silo foram colocados 0,5 kg de areia fina e seca, separada do material vegetal por um pano de algodão. Os pesos dos conjuntos (tubo + tampa + areia seca + pano) foram mensurados antes e depois da ensilagem. Os silos foram vedados com fita adesiva e armazenados em área coberta em temperatura ambiente até o momento da abertura, que foram aos 30, 60, 90 e 120 dias (d) após a ensilagem. Cada silo foi preenchido com 3 kg de milho, atingindo uma densidade de aproximadamente 700 kg m⁻³.

Após a abertura dos silos foram colhidas amostras da silagem, descartando a camada superior e inferior (10 cm) do silo. Posteriormente, a silagem foi homogeneizada em bandejas plásticas limpas, e por fim realizada a amostragem. Duas

amostras de 1 kg foram retiradas, sendo uma levada ao freezer para congelamento e a outra levada a estufa de ventilação forçada, a 55 ± 5 °C por 72 horas até peso constante, moída em moinho do tipo Willey equipado com peneira de malha de 1 mm.

Perdas fermentativas e recuperação da matéria seca

As perdas durante o processo de fermentação dos silos foram mensuradas a partir da metodologia gravimétrica (Schmidt, 2006). Foram mensuradas as perdas por efluentes (PE), perdas por gases (PG) e a recuperação da matéria seca (RMS), pelas equações abaixo:

$$PE = \frac{(PVf - Tb) - (PVi - Tb)}{MFi} \times 1000$$

$$PG = \frac{(PCi - PCf)}{(MFi \times MSi)} \times 10000$$

$$RMS = (MFf \times MSf) - (MFi \times MSi) \times 100$$

em que, *PE*: produção de efluente (Kg/ton de MS); *PVi*: peso do tubo vazio + peso da areia no fechamento (Kg); *PVf*: peso do tubo vazio + peso da areia na abertura (Kg); *Tb*: tara do tubo; *MFi*: matéria de forragem no fechamento (Kg); *PG*: perdas por gases (%MS); *PCi*: peso do tubo cheio no fechamento (Kg); *PCf*: peso do tubo cheio na abertura (Kg); *MSi*: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%); *RMS*: taxa de recuperação de matéria seca (%); *MFf*: matéria de forragem na abertura (Kg); *MSf*: teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

Análise químico-bromatológicas e pH

Foram determinados os teores de matéria seca (MS) (Método 934,01; AOAC, 1990); matéria mineral (MM) (Método 924,05; AOAC, 1990); proteína bruta (PB),

obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica de micro-kjeldahl (Método 920,87; AOAC, 1990) e o fator de conversão fixo (6,25); extrato etéreo (EE), determinado por gravimetria após extração com éter de petróleo (Método 920,85; AOAC, 1990); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (Mertens, 2002); fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) (Método 973,18; AOAC, 1990); e lignina em ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985). Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi utilizada a técnica do rúmen artificial, desenvolvido pela ANKON, usando o instrumento “Daisy incubator” da Ankon Technology (*in vitro* true digestibility – IVTO) (Tilley e Terry, 1963). Por fim, foram determinados os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) (Sniffen *et al.*, 1992; Hall, 2003).

Delineamento experimental e análise estatística

Os três experimentos foram conduzidos simultaneamente em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 2, sendo o fator A considerado os tempos de armazenamento (30, 60, 90 e 120 d) e o fator B a inoculação (silagem inoculada - LB e controle - CON), com seis repetições. Os níveis de reidratação do grão de milho foi de 30, 35 e 40 % de umidade no experimento 01 (Exp.01), Exp. 02 e Exp. 03, respectivamente.

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + B_j +$$

em que, Y_{ijk} é o valor observado para a variável em estudo referente a k-ésima repetição da combinação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B; μ é a constante comum a todas as observações; a_i é o efeito do i-ésimo nível de tempo de abertura dos silos no valor observado em Y_{ijk} ; B_j é o efeito do j-ésimo nível de inclusão

ou não de inoculante bacteriano nas silagens no valor observado em Y_{ijk} ; ϵ_{ijk} é o efeito da interação do i -ésimo nível do fator A com o j -ésimo nível do fator B; ϵ_{ijk} é o erro experimental da parcela que recebe o nível i do fator A e o nível j do fator B na repetição k .

Os dados oriundos dos experimentos foram submetidos a análise de resíduos a fim de atender as pressuposições da análise de variância (ANOVA). Dados discrepantes foram identificados e eliminados com auxílio do teste BoxPlot. Foram realizados os testes de Shapiro-Wilk ($\alpha= 0,05$) e Bartlett ($\alpha= 0,05$), para normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Posteriormente, foi realizada a ANOVA levando em consideração o delineamento e esquema do estudo, e $\alpha= 0,05$. Quando a interação foi significativa ($P < 0,05$), realizou-se o desdobramento. Para o fator quantitativo (Fator A) quando significativo (isolado e na interação) foi realizado estudo de regressão polinomial com modelos de primeiro (linear) e segundo grau (quadrático) e para o fator qualitativo (Fator B) a ANOVA foi decisiva por se tratar de dois níveis.

Para análise multivariada dos experimentos foi composto um banco de dados unindo os três experimentos. Esse banco de dados era composto por valores médios das variáveis estudadas em função dos tratamentos (combinação dos níveis dos fatores Tempo de armazenamento x Inoculação x Nível de Umidade). As variáveis foram normalizadas para obter média igual a 0 e variância/desvio padrão igual a 1; sendo realizada em seguida uma análise de componentes principais (PCA). Foram considerados as duas primeiras dimensões (Dim 1 e Dim 2) que detêm a maior parte da variação dos dados. As análises dos dados foram realizadas com auxílio do software R Core Team versão 4.0.2 (<https://cran.r-project.org/>), utilizando as funções nativas do

sistema e as bibliotecas ExpDes (Ferreira *et al.*, 2014) e factosextra (Kassambara e Mundt, 2017).

RESULTADOS

Exp. 01: Silagem de grão de milho reidratado a 30% de umidade

Perdas fermentativas e pH

Uma interação entre o tempo de armazenamento e a inoculação das silagens de milho reidratado foi observada para produção de gases durante o armazenamento (PG) ($P < 0,05$) (Tabela 1). A silagem controle (CON) não apresentou diferença entre os tempos de armazenamento ($P = 0,08$), sendo PG igual a 0,037%MS. A PG das LB apresentou comportamento linear ($P < 0,05$; $R^2 = 0,47$), sendo estimado acréscimo de 0,0001 %MS/dia de armazenamento. A PG das silagens de milho reidratado CON foram maiores do que as LB em todos os tempos de armazenamento ($P < 0,05$), excetuando aos 90 d de armazenamento ($P = 0,26$).

A perda de matéria seca na forma de efluente (PE), recuperação de matéria seca (RMS) e pH apresentaram respostas isoladas do tempo de armazenamento e inoculação ($P < 0,05$) (Tabela 1). Para PE foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$; $R^2 = 0,72$), houve um acréscimo na PE até 58 d de armazenamento, atingindo 9,98 %MS. O tempo de armazenamento influenciou de forma quadrática a RMS das silagens de milho reidratado ($P < 0,05$; $R^2 = 0,91$). A RMS decresceu de acordo com o tempo de armazenamento até 120 d (RMS = 90%), mas nota-se uma tendência a estabilidade na RMS após esse período. As LB apresentaram os menores valores médios de RMS ($P < 0,05$). O pH das silagens de milho reidratado apresentaram efeito quadrático com o

tempo de armazenamento ($P < 0,05$; $R^2 = 0,99$). O pH caiu com o tempo de armazenamento até os 90 d (pH = 4,43), e então voltou a subir até os 120 d (pH = 4,52).

Composição química-bromatológica

Os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) das silagens de milho reidratado sofreram efeito isolado do armazenamento e da inoculação ($P < 0,01$) (Tabela 1). O tempo de armazenamento influenciou a MS das silagens de forma quadrática ($P < 0,01$; $R^2 = 0,80$). O teor de MM decresceu até os 85 d de armazenamento (MM = 59,74 % matéria natural), e posteriormente voltou a crescer. As silagens sem inoculação apresentaram os maiores valores médios de MS ($P < 0,01$). A PB apresentou efeito quadrático de acordo com o tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,86$); houve um acréscimo na PB até os 67 d (PB = 8,92 %MS) e diminuição após esse período. Em relação a inoculação, as LB apresentaram os menores valores de PB ($P < 0,01$).

Uma interação entre o tempo de armazenamento e a inoculação das silagens de milho reidratado foi observada nos teores de matéria mineral (MM) ($P < 0,01$). A MM da silagem inoculada apresentou efeito quadrático ($P = 0,04$; $R^2 = 0,46$), diminuindo com o tempo de armazenamento até os 58 d (MM = 1,24 %MS) e voltando a aumentar posteriormente. Entretanto, para silagem não inoculada o tempo de armazenamento não influenciou os teores de MM ($P = 0,06$). Os teores de MM das silagens nos tempos de armazenamento de 30 e 90 d não foram influenciadas pela inoculação ($P = 0,48$; $P = 0,81$, respectivamente). A inoculação alterou os teores de MM nos tempos 60 e 120 de armazenamento, mas de forma inversa ($P < 0,01$; $P < 0,05$; respectivamente).

Os teores de extrato etéreo (EE) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) das silagens de milho reidratado não foram influenciados pelo tempo de armazenamento ($P = 0,26$; $P = 0,05$), inoculação ($P = 0,68$; $P = 0,09$) ou pela interação ($P = 0,24$; $P =$

0,56) (Tabela 1). A fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e a lignina (LIG) das silagens de milho reidratado sofreram efeito apenas do tempo de armazenamento ($P < 0,01$). A FDA apresentou efeito quadrático com o tempo de armazenamento das silagens ($P = 0,02$; $R^2 = 0,66$); sofrendo acréscimo até 76 d de armazenamento (FDA = 6,67 %MS) e decrescendo posteriormente. Para LIG foi verificado efeito quadrático com o tempo de armazenamento, sendo o ponto de máximo igual a 51 d ($P = 0,04$; $R^2 = 0,09$).

Conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade in vitro da MS

As silagens de milho reidratado apresentaram teores de carboidratos totais (CT) variando de 85,23 a 85,80 %MS. Os teores de CT sofreram efeito apenas da inoculação ($P < 0,01$), sendo as LB as que apresentaram os maiores valores. Os teores de carboidratos não fibrosos das silagens não foram influenciados ($P > 0,05$). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi influenciada apenas pela inoculação ($P < 0,01$), sendo as LB com maior valor médio de DIVMS.

Exp. 02: Silagem de grão de milho reidratado a 35% de umidade

Perdas fermentativas e pH

Interações entre o tempo de armazenamento e inoculação foram observadas para RMS e pH das silagens de milho reidratado ($P < 0,01$) (Tabela 2). A RMS de ambas silagens (CON e LB) apresentaram efeito linear decrescente para o tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,79$ e $0,97$, respectivamente); a medida que houve avanço no armazenamento a RMS reduziu 0,0005 e 0,0002 %MS/dia, para com e sem inoculante, respectivamente). Não houve diferença entre as LB e CON para o período de armazenamento de 30 d ($P = 0,74$). Entretanto, para os períodos de 60, 90 e 120 d, as silagens sem inoculante apresentaram os maiores valores de RMS ($P < 0,01$). O pH da

CON apresentou comportamento semelhante ao observado para RMS, efeito linear decrescente ($P < 0,01$; $R^2 = 0,79$); estimou-se uma redução de 0,0044. Entretanto, para LB o pH apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$; $R^2 = 0,88$); caindo até 68 d de armazenamento (pH = 4,66) e voltando a subir após esse período. As LB apresentaram os maiores valores de pH nos períodos de armazenamento de 30 e 120 d ($P < 0,01$). Já o pH nos períodos intermediários de armazenamento (60 e 90 d) não foram influenciados pela inoculação ($P = 0,09$; $P = 0,20$).

A PE das silagens sofreu efeito apenas do tempo de armazenamento ($P < 0,01$) (Tabela 2). Foi verificado um efeito linear crescente para PE com o tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,90$); estimou-se um acréscimo de 0,1188 %MS/dia de PE. A PG foi influenciada apenas pela inoculação ($P < 0,01$). As LB apresentaram maior PG em relação às CON ($P < 0,01$).

Composição química-bromatológica

Os teores de MS das silagens apresentaram efeito de forma isolada do tempo de armazenamento e inoculação ($P < 0,01$; $P < 0,01$) (Tabela 2). Observou-se linear decrescente para MS em função do tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,60$), estimando uma redução de 0,0135 %MS/dia. As LB apresentaram os menores valores de MS em relação à CON ($P < 0,01$). A PB e FDA apresentaram efeito apenas do tempo de armazenamento das silagens ($P < 0,01$; $P < 0,03$), sendo este quadrático para ambas ($P < 0,02$; $R^2 = 0,92$ e $P < 0,04$; $R^2 = 0,90$, respectivamente). A PB aumentou até 59 d de armazenamento (PB = 9,16 %MS) e posteriormente reduziu moderadamente até 120 d. Já a FDA sofreu acréscimos com o tempo de armazenamento até 71 d (FDA = 6,06 %MS) e depois decresceu até 120 d.

Houve efeito da inoculação para os teores de FDN das silagens de milho reidratados ($P < 0,01$) (Tabela 2). As LB apresentaram os menores valores de FDN em relação à CON ($P > 0,01$). Interações entre o tempo de armazenamento e inoculação foram observadas para MM ($P < 0,01$), EE ($P < 0,01$) e LIG ($P < 0,04$). Efeito quadrático foi observado para MM das LB e CON ($P = 0,01$; $R^2 = 0,99$ e $P < 0,01$; $R^2 = 0,99$, respectivamente). A MM das LB diminuiu com o tempo de armazenamento até 73 d (MM = 1,18 %MS), quando iniciou o aumento até 120 d. Entretanto, para as CON a MM aumentou até 43 d de armazenamento (MM = 1,17 %MS) e reduziu continuamente até 120 d. As silagens não apresentaram efeito de inoculação para MM em todos os tempos de armazenamento ($P > 0,05$), excetuando aos 120 d, que a silagem inoculada apresentou maior MM ($P < 0,01$).

Nas LB o EE não foi influenciado pelo tempo de armazenamento ($P < 0,23$) (Tabela 2). Já para as CON o EE apresentou efeito linear decrescente para o tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,92$); estimando redução de 0,0127 %MS/dia. As LB apresentaram os maiores valores de EE em todos os tempos em relação à CON ($P < 0,01$), excetuando aos 30 d que não houve diferença ($P = 0,93$). Para LIG observou-se efeito quadrático para ambas as silagens, LB e CON ($P > 0,01$; $R^2 = 0,78$ e $P = 0,01$; $R^2 = 0,23$, respectivamente). Para as CON e inoculada aumentaram os teores de LIG até 94 d (LIG = 1,62 e 1,69 %MS, respectivamente) e depois decresceu lentamente até 120 d. Para a silagem inoculada, dentro de cada tempo de armazenamento foi verificada diferença apenas aos 90 d de armazenamento, sendo a CON com maior teor de LIG ($P = 0,01$).

Conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade in vitro da MS

Os CT das silagens de milho reidratado sofreram influência apenas do tempo de armazenamento ($P < 0,01$) (Tabela 2); foi verificado efeito quadrático para CT em função do tempo de armazenamento ($P = 0,01$; $R^2 = 0,91$). Os teores de CT diminuíram até 57 d (CT = 85,12 %MS) e voltaram a aumentar a partir desse momento. Os CNF e a DIVMS apresentaram efeito somente da inoculação ($P < 0,01$; $P > 0,01$). A silagem inoculada apresentou o maior valor de CNF em relação à CON ($P < 0,01$). Entretanto, o inverso foi verificado para a DIVMS ($P < 0,01$).

Exp. 03: Silagem de grão de milho reidratado a 40% de umidade

Perdas fermentativas e pH

Interações foram verificadas entre tempo de armazenamento e a inoculação das silagens para PE ($P < 0,01$) e PG ($P < 0,01$) (Tabela 3). Para a silagem inoculada não houve efeito do tempo de armazenamento sobre PE ($P = 0,75$). Entretanto, para CON foi observado efeito linear crescente em PE ($P < 0,01$; $R^2 = 0,92$); sendo estimado o incremento de 0,1197 %MS/dia com o avançar do armazenamento da silagem. Dentro dos tempos de armazenamento apenas aos 120 d foi verificado efeito da inoculação, com a CON apresentando maiores valores de PE ($P < 0,01$). A silagem inoculada não apresentou efeito do tempo de armazenamento sobre PG ($P = 0,15$); mas efeito quadrático foi verificado para CON sobre PG ($P < 0,01$; $R^2 = 0,94$). Os valores de PG diminuíram até 58 d (0,08 %MS) e depois aumentaram até 120 d. Dentro dos tempos de armazenamento apenas os tempos de 30 e 120 foram influenciados pela inoculação ($P = 0,01$; $P < 0,01$), sendo a CON com maior PG.

A RMS e pH apresentaram efeitos isolados do tempo de armazenamento e inoculação ($P < 0,01$) (Tabela 3). Foi observado efeito linear decrescente para o tempo de armazenamento sobre a RMS ($P < 0,01$; $R^2 = 0,66$); sendo estimado uma redução de 0,0003 %MS/dia. Em relação a inoculação, a CON apresentou maior RMS ($P < 0,01$). Já para o pH das silagens foi verificado efeito quadrático ($P < 0,01$; $R^2 = 0,74$); em que, o pH reduziu até 72 d de armazenamento (pH = 3,97) e posteriormente aumentou até 120 d. Em relação a inoculação, a CON apresentou o maior pH ($P < 0,01$).

Composição química-bromatológica

Os teores de MS, PB e EE apresentaram efeito do tempo de armazenamento e inoculação de forma isolada ($P < 0,01$; $P < 0,01$) (Tabela 3). A MS apresentou efeito quadrático com o tempo de armazenamento ($P = 0,01$; $R^2 = 0,41$), decrescendo até 74 d e aumentando posteriormente até 120 d de armazenamento. Em relação à inoculação, a CON apresentou o maior teor de MS ($P < 0,01$). Foi verificado efeito linear decrescente para PB em função do tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,79$); sendo estimada uma redução de 0,0094 %MS/dia. A CON apresentou maior teor de PB em relação a inoculada ($P < 0,01$). Para EE foi verificado efeito quadrático em relação ao tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,19$). Houve um aumento de EE até 62 d (EE = 4,95 %MS) e posteriormente uma redução até 120 d de armazenamento. Em relação a inoculação, foi observado maior valor de EE para CON ($P < 0,01$).

Interações foram observadas entre o tempo de armazenamento e inoculação para MM ($P < 0,01$) e FDN ($P < 0,01$) (Tabela 3). A MM da CON apresentou efeito quadrático para tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,94$), aumentando até 89 d (MM = 1,48 e decrescendo posteriormente. Em relação à inoculação em cada tempo de armazenamento sobre MM, efeitos foram verificados em todos os tempos ($P < 0,01$),

excetuando no tempo de 30 d ($P = 0,76$). A CON apresentou o maior MM nos tempos 60 e 90 em relação a inoculada ($P < 0,01$). Em contrapartida, comportamento inverso foi verificado para o tempo de 120 d ($P < 0,01$). Para os teores de FDN da silagem inoculada foi observado efeito quadrático em função do tempo de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,89$). A FDN reduziu até 78 d de armazenamento (FDN = 16,36 %MS) e posteriormente aumentou até os 120 d. Efeito quadrático também foi observado para CON nos teores de FDN ($P < 0,01$; $R^2 = 0,99$). Entretanto, o comportamento verificado foi inverso para FDN em função do tempo de armazenamento; houve um acréscimo da FDN até 82 d (FDN = 53,03 %MS) e redução a partir desse momento até 120 d. Em relação a inoculação, a CON apresentou o maior teor de FDN em todos os tempos de armazenamento ($P < 0,01$).

A FDA e LIG das silagens foram influenciadas pelo tempo de armazenamento ($P < 0,01$) (Tabela 3). Para FDA foi verificado efeito linear decrescente ($P < 0,01$; $R^2 = 0,92$), com uma redução de 0,0167 %MS/dia. E para LIG foi observado efeito quadrático ($P < 0,01$); os valores de LIG das silagens aumentaram até 57 d (LIG = 1,47 %MS) e depois decresceu com o tempo de armazenamento.

Conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade in vitro da MS

Não foram observados efeitos isolados ou de interação entre tempo de armazenamento e inoculação para o teor de CT ($P > 0,05$) (Tabela 3). Uma interação foi verificada entre tempo de armazenamento e inoculação para o teor de CNF ($P = 0,02$). Não houve efeito do tempo de armazenamento dentro de cada nível de inoculação (LB, $P = 0,06$; CON, $P = 0,15$). Em relação a inoculante nos tempos de armazenagem, a silagem inoculada apresentou maiores valores de CNF em todos os tempos ($P < 0,01$), excetuando o tempo de 30 d que não apresentou efeito ($P = 0,06$).

A DIVMS apresentou efeito do tempo de armazenamento e inoculação de forma isolada ($P < 0,01$). Foi verificado efeito linear crescente para DIVMS de acordo com o período de armazenamento ($P < 0,01$; $R^2 = 0,87$); sendo estimado acréscimo de 0,0813 %MS/dia. Em relação a inoculação, a CON apresentou maior DIVMS ($P < 0,01$).

Componentes principais (PCA)

A posição sobre as duas dimensões no gráfico indica como as variáveis se agrupam (Figura 1). O ângulo incluído entre as setas de duas variáveis determina a correlação entre elas (ângulos agudos indicam correlações fortes; ângulos de 90° indicam correlação nula; e ângulos obtusos indicam correlação negativa). Nota-se que as características FDN, DIVMS, PE, RMS, pH e CNF são as que apresentam maior correlação e contribuição para formação dos componentes principais 1 e 2. Desse modo, essas são as características de maior importância no presente estudo, por deter a maior parte das informações do estudo. Verifica-se que pH, RMS e CNF apresentam correlação forte e positiva com a primeira dimensão (Dim1). Em contrapartida, a DIVMS, PG e PE foram correlacionadas negativamente com Dim1. Já a FDN, MM e EE estão correlacionadas positivamente com a segunda dimensão (Dim2) e o CNF correlaciona-se negativamente.

DISCUSSÃO

Perdas fermentativas e pH

O processo de maturação e secagem dos grãos de milho naturalmente no campo pode representar um estresse significativo à microbiota epifítica e comprometer a capacidade de fermentação dos grãos reidratados durante o armazenamento, pela

redução na proporção de bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) (Carvalho *et al.* 2015). Outra questão é o baixo conteúdo de carboidratos solúveis para o desenvolvimento de BAL, uma vez que, esses são polimerizados como amido no endosperma do grão (McDonald *et al.*, 1991). Entretanto, não observamos comprometimento da capacidade de fermentação do milho reidratado no presente estudo, pois a CON apresentou pH próximo de 4,0 (Tabela 1; 2 e 3) (McDonald *et al.*, 1991; Muck, 2010; Carvalho-Estrada *et al.*, 2020). Os valores de pH observados no presente estudo são semelhantes aos relatados por Ferraretto *et al.* (2015) e Kung Jr. *et al.* (2018).

Como esperado, a inoculação com *Lactobacillus buchneri* (LB) alterou o perfil de fermentação das silagens. A influência do tempo de armazenamento e da inoculação com *L. buchneri* sobre o pH das silagens de milho reidratado são um reflexo do mecanismo de defesa do *L. buchneri* contra a redução do pH causada pelo ácido láctico, cuja degradação produz ácido acético e 1,2-propanodiol (Elferink *et al.*, 2001). Esse mecanismo de defesa esteve ativo nas LB com efeito pronunciado iniciando aos 90, 68 e 72 d de armazenamento, com reidratação do milho a 30 (Exp.01; Tabela 1), 35 (Exp.02; Tabela 2) e 40% de umidade (Exp.03; Tabela 3), respectivamente. Embora o crescimento do *L. buchneri* ocorra após o segundo dia de ensilagem, ele muda o perfil fermentativo com efeito mais pronunciado após 45 a 60 d de ensilagem (Schimidt *et al.*, 2009). Kleinschmit e Kung JR (2006) também observaram aumento do pH de silagens de grãos quando inoculadas com *L. buchneri* e associaram esse resultado a menor concentração de ácido láctico nessas silagens (7,32 %MS na CON para 2,89 %MS na inoculada). Outro ponto que corrobora a ativação desse mecanismo de defesa é a redução linear na CON (Tabela 2). Silva *et al.* (2019) verificaram que este mecanismo

de defesa esteve ativo em toda extensão da fermentação de silagens de grãos úmidos e reidratados inoculadas com *L. buchneri*.

A inoculação diminuiu a RMS em comparação com a CON nos três estudos (Tabela 1, 2 e 3); essa redução também foi observada por Kleinschmit e Kung Jr., 2006. A inoculação com *L. buchneri* retardada o processo de acidificação da silagem pela produção de ácido acético (pKa 4,75), que é conhecido por ser mais fraco que o ácido láctico (pKa 3,86) na redução do pH (Danner *et al.*, 2003). O que pode ter levado há um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como o *Clostridium butyricum* e *C. tyrobutyricum* (McDonald *et al.*, 1991; Muck, 2010). Esses microrganismos apresentam como principais produtos os ácidos butírico, acético, hidrogênio e dióxido de carbono, contribuem para o aumento nas perdas de MS via PG e PE (Muck, 2010), comportamento observado no presente estudo (Tabela 1, 2 e 3). Entretanto, as perdas de MS são pequenas em relação ao potencial efeito benéfico sobre a estabilidade aeróbia das silagens inoculadas com *L. buchneri* (Kleinschmit e Kung Jr., 2006). Assim como no presente estudo, Silva *et al.* (2019) relataram maior perda de MS na forma de PG em silagens grãos de milho reidratado em comparação com a CON.

Composição química-bromatológica, conteúdo de carboidratos totais e digestibilidade in vitro da MS

A redução da MS com o tempo de armazenamento era esperada, uma vez que, o processo de acidificação do meio há o consumo de MS pelas LAB até que o material ensilado entre em estabilidade. Entretanto, foi observado um reflexo do pH e das perdas na forma de PE e PG sobre a MS das silagens, fato esse devido a fermentação prolongada do milho reidratado pela inoculação com LB (Tabela 1, 2 e 3).

O comportamento observado para MM e PB no presente estudo pode ser explicado pela dinâmica da PE das silagens de milho reidratado, uma vez que, há efeito de concentração e /ou diluição da concentração de compostos. O efluente é rico em N, P e K, bem como em outros minerais (Gebreanna *et al.*, 2014). Purves e McDonald (1963) relataram que o conteúdo de MM no efluente de silagens podem ser maiores do que os encontrados na silagem final.

Quanto a PB, a degradação de compostos nitrogenados por meio da atividade de microbiana indesejável devido ao aumento no pH observado no presente estudo (Tabela 1, 2 e 3), pode ter levado há acréscimos nos teores de amônia que é perdida via efluente (Sherer *et al.*, 2015; Peng *et al.*, 2017). Outro fator importante é a redução das subunidades de zeína que envolvem os grânulos de amido do grão por atividade proteolítica ao longo de um período de ensilagem prolongado em silagens de grão úmido e reidratado (Hoffman *et al.*, 2011; Benton *et al.*, 2005). Nesse sentido, há um aumento nas concentrações de amônia e PB solúvel dessas silagens propiciando para que ocorra perdas via efluentes (Ferraretto *et al.*, 2015; Ferraretto *et al.*, 2016).

A fração fibrosa das silagens de milho reidratado sofreu um efeito de concentração e diluição ao longo do tempo de armazenamento. Esse resultado possivelmente é oriundo do consumo de carboidratos solúveis e a ocorrência da hidrólise da hemicelulose (Neuman *et al.*, 2002; Neuman *et al.*, 2007). A produção de ácidos orgânicos a partir desses componentes solúveis tem um efeito de diluição proporcional a fração fibrosa da silagem (FDN da silagem COM no Exp. 03, FDA no Exp. 01 e Exp. 02 -Tabelas 1, 2 e 3); e a produção de efluentes pode concentrar a fração fibrosa da silagem (FDN da silagem LB no Exp.03, Tabela 3). Como esperado, a LIG apresentou mesmo comportamento que a FDA, sendo um pequeno aumento no período inicial de armazenamento devido ao consumo de componentes solúveis. E

posteriormente, a redução devido a produção acentuada de ácidos orgânicos pelo prolongamento da extensão da fermentação nos silos.

As alterações nos teores CT e CNF são oriundas pelo aumento das PE nos três experimentos (Tabelas 1, 2 e 3). Os carboidratos compreendem de 70 a 80% das rações e são a principal fonte para atender as exigências de energia e síntese de proteína microbiana em ruminantes (Mertens, 1997). A melhora na DIVMS na silagem inoculada com LB (Exp. 01, Tabela 1) pode estar associada a um sinergismo ainda desconhecido com microrganismos proteolíticos, uma vez que, o LB apresenta baixa atividade proteolítica (Silva *et al.*, 2019).

Revello-Chion *et al.* (2012) relataram maior disponibilidade do amido e maior digestibilidade para silagem de milho úmido inoculada com LB. O aumento na DIVMS nas silagens com o tempo de armazenamento já era esperado (Exp. 03; Tabela 03), uma vez que, a maior umidade das silagens proporciona um ambiente propício para o aumento na atividade microbiana no silo. Neste sentido, a maior atividade de microrganismos resulta em uma maior atividade proteolítica e solubilização da matriz proteica que envolve os grânulos de amido, que é responsável pela digestibilidade reduzida (Correa *et al.*, 2002). Silva *et al.* (2019) observaram maior degradabilidade da MS para silagem de grão de milho reidrato com aumento do tempo de armazenagem.

A inoculação com LB apresentou uma perda de MS para as silagens de milho reidratado no presente estudo. Entretanto, essa perda de MS como já confirmado em literatura a estabilidade aeróbia após a abertura do silo e durante a alimentação do gado passa a ser insignificante (Muck *et al.*, 2018; Rabelo *et al.*, 2016). A melhoria na estabilidade aeróbia pode chegar a 40% em relação a silagem não inoculada (Kleinschmit e Kung, 2006). Outro fator preocupante é a redução na ingestão de MS durante a alimentação pela alta concentração de ácido acético e etanol, mas vários

estudos relataram a ausência desse efeito em silagens inoculadas com LB (Kritensen *et al.*, 2010).

A silagem de grão de milho reidratado é altamente sujeita à deterioração aeróbia durante o tempo de exposição e alimentação (Morais *et al.*, 2017). Embora não avaliada no presente estudo, a estabilidade aeróbia das silagens é primordial neste tipo de silagem. Desse modo, a silagem inoculada com LB possivelmente apresentaria maior estabilidade aeróbia em comparação com a CON durante o tempo de exposição ao ar. Como observado no presente estudo, o pH da silagem inoculada com LB apresentou um aumento significativo após 60 d de armazenamento, devido a conversão de ácido láctico em ácido acético e 1,2-propanodiol pela rota de degradação do ácido láctico (Nishino *et al.*, 2003; Nishino *et al.*, 2004). O ácido acético é conhecido por suas propriedades antifúngicas, inibindo o crescimento de leveduras e fungos filamentosos das silagens após a exposição aeróbia resultando em uma maior conservação da silagem durante esse período (Kleinschmit e Kung Jr., 2006). Portanto, a inoculação com LB torna-se promissora para a redução da velocidade de deterioração após a abertura do silo.

PCA

Nota-se que o primeiro componente é formado exclusivamente por relações fortes de características do perfil fermentativo de silagens (pH, RMS, PG, CNF e PE) (Figura 1). Neste sentido, as CON com 40% de umidade (Exp. 03) apresentaram uma relação negativa com o Dim1. As CON com maior umidade apresentaram as maiores perdas fermentativas (Tabela 3) em relação às demais silagens (Tabela 1 e 2) e conseqüentemente menores RMS. Entretanto, a DIVMS foi correlacionada negativamente com Dim1 e altamente correlacionada com as CON com 40% umidade, sendo resultado da maior atividade microbiana associado ao efeito de diluição, como

citado acima. Podemos observar, que quando a umidade é alta a inoculação com LB reduz as perdas fermentativas durante o processo de ensilagem.

Quanto ao segundo componente (Dim2), observou-se uma relação entre a parte fibrosa das silagens e a parte não fibrosa, uma vez que, as maiores contribuições para sua formação foram oriundas da FDN e do CNF, sendo uma relação antagônica (Figura 1). Pode-se notar que as CON com 40% umidade estão correlacionadas positivamente com a FDN e negativamente com CNF (Figura 1); sendo observados os teores mais baixos de CNF e mais altos de FDN em relação às demais silagens (Tabela 1 e Tabela 2).

CONCLUSÃO

A silagem de grãos de milho reidratado apresenta padrões distintos de fermentação no silo em função de diferentes condições de umidade, tempo de armazenamento e inoculação de *Lactobacillus buchneri*. O aumento da umidade e a inoculação com LB estão relacionados com maiores perdas fermentativas durante o processo de ensilagem, mas umidade apresenta maior peso nessa relação. A inoculação com LB promoveu perdas mínimas, justificando seu emprego para otimizar o período de exposição ao ar. A digestibilidade das silagens de milho reidratado aumenta com o avanço do período de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, (15th edn.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

- Arcari, MA, Martins, CMMR, Tomazi, T, Gonçalves, JL, Santos, MV** (2016) Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, **221**, 167–173.
- Carvalho-Estrada, PA, Fernandes, J, Silva, ÉB, Tizioto, P, Fátima Paziani, S, Duarte, AP, ... Nussio, LG** (2020) Effects of hybrid, kernel maturity, and storage period on the bacterial community in high-moisture and rehydrated corn grain silages. *Systematic and Applied Microbiology*, **43**, 126131.
- Danner, H, Holzer, M, Mayrhuber, E, Braun, R** (2003) Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and environmental microbiology*, **69**, 562-567.
- Elferink, SJO, Krooneman, J, Gottschal, JC, Spoelstra, SF, Faber, F, Driehuis, F** (2001) Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1, 2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. *Applied and Environmental microbiology*, **67**, 125-132.
- Ferraretto, LF, Fredin, SM, Shaver, RD** (2015) Influence of ensiling, exogenous protease addition, and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. *Journal of dairy science*, **98**, 7318-7327.
- Ferraretto, LF, Fredin, SM, Muck, RE, Shaver, RD** (2016) Case Study: Microbial inoculant and ensiling time effects on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro and in situ starch digestibility in corn shredlage and late-maturity corn silage. *The Professional Animal Scientist*, **32**, 861-868.
- Gebrehananna, MM, Gordon, RJ, Madani, A, VanderZaag, AC, Wood, JD** (2014) Silage effluent management: a review. *Journal of Environmental Management*, **143**, 113-122.

- Junges, D, Morais, G, Spoto, MHF, Santos, PS, Adesogan, AT, Nussio, LG, Daniel, JLP** (2017) Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of dairy science*, **100**, 9048-9051.
- Kassambara, A, Mundt, F** (2017) Package ‘factoextra’. *Extract and visualize the results of multivariate data analyses*, **76**.
- Kleinschmit, DH, Kung Jr, L** (2006) A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of dairy Science*, **89**, 4005-4013.
- Kristensen, NB, Sloth, KH, Højberg, O, Spliid, NH, Jensen, C, Thøgersen, R** (2010). Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of dairy science*, **93**, 3764-3774.
- Kung Jr, L, Shaver, RD, Grant, RJ, Schmidt, RJ** (2018) Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy Science*, **101**, 4020-4033.
- Menezes, BBD, Morais, MG, Batista, RDS, Maciel, D, Josias, R, Brixner, BM, Godoy, CD** (2017) Características Estruturais Do Grão De Milho Sobre a Digestibilidade Do Amido Em Bovinos. *Anais da X Mostra científica FAMEZ/UFMS*, Campo Grande, 2017, 155–163.
- Mertens, DR** (1997) Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of dairy science*, **80**, 1463-1481.

- Mertens, DR** (2002) Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, **85**, p.1217-1240.
- Morais, G, Daniel, JLP, Kleinshmitt, C, Carvalho, PA, Fernandes, J, Nussio, LG** (2017) Additives for grain silages: A review. *Slovak Journal of Animal Science*, **50**, 42-54.
- Muck, RE** (2010) Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 183-191.
- Muck, RE, Nadeau, EMG, McAllister, TA, Contreras-Govea, FE, Santos, MC, Kung Jr, L** (2018) Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of dairy science*, **101**, 3980-4000.
- Neumann, M, Mühlbach, PRF, Nörnberg, JL, Ost, PR, Restle, J, Sandini, IE, Romano, MA** (2007) Characteristics fermentative obtained of the different silos type silage a effect of particle size and cutting height of corn plant.
- Neumann, M., Restle, J., Alves Filho, D. C., Bernardes, R. A. C., Arboite, M. Z., Cerdótes, L., & Peixoto, L. A. D. O** (2002) Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31**, 302-312.
- Nishino, N, Wada, H, Yoshida, M, Shiota, H** (2004) Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. *Journal of dairy science*, **87**, 2563-2570.

- Nishino, N, Yoshida, M, Shiota, H, Sakaguchi, E** (2003) Accumulation of 1, 2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. *Journal of Applied Microbiology*, **94**, 800-807.
- Peng, K, Jin, L, Niu, YD, Huang, Q, McAllister, TA, Yang, HE, ... Wang, Y** (2018) Condensed tannins affect bacterial and fungal microbiomes and mycotoxin production during ensiling and upon aerobic exposure. *Applied and environmental microbiology*, **84**.
- Pereira, MN, Pereira, RAN** (2014) Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro, **77**.
- Purves, D, McDonald, P** (1963) The potential value of silage effluent as a fertilizer. *Grass and Forage Science*, **18**, 220-222.
- Rabelo, CHS, Härter, CJ, Reis, RA** (2016) A meta-analysis: effect of heterofermentative inoculants applied at different dry matter contents on the fermentation patterns and aerobic stability of sugarcane silages [Conference poster]. In *17th International Conference, Forage Conservation, 27-29 September, 2016, Horný Smokovec, Slovak Republic* (pp. 141-142). National Agricultural and Food Centre (NPPC).
- Scherer, R, Gerlach, K, Südekum, KH (2015) Biogenic amines and gamma-amino butyric acid in silages: Formation, occurrence and influence on dry matter intake and ruminant production. *Animal Feed Science and Technology*, **210**, 1-16.
- Schmidt, P (2006) *Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar*. Tese (D. Sc.). Escola Superior Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP.

- Schmidt, R.J, Hu, W, Mills, JA, Kung Jr, L** (2009) The development of lactic acid bacteria and *Lactobacillus buchneri* and their effects on the fermentation of alfalfa silage. *Journal of dairy science*, **92**, 5005-5010.
- Silva, NC, Nascimento, CF, Campos, VM, Alves, MA, Resende, FD, Daniel, JL, Siqueira, GR** (2019) Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. *Animal Feed Science and Technology*, **251**, 124-133.
- Silva, NC, Nascimento, CF, Nascimento, FA, Resende, FD, Daniel, JLP, Siqueira, GR** (2018) Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of dairy science*, **101**, 4158-4167.
- Sniffen, CJ, O'connor, JD, Van Soest, PJ, Fox, DG, Russell, JB** (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal science*, **70**, 3562-3577.
- Tilley, JMA, Terry, RA** (1963) A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, Oxford, **18**, n.2, p.104-111.
- Van Soest, PJ, Robertson, JB** (1985) Analysis of forages and fibrous foods. Ithaca: Cornell University, 202p.

Tabela 1. Composição química-bromatológica e perdas no processo de fermentação de silagens de grãos de milho reidratado a 30 % de umidade

Itens	Fatores						Estatísticas				
	Armazenamento (dias)				Inoculante		P-valor				
	30	60	90	120	Média		A	I	A x I	CV	SE
MS ¹	60,27	59,38	57,44	59,28	59,09b	LB	0,01	0,01	0,11	2,08	0,40
	62,28	64,22	61,41	62,18	62,18a	CON					
MM ²	1,28a	1,17b	1,30a	1,30a	1,26	LB	0,03	0,49	0,01	5,67	0,20
	1,31a	1,28a	1,31a	1,20b	1,28	CON					
PB ²	8,61	8,09	8,39	7,60	8,20b	LB	0,01	0,01	0,15	6,26	0,23
	8,73	9,16	9,06	7,85	8,66a	CON					
EE ²	4,40	4,77	4,96	5,33	4,87	LB	0,26	0,68	0,24	13,58	0,20
	4,95	5,22	4,61	5,04	4,94	CON					
FDN ²	25,27	21,45	18,83	28,35	23,47	LB	0,05	0,09	0,56	27,58	3,10
	25,17	24,19	27,24	31,28	27,13	CON					
FDA ²	6,03	6,41	5,96	5,28	5,94	LB	0,01	0,56	0,07	15,02	0,40
	6,15	5,47	7,14	5,33	6,07	CON					
LIG ²	1,58	1,22	1,73	1,38	1,47	LB	0,01	0,05	0,25	14,71	0,63
	1,31	1,22	1,74	1,14	1,32	CON					
CT ²	85,69	86,30	85,38	85,72	85,77a	LB	0,60	0,01	0,07	1,16	0,44
	84,99	84,13	85,01	85,88	85,05b	CON					
CNF ²	62,13	66,18	67,85	60,24	64,10	LB	0,22	0,08	0,48	11,74	0,81
	60,60	64,45	58,38	58,22	60,41	CON					
DIVMS ²	71,05	76,41	75,21	70,42	72,76a	LB	0,06	0,01	0,10	4,09	1,00
	68,08	67,60	70,14	67,16	68,24b	CON					
RMS ³	0,96	0,94	0,90	0,93	0,93b	LB	0,01	0,01	0,11	1,56	0,63
	1,07	1,03	1,02	1,03	1,04a	CON					
PE ⁴	13,16	15,91	21,45	24,94	18,75a	LB	0,01	0,01	0,06	59,5	1,73
	12,51	1,12	9,12	10,83	7,38b	CON					
PG ²	0,029b	0,027b	0,041	0,035b	0,032	LB	0,01	0,01	0,03	12,5	0,01
	0,036a	0,033a	0,037	0,041a	0,037	CON					
pH	4,52	4,25	4,19	4,20	4,29b	LB	0,01	0,01	0,89	3,99	0,08
	5,07	4,77	4,65	4,78	4,82a	CON					
MS = 63,8260 – 0,099dias + 0,0006dias ²										R ² = 0,80	
MM _(LB) = 1,3803 – 0,0047dias + 0,0004dias ²										R ² = 0,46	
PB = 8,02 + 0,0269dias - 0,0002dias ²										R ² = 0,86	
FDA = 4,9206 + 0,0459dias - 0,0003dias ²										R ² = 0,66	
LIG = 1,0842 + 0,0102dias - 0,0001dias ²										R ² = 0,09	
RMS = 1,07 - 0,0026dias + 0,00001dias ²										R ² = 0,91	
PE = 17,8660 – 0,2693dias + 0,0023dias ²										R ² = 0,72	
PG _(LB) = 0,0254 + 0,0001dias										R ² = 0,47	
pH = 5,2475 – 0,0180dias + 0,001dias ²										R ² = 0,99	

¹% da matéria natural; ²% da matéria seca; ³Kg/ton de matéria seca; MS, matéria seca; MM, matéria mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FDN, fibra insolúvel em detergente neutro; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; LIG, lignina; DIVMS, digestibilidade *in vitro* da MS; RMS, recuperação de MS; PG, perda de MS na forma de gases; PE, perda de MS na forma de efluentes; pH, potencial de hidrogênio iônico; LB, silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri*; CON, silagem controle; A, fator armazenamento; I, fator inoculação; A x I, interação entre os fatores armazenamento e inoculação; CV, coeficiente de variação; SE, erro padrão da média; R², coeficiente de determinação; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F de Fisher a 5% de probabilidade (ANOVA).

Tabela 2. Composição química-bromatológica e perdas no processo de fermentação de silagens de grãos de milho reidratado a 35 % de umidade

Itens	Fatores						Estatísticas				
	Armazenamento (dias)				Inoculação		P-valor				
	30	60	90	120	Média		A	I	A x I	CV	SE
MS ¹	59,18	58,98	57,03	57,60	58,30b	LB	0,01	0,01	0,15	1,33	0,34
	59,23	59,49	58,26	58,99	59,03a	CON					
MM ²	1,26a	1,20a	1,22a	1,32a	1,25	LB	0,80	0,04	0,01	5,50	0,03
	1,18a	1,28a	1,25a	1,13b	1,21	CON					
PB ²	8,33	8,86	8,71	6,86	8,41	LB	0,01	0,58	0,24	6,8	0,25
	8,93	8,70	8,81	6,29	8,30	CON					
EE ²	4,75a	5,01a	4,61a	4,99a	4,85	LB	0,09	0,01	0,01	8,11	0,16
	4,76a	4,12b	3,83b	3,67b	4,22	CON					
FDN ²	20,56	17,33	16,76	21,43	19,02b	LB	0,38	0,01	0,91	33,17	3,36
	29,51	27,37	2305	27,78	27,00a	CON					
FDA ²	5,14	5,69	5,88	5,98	5,45	LB	0,03	0,49	0,41	15,32	0,37
	5,98	5,81	5,86	4,71	5,57	CON					
LIG ²	1,27a	1,38a	1,53a	1,15a	1,32	LB	0,01	0,89	0,04	11,82	0,77
	1,28a	1,23a	1,86a	1,13a	1,29	CON					
CT ²	85,56	84,90	85,34	86,35	85,42	LB	0,01	0,06	0,09	0,84	0,32
	85,10	86,02	85,86	87,39	85,97	CON					
CNF ²	67,78	71,27	70,01	65,19	68,56a	LB	0,22	0,01	0,82	10,83	0,77
	58,10	59,60	63,91	58,21	59,99b	CON					
DIVMS ²	66,02	64,88	68,25	70,95	67,52b	LB	0,89	0,01	0,43	9,99	0,77
	76,83	76,41	77,07	73,71	76,01a	CON					
RMS ²	94,70	93,02b	90,92b	90,12b	92,19	LB	0,01	0,01	0,01	0,94	0,91
	94,53	94,82a	94,53a	93,04a	93,98	CON					
PE ³	11,89	22,00	21,56	26,89	20,59	LB	0,01	0,70	0,50	32,87	3,08
	17,86	20,06	20,96	26,46	21,33	CON					
PG ²	0,035	0,041	0,047	0,046	0,042a	LB	0,16	0,01	0,41	23,01	0,01
	0,030	0,272	0,032	0,033	0,030b	CON					
pH	4,95	4,41	4,46	4,49	4,56	LB	0,01	0,01	0,01	3,30	-
	4,48	4,25	4,34	4,03	4,25	CON					
MS = 59,6001 - 0,0135dias									R ² = 0,60		
MM _(LB) = 1,4026 - 0,0059dias + 0,00004dias ²									R ² = 0,99		
MM _(CON) = 0,9819 + 0,0087dias - 0,0001dias ²									R ² = 0,99		
PB = 6,7208 + 0,0828dias - 0,0007dias ²									R ² = 0,92		
EE _(CON) = 5,0578 - 0,0127dias									R ² = 0,92		
FDA = 4,51 + 0,0431dias - 0,0003dias ²									R ² = 0,90		
LIG _(LB) = 0,7993 + 0,0189dias - 0,0001dias ²									R ² = 0,78		
CT = 86,1063 - 0,0344dias + 0,003dias ²									R ² = 0,91		
PE = 12,0558 + 0,1188dias									R ² = 0,90		
RMS _(LB) = 0,9616 - 0,0005dias									R ² = 0,97		
RMS _(CON) = 0,9542 - 0,002dias									R ² = 0,79		
LIG _(CON) = 0,7329 + 0,0189dias - 0,0001dias ²									R ² = 0,23		
LIG _(LB) = 0,7993 + 0,0189dias - 0,001dias ²									R ² = 0,78		
pH _(CON) = 4,6056 - 0,0044dias									R ² = 0,79		
pH _(LB) = 5,5966 - 0,0273dias + 0,0002dias ²									R ² = 0,88		

¹% da matéria natural; ²% da matéria seca; ³Kg/ton de matéria seca; MS, matéria seca; MM, matéria mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FDN, fibra insolúvel em detergente neutro; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; LIG, lignina; DIVMS, digestibilidade *in vitro* da MS; RMS, recuperação de MS; PG, perda de MS na forma de gases; PE, perda de MS na forma de efluentes; pH, potencial de hidrogênio iônico; LB, silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri*; CON, silagem controle; A, fator armazenamento; I, fator inoculação; A x I, interação entre os fatores armazenamento e inoculação; CV, coeficiente de variação; SE, erro padrão da média; R², coeficiente de determinação; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F de Fisher a 5% de probabilidade (ANOVA).

Tabela 3. Composição química-bromatológica e perdas no processo de fermentação de silagens de grãos de milho reidratado a 40 % de umidade

Itens	Fatores						Estatísticas				
	Armazenamento (dias)				Inoculação		P-valor				
	30	60	90	120	Média		A	I	A x I	CV	SE
MS ¹	54,83	56,42	54,38	56,35	55,50a	LB	0,01	0,01	0,14	3,06	0,74
	55,00	53,83	51,92	55,56	54,08b	CON					
MM ²	1,12a	1,09b	1,12b	1,20a	1,13	LB	0,03	0,08	0,01	7,65	0,03
	1,10a	1,35a	1,25a	1,06b	1,18	CON					
PB ²	8,46	8,61	8,50	7,68	8,29a	LB	0,01	0,01	0,20	6,5	0,23
	8,20	7,24	7,67	7,10	7,55b	CON					
EE ²	4,51	5,02	4,68	4,75	4,76b	LB	0,03	0,01	0,71	6,65	0,14
	4,99	5,31	4,79	5,04	5,06a	CON					
FDN ²	25,11b	19,49b	15,53b	24,09b	21,06	LB	0,59	0,01	0,01	18,9	2,68
	38,02a	50,24a	52,61a	45,35a	46,01	CON					
FDA ²	5,50	5,72	5,46	4,45	5,28	LB	0,01	0,81	0,13	15,1	0,35
	5,84	6,27	4,59	4,20	5,23	CON					
LIG ²	1,46	1,37	1,59	1,20	1,40	LB	0,01	0,38	0,12	13,4	0,77
	1,61	1,19	1,72	1,35	1,43	CON					
CT ²	87,51	86,69	87,01	85,74	86,74	LB	0,68	0,81	0,67	2,65	1,02
	87,45	86,92	96,09	87,11	86,89	CON					
CNF ²	62,88a	68,29a	72,45a	63,14a	66,69	LB	0,13	0,01	0,02	12,4	0,77
	52,19a	52,61b	39,24b	39,87b	41,94	CON					
DIVMS ²	70,71	74,73	72,84	78,69	74,24b	LB	0,01	0,01	0,86	6,47	0,89
	79,88	83,41	84,79	88,33	84,10a	CON					
RMS ²	0,86	0,85	0,84	0,86	0,85a	LB	0,01	0,01	0,11	2,57	0,63
	0,83	0,83	0,80	0,79	0,81b	CON					
PE ³	20,88a	23,10a	22,51a	20,88b	21,77	LB	0,01	0,27	0,01	17,7	1,78
	18,33a	19,62a	26,22a	28,10a	23,07	CON					
PG ²	0,05b	0,10a	0,07a	0,09b	0,07	LB	0,01	0,01	0,01	39,1	0,01
	0,10a	0,08a	0,07a	0,18a	0,11	CON					
pH	4,52	4,26	4,27	4,29	4,34a	LB	0,01	0,01	0,31	1,38	0,02
	3,81	3,47	3,54	3,56	3,60b	CON					
MS = 57,7434 – 0,1041dias + 0,0007dias ²										R ² = 0,41	
MM _(CON) = 0,6956 + 0,0178dias - 0,0001dias ²										R ² = 0,94	
PB = 8,6793 – 0,0094dias										R ² = 0,79	
EE = 4,5673 + 0,0124dias - 0,0001dias ²										R ² = 0,19	
FDN _(LB) = 40,5343 – 0,6141dias + 0,0039dias ²										R ² = 0,89	
FDN _(CON) = 16,1079 + 0,8931dias - 0,0054dias ²										R ² = 0,99	
FDA = 5,2366 + 0,0258dias - 0,0003dias ²										R ² = 0,92	
LIG = 1,4055 + 0,0023dias - 0,00002dias ²										R ² = 0,10	
DIVMS = 73,0828 + 0,0813dias										R ² = 0,87	
RMS = 0,8588 – 0,0003dias										R ² = 0,66	
PG _(CON) = 0,2222 – 0,0047dias + 0,00004dias ²										R ² = 0,94	
pH = 4,5049 – 0,0145dias + 0,0001dias ²										R ² = 0,74	
PE _(CON) = 14,0975 + 0,1197dias										R ² = 0,92	

¹% da matéria natural; ²% da matéria seca; ³Kg/ton de matéria seca; MS, matéria seca; MM, matéria mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FDN, fibra insolúvel em detergente neutro; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; LIG, lignina; DIVMS, digestibilidade *in vitro* da MS; RMS, recuperação de MS; PG, perda de MS na forma de gases; PE, perda de MS na forma de efluentes; pH, potencial de hidrogênio iônico; LB, silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri*; CON, silagem controle; A, fator armazenamento; I, fator inoculação; A x I, interação entre os fatores armazenamento e inoculação; CV, coeficiente de variação; SE, erro padrão da média; R², coeficiente de determinação; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F de Fisher a 5% de probabilidade (ANOVA).

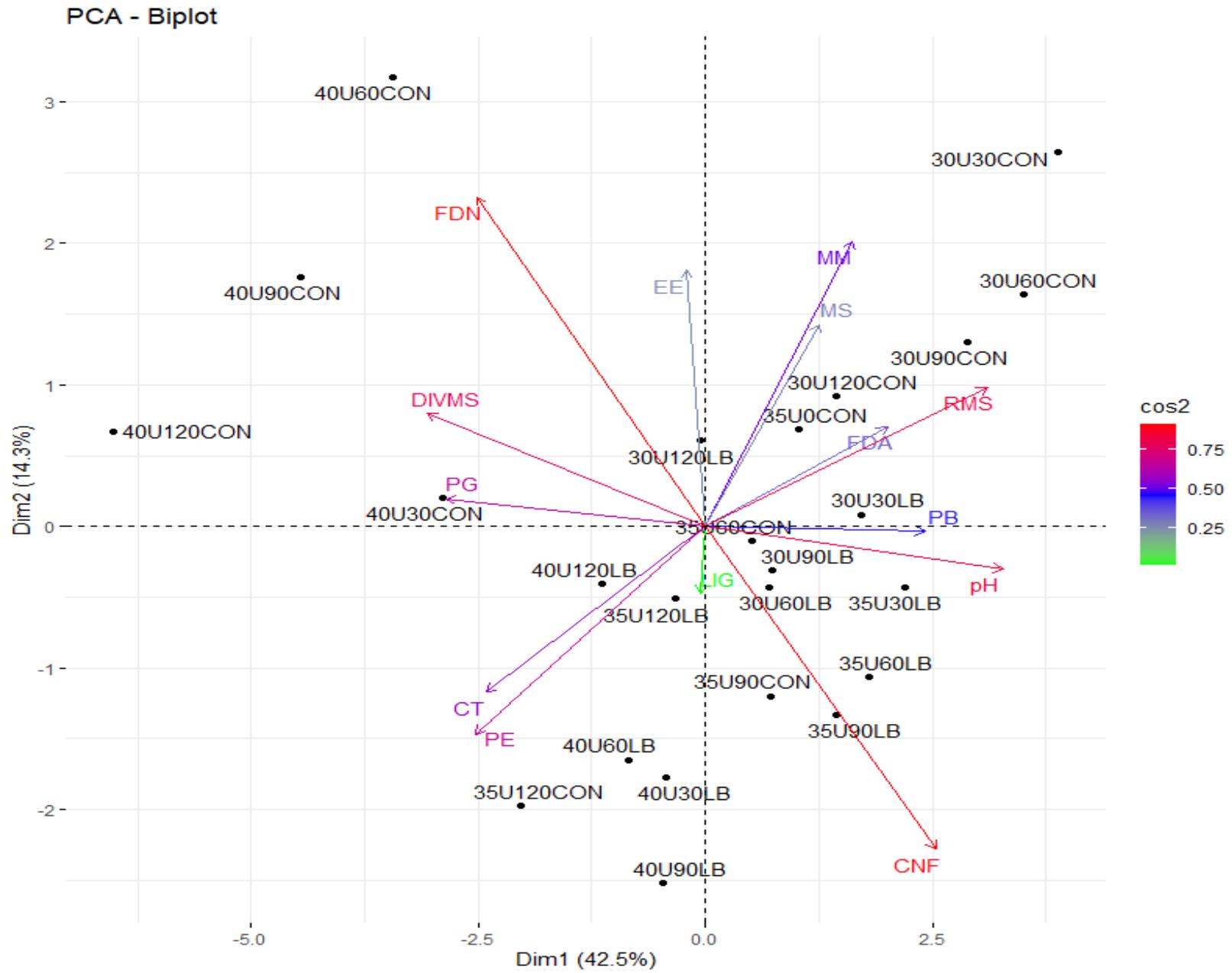


Figura 1. Componentes principais de silagens de milho reidratado a 30, 35 e 40 % de umidade em função do tempo de armazenamento e inoculação com *Lactobacillus buchneri*. 30U – 30% umidade; 35U – 35% umidade; 40U– 40% umidade; 30 – 30 dias de armazenamento; 60 – dias de armazenamento; 90 – 90 dias de armazenamento; 120 – 120 dias de armazenamento; CON – silagem controle; LB – silagem inoculada; Exemplo: 40U120CON – silagem de milho reidratado a 40% de umidade com 120 dias de armazenamento e não foi inoculada com *Lactobacillus buchneri*; Escala de cores: verde:azul:vermelho, indicando valores de correlação (\cos^2) das características com os componentes principais (Dim).