



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Saúde e Tecnologia Rural
Programa de Pós-graduação em Ciência Animal

LUAN FELIPE REIS CAMBOIM

AVALIAÇÃO DA SILAGEM DE GRÃO DE MILHO MOÍDO REIDRATADO COM
ÁGUA E NÍVEIS DE SORO DE LEITE

Patos-PB
2024

LUAN FELIPE REIS CAMBOIM

**AVALIAÇÃO DA SILAGEM DE GRÃO DE MILHO MOÍDO REIDRATADO COM
ÁGUA E NÍVEIS DE SORO DE LEITE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, como uma das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Área de concentração Mestrado em Ciência Animal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan
Coorientador: Prof. Dr. José Morais Pereira Filho

PATOS-PB
2024

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SISTEMOTECA/UFCG**

C384a

Camboim, Luan Felipe Reis

Avaliação da silagem de grão de milho moído reidratado com água e níveis de soro de leite / Luan Felipe Reis Camboim. – Patos, 2024.

55 f.

Orientador: Ricardo Loiola Edvan.

Coorientador: José Morais Pereira Filho.

Mestrado (Dissertação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

1. Silagem. 2. Conservação de alimentos. 3. Soro de leite. 4. Milho. Edvan, Ricardo Loiola, *orient.* II. Título.

CDU 633.15

Bibliotecário-documentalista: Bárbara Costa – CRB-15/806

LUAN FELIPE REIS CAMBOIM

**AVALIAÇÃO DA SILAGEM DE GRÃO DE MILHO MOÍDO REIDRATADO COM
ÁGUA E NÍVEIS DE SORO DE LEITE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos do programa de Pós-graduação em Ciência Animal para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Ricardo Loiola Edvan.
Orientador – PPGCA/CSTR/UFCG**

**Professor Dr. José Morais Pereira Filho.
Co-orientador – PPGCA/CSTR/UFCG**

**Professor Dr. Edson Mauro Santos
Examinador Externo – CCA/UFPB**

**Professora Dra. Shirlenne Ferreira Silva
Examinadora Externa – PNP/CPCE/UFPI**

Trabalho aprovado em: 19 de fevereiro de 2024.

PATOS - PB

EPÍGRAFE

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos.”

(Paulo Beleki)

*A Deus,
Aos meus Pais,
Aos meus avós,
Aos Familiares e Amigos.*

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me trazido até aqui. Agradeço ao meu pai e minha mãe, Moacir e Fernanda, por todo apoio, amor incondicional e paciência. Deixo aqui também os meus agradecimentos aos meus avós maternos, Adão e Maria das Graças, pelo amor, apoio e por toda a ajuda. Agradeço aos meus tios Rosimar e Prudêncio e demais familiares, por todo apoio.

Agradeço à Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de estudar na mesma e, adquirir conhecimento técnico-científico por meio dos seus docentes altamente capacitados. Deixo aqui os meus sinceros agradecimentos aos queridos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, que me auxiliaram e auxiliam na busca por conhecimento e capacitação profissional. Agradeço a Universidade Federal do Piauí, pelo espaço concedido durante a execução do experimento.

Agradeço ao meu orientador Dr. Ricardo Loiola Edvan, por todos os ensinamentos passados, sendo sua ajuda fundamental para minha formação e qualificação profissional. Agradeço também ao meu co-orientador Dr. José Morais, por toda a ajuda para a conclusão deste trabalho. Agradeço ao Prof. Dr. Leilson Bezerra, pelos conselhos e ajuda para a execução do projeto.

Agradeço a todos os integrantes do Grupo de Extensão em Forragicultura (GEFORPI), Núcleo de Estudos em Forragicultura (NUEFO) e ao Grupo de Estudos em Materiais Aplicados à Nutrição de Ruminantes (GERMAN), por todo apoio e ajuda para a realização deste trabalho.

Agradeço à CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e pelos recursos concedidos para que me auxiliassem na condução deste projeto.

Agradeço aos amigos do VÔLEI-UFCG, em especial a Karina Lacerda, por me acolherem tão bem e proporcionarem momentos de descontração.

Agradeço aos colegas e amigos que fiz até aqui na UFCG-CSTR e UFPI-CCA, em especial à Gabriela Iantorno, Romilda e Lucas Barros, que foram muito importantes para a conclusão deste trabalho. Não posso deixar de agradecer também à turma do PPGCA 2022.1, em especial ao João Victor, Mirelly e Claudiney, pois sem a ajuda deles, não teria chegado até aqui. Levarei vocês no meu coração.

Os meus sinceros agradecimentos a todos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luan Felipe Reis Camboim, filho de Fernanda Reis de Sousa Camboim e Moacir Dantas Camboim, o autor nasceu no dia 03 de maio de 1999, na cidade de Floriano, Piauí.

No ano de 2015, concluiu o ensino médio na Unidade Escolar João Leal, na cidade de Nazaré do Piauí, Piauí.

No mês de setembro de 2016 ingressou no ensino superior, no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Piauí, Campus Prof.^a Cinobelina Elvas, no município de Bom Jesus - PI, concluindo seus estudos em março de 2022, obtendo o grau de Bacharel em Zootecnia.

Em março de 2022 ingressou no mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB CSTR/UFCG.

Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. <i>O grão de milho e sua utilização na nutrição animal</i>	17
2.2. <i>Processamento e ensilagem de grão de milho</i>	18
2.3. <i>O Soro de leite e sua utilização como aditivo</i>	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. <i>Local e manejo experimental</i>	22
3.2. <i>Delineamento estatístico e tratamentos</i>	22
3.3. <i>Produção da silagem</i>	22
3.4. <i>Análise de perdas</i>	23
3.5. <i>Determinação da composição química das silagens</i>	24
3.5.1. <i>Capacidade tampão e carboidratos solúveis</i>	25
3.5.2. <i>Avaliação de pH e concentração de nitrogênio amoniacal</i>	25
3.6. <i>Estabilidade aeróbia das silagens</i>	26
3.7. <i>Determinação do teor de ácidos orgânicos das silagens</i>	26
3.8. <i>Determinação microbiológica das silagens</i>	27
3.9. <i>Análise de degradabilidade in vitro</i>	28
3.10. <i>Avaliação de escores da qualidade das silagens</i>	29
3.11. <i>Análise estatística</i>	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1. <i>Perdas fermentativas, pH e nitrogênio amoniacal das silagens</i>	32
4.2. <i>Composição química das silagens</i>	34
4.3. <i>População de microrganismos das silagens</i>	36
4.4. <i>Ácidos orgânicos das silagens</i>	37
4.5. <i>Degradabilidade das silagens</i>	39
4.6. <i>Estabilidade aeróbia das silagens</i>	41
4.7. <i>Avaliação de escores da qualidade das silagens</i>	43
5. CONCLUSÃO.....	45
6. REFERÊNCIAS.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- AGV's - Ácidos graxos voláteis;
- AOAC - Association of official analytical chemists;
- BAL - Bactérias do ácido láctico;
- CST - Carboidratos solúveis totais;
- EPM – Erro padrão médio;
- ENT - Enterobactérias;
- FDA - Fibra em detergente ácido;
- FDN - Fibra em detergente neutro;
- LEV - Leveduras;
- MM - Matéria mineral;
- MN - Matéria natural;
- MS - Matéria seca;
- N-NH₃ - Nitrogênio amoniacal;
- PB - Proteína bruta;
- pH - Potencial (ou potência) hidrogeniônico;
- RMS - Recuperação de Matéria seca;
- UFC - Unidade formadora de colônia;

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do milho moído e características do soro de leite (matéria natural).....	23
Tabela 2. População microbiológica dos ingredientes antes de ensilar.....	27
Tabela 3. Perdas fermentativas de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	32
Tabela 4. Composição química de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	35
Tabela 5. População de microrganismos das silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	36
Tabela 6. Ácidos orgânicos de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	38
Tabela 7. Estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	42
Tabela 8. Parâmetros de avaliação da qualidade de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Compactação no silo	23
Figura 2. Silo experimental lacrado.....	23
Figura 3. Análise da estabilidade aeróbia.....	26
Figura 4. Análise de população de microrganismos	28
Figura 5. Degradabilidade de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.	40
Figura 6. Estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.....	42

AVALIAÇÃO DA SILAGEM DE GRÃO DE MILHO MOÍDO REIDRATADO COM ÁGUA E NÍVEIS DE SORO DE LEITE

Resumo: Conservar o milho na forma de silagem melhora seu valor nutritivo se comparado ao grão seco, reduz perdas e a deterioração do material. O soro de leite é uma alternativa de aditivo para reidratar o grão de milho moído, pois é rico em proteínas solúveis, lactose, minerais e bactérias do ácido lático, características que podem melhorar a qualidade da silagem. Dessa forma, desenvolveu-se um experimento para testar o soro de leite como aditivo úmido em comparação com a água a partir de um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Os tratamentos corresponderam da forma de reidratação do grão de milho moído, sendo a testemunha com reidratação com água (acréscimo de 30% de água na matéria natural do grão de milho em relação ao seu peso), e três reidratações com soro de leite (acréscimo de 20, 30 e 40% de soro de leite na matéria natural do grão de milho em relação ao seu peso). Para caracterização da qualidade da silagem, foram analisadas as silagens abertas após 90 dias, através das seguintes variáveis: perdas, pH, nitrogênio amoniacal, teor de ácidos orgânicos, determinação da população microbiana, composição química, degradabilidade e estabilidade aeróbia. A maior perda por efluentes foi observada no tratamento com reidratação de 40% de soro de leite na matéria natural (MN; 7,86 kg t⁻¹ MV). O pH foi maior no tratamento reidratado com água (5,51). Para carboidratos solúveis totais, observou-se que a reidratação utilizando soro de leite com 20, 30 e 40%, proporcionou incrementos na sua concentração. As silagens reidratadas com água apresentaram a menor população de bactérias do ácido lático (0,90 Log/UFC/g) e as maiores populações de leveduras e enterobactérias, sendo 3,74 e 0,86 Log/UFC/g. A menor concentração de ácido lático foi observada na silagem reidratada com água, sendo 2,71 g/kg MS. Observou-se que tratamentos reidratados com 20 e 30% de soro de leite na MN, apresentaram as maiores taxas de degradabilidade, sendo 91,76 e 90,75%, respectivamente. A quebra da estabilidade ocorreu mais rapidamente no tratamento reidratado com água e no tratamento com reidratação de 40% de soro de leite na MN, ocorrendo às 41,6 e 46,4 horas, respectivamente. A reidratação utilizando 20% soro de leite apresentou melhores benefícios à silagem de grão de milho moído quando comparada à reidratação com água e demais níveis.

Palavras-chave: conservação, coproduto, *Zea mays* L.

EVALUATION OF GROUND CORN GRAIN SILAGE REHYDRATED WITH WATER AND LEVELS OF WHEY MILK

Abstract: Ensiling corn improves its nutritive value compared to dry grain, reduces losses, and prevents material deterioration. Whey milk is an alternative additive for rehydrating ground corn grain, as it is rich in soluble proteins, lactose, minerals, and lactic acid bacteria, characteristics that can improve silage quality. Therefore, an experiment was developed to test whey milk as a wet additive compared to water using a completely randomized design with five replicates. The treatments corresponded to the rehydration method of the ground corn grain, with the control being rehydrated with water (adding 30% water to the natural matter of the corn grain in relation to its weight), and three rehydrations with whey milk (adding 20, 30, and 40% whey milk to the natural matter of the corn grain in relation to its weight). To characterize the silage quality, the silages were opened after 90 days and analyzed for the following variables: losses, pH, ammoniacal nitrogen, organic acid content, microbiological population determination, chemical composition, degradability, and aerobic stability. The highest effluent loss was observed in the treatment with 40% whey milk rehydration in the natural matter (MN; 7.86 kg t⁻¹ DM). The pH was higher in the water-rehydrated treatment (5.51). For total soluble carbohydrates, it was observed that rehydration using whey milk with 20, 30, and 40% increased its concentration. Silages rehydrated with water had the lowest lactic acid bacteria population (0.90 Log/CFU/g) and the highest yeast and enterobacteria populations, being 3.74 and 0.86 Log/CFU/g, respectively. The lowest lactic acid concentration was observed in the water-rehydrated silage, being 2.71 g/kg DM. It was observed that treatments rehydrated with 20 and 30% whey milk in MN had the highest degradability rates, being 91.76 and 90.75%, respectively. The breakdown of stability occurred more rapidly in the water-rehydrated treatment and in the treatment with 40% whey milk rehydration in MN, occurring at 41.6 and 46.4 hours, respectively. Rehydration using 20% whey milk presented better benefits to ground corn grain silage when compared to rehydration with water and other levels.

Keyword: conservation, byproduct, *Zea mays* L.

1. Introdução

O grão do milho (*Zea mays* L.) está entre os cereais mais cultivados no mundo, sendo o principal alimento utilizado na nutrição animal. Estima-se que cerca de 70% do total de milho produzido seja destinado à composição de dietas para a alimentação animal, tornando-o a principal fonte energética responsável por manter os índices produtivos dos animais (Tavares et al., 2020).

Devido à variação no preço deste grão ao longo do ano, faz-se necessário o seu armazenamento por longos períodos, a fim de amenizar os efeitos provocados por estas variações. Porém, o armazenamento inadequado do milho ocasiona perdas aos produtores, devido a maior susceptibilidade ao ataque de insetos e roedores que geralmente ocorrem no armazenamento de grãos secos (Daniel et al., 2022). Assim, o uso de alternativas no armazenamento poderá contribuir com a redução de perdas econômicas, sendo a ensilagem uma alternativa para armazenar o grão de milho.

De acordo com Mombach et al. (2019), o processo de ensilagem do grão de milho consiste na moagem e reidratação dos grãos para posterior compactação e armazenamento em silo anaeróbio, este procedimento permite a conservação do material através de fermentação na ausência de oxigênio. O armazenamento do grão de milho reidratado na forma de silagem apresenta algumas vantagens em relação a armazenagem dos grãos secos. Segundo Junges et al. (2017) o grão de milho seco apresenta menor valor nutricional se comparado a silagem de grão de milho reidratado, tornando a silagem uma boa alternativa para maximizar o aproveitamento deste alimento pelos animais. A melhora nutricional no processo de ensilagem ocorre devido ao aumento na digestibilidade do grão, que é explicada devido as subunidades de proteína que se ligam aos grânulos de amido, sofrerem a proteólise (Ferrareto et al., 2013). Para Daniel et al. (2022) e Arcari et al. (2016) a ensilagem é um procedimento eficiente, pois além de melhorar a qualidade do grão, conserva o milho reduzindo as perdas e deterioração do material em consequência da ação de pragas, mudanças de temperatura e umidade, reduz os gastos com transporte e minimiza as oscilações de preço do mercado.

A reidratação do milho para a ensilagem pode ser realizada com diferentes hidratantes, sendo a com água a mais comum (da Cruz et al., 2021). Carvalho et al. (2016) destacaram que as silagens de grão de milho reidratado apenas com água apresentam difícil fermentação, por comumente apresentarem baixas contagens de bactérias ácido lácticas (BAL) e por apresentarem baixa estabilidade aeróbia, sendo um forte indicador de

34 fermentações inadequadas. Dessa forma, é importante buscar alternativas para
35 reidratação, a fim de melhorar estas características.

36 Dentre as formas de reidratação, o soro de leite pode ser uma alternativa para
37 reidratar o grão de milho moído. De acordo com Faustino et al. (2018), o soro de leite é
38 um coproduto, produzido em larga escala pela indústria láctea que as vezes não é
39 aproveitado adequadamente, e o seu descarte de forma inadequada no meio ambiente
40 pode ocasionar sérios danos ambientais. Este coproduto além de reidratar o grão, pode
41 contribuir com melhorias na qualidade nutricional e no processo fermentativo da silagem
42 de grão de milho, pois é rico em proteínas solúveis, lactose, minerais e vitaminas (Souza
43 et al., 2020). Além disso, o soro de leite é rico em bactérias do ácido lático, que são
44 bactérias que estimulam a produção do ácido lático, responsável pela redução do pH e
45 estabilização da silagem. Portanto, a utilização deste resíduo na reidratação de grãos de
46 milho apresenta-se como uma opção viável para o aproveitamento e destinação adequada
47 deste resíduo (Ávila et al., 2019).

48 A hipótese é que o soro de leite como reidratante em silagem de grão de milho
49 moído, proporcionará melhor perfil fermentativo e nutricional que a silagem de grão de
50 milho moído reidratada com água, e que quanto maior o nível de soro de leite melhor a
51 qualidade da silagem de grão de milho moído e reidratado. Dessa forma, objetivou-se
52 avaliar a qualidade da silagem de grão de milho moído e reidratado com diferentes níveis
53 de soro de leite em comparação à reidratação com água.

54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67

68 2. Referencial teórico

69

70 *2.1 O grão de milho e sua utilização na nutrição animal*

71 A cultura do milho destaca-se por ser amplamente versátil nas suas formas de
72 utilização, podendo ser utilizada tanto no consumo humano quanto na alimentação de
73 animais, além de servir como matéria prima para a indústria, principalmente em função
74 da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (Fancelli & Dourado
75 Neto, 2000). De acordo com Brum & Luft (2008), cerca de 70% a 80% de todo o milho
76 produzido no Brasil é destinado a utilização na nutrição animal. Sendo a avicultura o
77 principal setor a consumir este alimento, seguida pela suinocultura, bovinocultura de
78 corte e leite e o setor de pets.

79 O grão de milho é de grande importância na nutrição animal devido ao elevado
80 teor de amido presente no alimento, por esse motivo ele é encontrado em proporções
81 significativas na formulação de concentrados destinados aos animais (Lucci et al., 2008).
82 Segundo Valadares Filho et al. (2018), o grão de milho apresenta em torno de 85% a 88%
83 de nutrientes digestíveis totais com alta digestibilidade, em torno de 9% de proteína bruta
84 (PB), 4,2% de extrato etéreo (EE) e 75% de carboidratos não fibrosos (CNF), com base
85 na matéria seca, configurando como o cereal com mais alto teor de energia entre os
86 diversos cereais, além de apresentar alta palatabilidade e conter amido altamente
87 digestível.

88 Para Paes (2006), o grão de milho pode ser dividido em quatro partes:
89 endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta. Segundo este mesmo autor, o
90 endosperma representa cerca de 82% do grão, sendo constituído, principalmente, por
91 amido e proteínas; o gérmen representa em torno de 11% do grão e é constituído em sua
92 maioria por lipídeos, proteínas, açúcares, amido e matéria mineral; o pericarpo representa
93 em média 5% do grão, sendo constituído por fibra, amido e proteínas; a ponta corresponde
94 a 2% do total do grão.

95 A textura do grão de milho é um dos principais fatores a interferir na sua
96 qualidade, sendo classificado de acordo com o nível de dureza, que é caracterizada pela
97 estrutura do endosperma e tamanho do gérmen (Silva et al., 2018). Segundo Paes (2006),
98 o milho pode ser classificado em cinco grupos de acordo com sua textura: dentado, duro,
99 farináceo, pipoca e doce. O milho tipo duro ou “flint” é o mais produzido e
100 comercializado no Brasil, este grupo de milho apresenta endosperma vítreo, conferindo
101 aos grãos aspecto duro, formato arredondado com aparência lisa e brilhante. Este grupo

102 de grão é utilizado em grande escala no Brasil por apresentar boa conservação durante o
103 armazenamento e maior resistência ao ataque de pragas e roedores em comparação aos
104 demais grupos (Spada et al., 2023).

105 A utilização do grão inteiro do milho na produção de animais ruminantes vem
106 crescendo cada vez mais, por provocar melhorias no desempenho produtivo dos rebanhos,
107 e também por facilitar o processo de confinamento, devido à redução de gastos com o
108 grande volume de mão de obra, aquisição e manutenção dos maquinários necessários para
109 o processamento deste milho (Paulino et al., 2008). Apesar de serem muito utilizadas, as
110 dietas com o uso de grãos inteiros apresentam certa limitação no aproveitamento e
111 digestibilidade do amido contidos nestes grãos (Wilson et al., 1973). Isso ocorre pelas
112 características estruturais do grão de milho (principalmente do grupo duro), pois os
113 microrganismos amilolíticos encontram dificuldades para degradar o amido devido à
114 matriz protéica que envolve os grânulos de amido resistir à adesão e penetração dos
115 microrganismos, fazendo-se necessário a utilização de métodos de processamento dos
116 grãos que visam a melhoria da digestibilidade e da palatabilidade para melhor
117 aproveitamento deste alimento pelos animais (McAllister et al., 1993).

118

119 ***2.2 Processamento e ensilagem de grão de milho***

120 O processamento dos grãos apresenta vantagens em relação ao uso grão milho
121 inteiro, pois aumenta a superfície de contato e melhora o processo de mistura dos
122 ingredientes da dieta, além de alterar características físico-químicas do grão (Silva et al.,
123 2018). Para os animais ruminantes, realizar o processamento do milho é importante, pois
124 este método potencializa a fermentação do amido no rúmen e minimiza as limitações da
125 digestão do amido no intestino delgado, aumentando a digestibilidade deste alimento no
126 rúmen e no intestino delgado (Lage et al., 2017). De acordo com Ferrareto et al. (2013) e
127 Passini et al. (2003), uma maior degradação do amido no rúmen proporciona melhorias
128 no suprimento de proteína microbiana e na produção de energia, na forma de ácidos
129 graxos voláteis (AGV's), propiciando aumento nos índices produtivos do rebanho.

130 No processamento do grão de milho são utilizados dois principais métodos: os
131 tratamentos físicos e os químicos. O tratamento físico tem como objetivo reduzir o
132 tamanho da partícula através da força de impacto, compressão, corte ou atrito, este
133 processo aumenta a superfície de contato sem que ocorra alterações químicas nos grãos
134 de milho. Por outro lado Kotarski et al. (1992), destacaram que os tratamentos químicos
135 ocorrem por meio da aplicação de calor e/ou vapor acarretando em uma gelatinização do

136 amido, isto ocorre quando há uma perda irreversível na estrutura nativa do amido em
137 função de alguma energia aplicada, que será responsável pela quebra das pontes de
138 hidrogênio intermoleculares, como a floculação e extrusão, onde os grânulos de amido
139 irão absorver água, inchar e formar um gel, expandindo e rompendo a matriz proteica ao
140 seu redor, expondo parte da amilose tornando-a mais susceptível à degradação
141 enzimática.

142 Segundo Vargas Junior et al. (2008), dentre os tratamentos físicos estão o
143 descascamento, prensagem, moagem e laminação. Os tratamentos físico-químicos podem
144 ser divididos em dois tipos: de calor a seco (tostagem, micronização e estalação) e de
145 calor úmido (cozimento, dilatação, floculação e peletização). Alguns destes tratamentos
146 podem representar um alto custo para os produtores, tornando-os inacessíveis
147 economicamente.

148 A moagem do milho apresenta-se como uma excelente alternativa para melhorar
149 a degradação do amido, além de ser economicamente viável para os produtores rurais.
150 Neste procedimento ocorre eliminação do pericarpo (película que reveste o grão), que é
151 a barreira física que dificulta a ação dos microrganismos e das enzimas digestivas dos
152 animais (Kotarski et al., 1992). De acordo com Mourão et al. (2012), o processo de
153 moagem consiste na redução do tamanho de partículas, que é gerado a partir da força do
154 impacto, corte ou atrito, seguida por peneiramento, para que ocorra a padronização do
155 produto.

156 A reconstituição do grão de milho através da técnica do reumedecimento dos grãos
157 secos até que alcance o teor de umidade ideal para a técnica da ensilagem, representa uma
158 alternativa viável e que agrega benefícios aos produtores rurais. Para Rezende et al.
159 (2014), a reidratação do milho para a ensilagem consiste em umedecê-lo até que atinja
160 teores de 30% a 40% de umidade, o que possibilita a sua fermentação e conservação na
161 forma de silagem. Segundo Arcari et al. (2016), ensilar o grão de milho moído
162 proporciona melhorias na digestibilidade do amido, minimiza perdas durante o
163 armazenamento em aspectos qualitativos e quantitativos, promove a redução de gastos
164 com transporte, possibilita a compra do grão quando este estiver mais barato, produção
165 de silagem de grão reidratado durante o ano inteiro, além de ser considerada uma
166 estocagem de baixo custo. De acordo com Ferrareto et al. (2013), essa melhora na
167 digestibilidade durante o processo de ensilagem é explicada devido às subunidades de
168 proteína que se ligam aos grânulos de amido, sofrerem a proteólise (processo de
169 degradação de proteínas por enzimas). No trabalho de Reis et al. (2001) cordeiros que

170 receberam alimentação à base de concentrado composto por 100% de silagem de grão de
171 milho reidratado, em substituição a utilização de grãos de milho secos, registraram um
172 incremento significativo no ganho de peso. Confirmando que o processo de ensilagem
173 pode contribuir para uma utilização mais eficaz do amido por parte dos animais
174 ruminantes.

175

176 **2.3 O soro de leite e sua utilização como aditivo**

177 Na indústria láctea o soro de leite é o principal coproduto líquido obtido a partir
178 da fabricação de queijos. Possui uma coloração amarela esverdeada, aspecto turvo e
179 cheiro acentuado, o tipo de soro de leite pode ser classificado como doce ou ácido, isso
180 depende de como ocorreu a coagulação do leite na produção do queijo (Alves et al., 2014).
181 O soro de leite ácido apresenta pH em torno de 4,6 e é resultante da manufatura de caseína
182 ou de queijos feitos com leite coagulados inicialmente por ácido, tal como o queijo
183 cottage, quark, requeijão, boursin, pelardon e a ricota. Já o soro de leite doce é proveniente
184 da coagulação enzimática do leite e apresenta pH entre 6,3 e 6,7 sendo obtido através da
185 produção dos queijos tipo coalho, cheddar, andino, suíço, minas padrão e da muçarela
186 (Morr e Ha, 1993).

187 Segundo Vidal & Netto (2018), para se produzir 1 kg de queijo são gerados em
188 torno de 9 litros de soro, representando assim, em torno de 90% do volume total do leite
189 gasto, retendo 55% dos nutrientes do mesmo. Este coproduto pode ser aproveitado de
190 várias maneiras. Podendo ser industrializado, transformando-se em bebidas fermentadas,
191 sucos, aditivo para panificação, desidratado e usado como fonte energética e nutritiva,
192 além de sofrer processos de concentração, separação das proteínas e lactose ou podendo
193 ser utilizado *in natura* para utilização na alimentação animal e como aditivo para o
194 processo de ensilagem.

195 O soro de leite *in natura* é um coproduto que tem um baixo valor comercial. Os
196 pequenos laticínios geralmente comercializam este coproduto em valores acessíveis,
197 podendo variar de R\$ 0,05/L a R\$ 0,10/L, devido a oportunidade de destinar este
198 coproduto a uma utilização adequada, evitando o descarte no meio ambiente de forma
199 inadequada. Há a necessidade que o soro de leite seja utilizado integralmente devido ao
200 impacto ambiental que este coproduto ocasiona quando descartado inadequadamente no
201 meio ambiente, isto ocorre devido à quantidade de nitrogênio contido no soro de leite,
202 que se aplicado no solo ou na água pode acarretar em contaminação das águas superficiais
203 e do lençol freático. Com isso, é importante destinar esse coproduto ao uso correto, se

204 utilizado na nutrição animal, pode ser alternativa nobre para a destinação e utilização do
205 soro de leite, devido às suas propriedades nutricionais, biológicas e funcionais de suas
206 proteínas e por servir como substrato para as bactérias do ácido lático que são
207 microrganismos desejáveis por sua capacidade de reduzir o pH nas silagens (Gheri,
208 Ferreira & Cruz, 2003; Magalhães et al., 2011; Rezende et al., 2014).

209 De acordo com Barbosa et al. (2010), o soro possui altas concentrações de leucina
210 e lisina, além disso, este coproduto constitui uma boa fonte de aminoácidos contendo
211 enxofre, tais como: cisteína e metionina, e apresenta uma elevada concentração de cálcio,
212 sendo rico em vitaminas, tais como tiamina, riboflavina, vitamina B6 e B12 e ácido
213 pantotênico, o soro de leite também contém ácido lático, ácido cítrico, compostos
214 nitrogenados (ureia e ácido úrico). Por ser rico em proteínas solúveis, lactose, minerais e
215 vitaminas e conter gordura, o soro de leite pode contribuir para melhorar a fase
216 fermentativa da silagem, aumentando o valor nutricional da silagem de grão de milho
217 moído e reidratado (Rezende et al., 2014; El-Shewy, 2016). Além disso, por ser um
218 coproduto rico em bactérias do ácido lático a sua utilização como hidratante na confecção
219 de silagem de grão milho moído fornece BAL para o meio, melhorando o perfil
220 fermentativo da silagem devido a produção do ácido lático (Santos et al., 2006). Dessa
221 forma, de acordo com Souza et al. (2020), o soro de leite pode ser adotado para corrigir a
222 umidade do grão de milho para propiciar melhor fermentação na massa ensilada e ainda
223 contribuir para melhoria nutricional na silagem.

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238 3. Material e métodos

239

240 3.1 *Local e manejo experimental*

241 O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia (DZOO), que fica
242 localizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, situada na
243 cidade de Teresina, no estado do Piauí. A classificação do clima da cidade é Aw, com
244 temperatura média anual de 27.9° C e uma pluviosidade média anual de 1451 mm.

245

246 3.2 *Delineamento estatístico e tratamentos*

247 Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro
248 tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam da forma de reidratação
249 do grão de milho moído, sendo uma reidratação com água (acréscimo de 30% de água na
250 matéria natural do grão de milho em relação ao seu peso), e três reidratações com soro de
251 leite (acréscimo de 20, 30 e 40% de soro de leite na matéria natural (MN) do grão de
252 milho em relação ao seu peso).

253

254 3.3 *Produção da silagem*

255 A trituração dos grãos de milho foi realizada em Triturador Forrageiro (TRF 700G
256 Trapp®, Santa Catarina, Brasil), utilizando peneira com furos medindo 3 mm. Após a
257 moagem, foi realizada a reidratação dos grãos de milho moído com a água e com os níveis
258 de soro de leite, que posteriormente foram homogeneizados. A massa resultante foi
259 ensilada em silos experimentais do tipo balde, com capacidade de 4 kg de armazenamento
260 e densidade de 800 kg m⁻³. Um kg de material absorvente (areia grossa) foi colocado no
261 fundo de cada silo para absorver os possíveis efluentes e acima dessa camada, foi utilizado
262 um pedaço de fibra sintética do tipo tecido-não-tecido (TNT) com a função de separar a
263 areia da silagem. Após a compactação, os silos experimentais foram lacrados com tampas
264 que continham válvulas do tipo Bunsen, favorecendo a saída dos gases produzidos
265 durante o processo de fermentação.

266

267 A água utilizada para reidratação foi mineral hipotermal da marca Indaiá (Paraíba,
268 Brasil) com pH de 4,64. O soro usado foi de leite bovino *in natura* resultante da
269 coagulação enzimática do leite (soro de leite do tipo doce), derivado da fabricação de
270 queijo caseiro regional (queijo coalho), e embalado em baldes, da produção de um único
271 dia.

271

272
273
274
275
276
277
278
279
280



281 **Figura 1.** Compactação no silo.



282 **Figura 2.** Silo experimental lacrado.

283
284
285
286

O soro de leite foi analisado conforme metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). A composição do grão de milho e do soro de leite estão disponíveis na Tabela 1.

287
288

Tabela 1. Composição química do milho moído e características do soro de leite (matéria natural).

Composição química (% da MS)	Ingredientes		
	Milho moído	Soro de leite [‡]	
Matéria seca	86,91	Densidade, (g/mL)	1,027
Proteína bruta (PB)	7,54	Acidez, °D	13,9
Fibra em detergente neutro	12,21	Crioscopia, °H	-0,535
Fibra em detergente ácido	2,42	pH	6,4
Cinzas	1,18	MS, g/kg	29
Extrato etéreo	3,41	PB, g/kg	23,2
Carboidratos solúveis totais	8,97	Extrato etéreo, g/kg	1,0
Poder tampão	5,68	Cinzas, g/kg	5,75

289

[‡] Segundo metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

290

291
292
293
294

Para caracterização da qualidade da silagem, estas foram analisadas 90 dias após a abertura, por meio das seguintes variáveis: perdas (gases, efluentes e matéria seca), pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), teores de ácidos orgânicos, determinação das populações microbianas, composição química, degradabilidade e estabilidade aeróbia.

295

296

3.4 Análise de perdas

297 Os silos experimentais foram pesados no fechamento e na sua abertura, para
298 determinação das perdas de matéria seca (MS) na forma de gases e efluentes, e a
299 recuperação de matéria seca (RMS) segundo equações descritas por Zanine et al. (2010).
300 A perda por gases foi obtida através da diferença de peso da massa de forragem seca.

$$301 \quad G = (PCI - PCf) \div (MFi \times MSi) \times 10000$$

302 em que:

303 G: perdas por gases (/kg MS); PCI: peso do silo cheio no fechamento (kg);

304 PCf: peso do silo cheio na abertura (kg);

305 MFi: massa de forragem no fechamento (kg);

306 MSi: teor de matéria seca da forragem no fechamento (/kg).

307 As perdas por efluentes foram calculadas pela equação seguinte, baseadas na diferença
308 de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem fresca no fechamento.

$$309 \quad E = [(PVf - Ts) - (PVi - Ts)] \div MFi \times 100$$

310 em que:

311 E: produção de efluentes (kg/tonelada de silagem);

312 PVi: peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg);

313 PVf: peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

314 Ts: tara do silo;

315 MFi: massa de forragem no fechamento (kg).

316 A seguinte equação foi utilizada para estimar a recuperação de matéria seca:

$$317 \quad RMS = (Mfa \times MSa) \div (Mff \times MSf) \times 100$$

318 em que:

319 RMS: taxa de recuperação de matéria seca (/kg);

320 Mfa: massa de forragem na abertura (kg);

321 MSa: teor de matéria seca da forragem na abertura (/kg);

322 Mff: massa de forragem no fechamento (kg);

323 MSf: teor de matéria seca da forragem no fechamento (/kg).

324

325 **3.5 Determinação da composição química das silagens**

326 As silagens foram avaliadas quanto as análises de matéria seca (MS), matéria
327 mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) de acordo com a AOAC (1990),
328 método nº 934.01 para matéria seca, 930.05 para matéria mineral, 981.10 para proteína
329 bruta e 920.39 e método 920.29 para extrato etéreo. Nas análises para a determinação da
330 fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foi utilizada a

331 metodologia de Van Soest et al. (1991) em aparelho Ankon, da Ankon Technology
332 Corporation, com modificações propostas por Senger et al. (2008). As análises foram
333 realizadas no Laboratório de Pesquisa em Nutrição Animal (LAPEN) e no Laboratório
334 de Forragicultura (LABFOR) da Universidade Federal do Piauí, em Teresina-PI.

335

336 *3.5.1 Capacidade tampão e carboidratos solúveis*

337 A capacidade tampão (CATP) foi determinada conforme a metodologia de
338 Mizubutti et al. (2009), onde utilizou-se 10 a 20 g de silagem macerada com 250 mL de
339 água destilada. O macerado foi titulado até pH 3,0 com HCL 0,1 N para liberação de
340 bicarbonatos, como dióxido de carbono. Em seguida, foi titulado até pH 6,0 com NaOH
341 0,1 N, sendo registrado o volume gasto de NaOH para mudar o pH de 4,0 a 6,0. A CATP
342 foi calculada pela equação:

$$343 \quad \text{CATP} = \frac{0,1 \times (V_a - V_i) \times 100}{PA}$$

345 em que:

346 CATP = capacidade tampão em e.mg NaOH/100 g MS;

347 0,1 = Normalidade do NaOH;

348 V_a = volume de NaOH gasto para mudar o pH da amostra de 4,0 para 6,0;

349 V_i = volume de NaOH gasto para mudar o pH do branco de 4,0 para 6,0;

350 PA = peso da amostra seca = [(peso da amostra × MS) ÷ 100].

351 A concentração de carboidratos solúveis totais (CST), foi obtida pelo método do
352 ácido sulfúrico concentrado, descrito por Dúbios et al. (1956), com adaptações de Corsato
353 et al. (2008). Os compostos orgânicos foram extraídos em solução de etanol. As
354 concentrações de carboidratos solúveis foram medidas pela leitura de absorvância a 490
355 nm usando D-glucose como padrão (Dubois et al., 1956). A proporção de CST, em g/100
356 mL, foi calculada com base na solução e posteriormente ajustada com base na matéria
357 seca de cada amostra utilizada.

358

359 *3.5.2 Avaliação de pH e concentração de nitrogênio amoniacal*

360 A determinação do pH em água destilada foi realizada em duplicata, coletando-se
361 25 g de amostra do material ensilado de cada tratamento e adicionou-se 100 mL de água.
362 Após 1 hora, foi realizada a leitura, de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et
363 al. (1992), com Potenciômetro da marca Instrutermh, São Paulo, Brasil.

364 Para a determinação de N-NH₃ das amostras, foi utilizada a metodologia descrita
365 por Bolsen et al. (1992), onde, em 25 g de amostra fresca foi adicionada 200 mL de
366 solução de H₂SO₄ a 0,2 N. Depois de 48 horas repousando em refrigeração, a mistura foi
367 filtrada com auxílio de papel filtro, para estimativa considerando o teor de matéria seca
368 da silagem, de acordo com Detmann et al. (2012).

369

370 **3.6 Estabilidade aeróbia das silagens**

371 Para análise da estabilidade aeróbia as silagens foram levadas para sala fechada
372 com controle de temperatura a 25° C, a temperatura ambiente foi mensurada com
373 termômetro localizado próximo à silagem. Na avaliação da estabilidade aeróbia da
374 silagem, após o período determinado de armazenamento (90 dias), foi realizada a abertura
375 dos silos.

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385



386

Figura 3. Análise da estabilidade aeróbia.

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

O material foi exposto ao ar por 96 horas. Após a abertura dos silos, foi conferida a temperatura superficial e de massa da silagem, em intervalos de 4 horas, durante 96 horas. A temperatura superficial das silagens foi aferida com termômetro digital sem toque, enquanto, a temperatura da massa de forragem, com um termômetro digital de imersão, inserido a 10 cm no centro da silagem. A temperatura ambiente foi controlada através de termômetro suspenso ao ar. A quebra da estabilidade aeróbia ocorreu quando a temperatura interna da silagem apresentou aumento de no mínimo 2° C em relação à temperatura ambiente (Taylor & Kung Jr, 2002).

3.7 Determinação do teor de ácidos orgânicos das silagens

397 Para a determinação das concentrações de ácidos orgânicos (lático, acético,
398 propiônico e butírico), foi pesado 10 g de cada silagem em triplicata, adicionou-se 90 mL
399 de água destilada, homogeneizando em um liquidificador durante 1 minuto e depois
400 filtrou-se em filtro de seringa PVDF, poro 0,22 µm. Posteriormente, foi retirada uma
401 amostra de 10 mL do material filtrado, que foi colocada em tubos a serem centrifugados
402 e adicionado 1,0 mL de ácido metafosfórico e duas gotas do ácido sulfúrico 50% e a
403 solução formada foi centrifugada durante 15 minutos a 13,000 × g. Após este processo, o
404 sobrenadante foi coletado em tubos eppendorf, congelados para determinação de
405 concentrações de ácidos orgânicos, usando técnica da cromatografia líquida de alto de
406 alta performance (HPLC; SHIMADZU, SPD-10A VP) (Siegfried et al., 1984). O aparelho
407 de HPLC foi equipado com um Detector Ultra Violeta usando uma coluna Aminex HPX-
408 87H (BIO-RAD, CA, EUA), com a fase móvel contendo ácido sulfúrico 0,005 M, uma
409 taxa de fluxo de 0,6 mL/min e comprimento de ondas: 210 nm. As análises foram
410 realizadas nos Laboratório de Nutrição Animal e Solos da UFPI/CPCE.

411

412 **3.8 Determinação microbiológica das silagens**

413 A avaliação microbiológica foi realizada de acordo com metodologia descrita por
414 González & Rodrigues (2003), onde foram avaliadas a população de bactérias do ácido
415 lático (BAL), enterobactérias, fungos filamentosos e leveduras. A determinação da
416 população microbiológica de bactérias do ácido lático, leveduras, fungos filamentosos e
417 enterobactérias do milho e do soro leite encontram-se na Tabela 2.

418

419 **Tabela 2.** População microbiológica dos ingredientes antes de ensilar.

Ingredientes	Microrganismos (Log/UFC/g)			
	BAL.	LEV.	FUN.	ENT.
Soro de leite	6,25	0,00	1,66	3,02
Milho	0,00	0,00	0,75	0,00

420 BAL: bactérias do ácido lático; LEV: leveduras; FUN: fungos filamentosos; ENT: enterobactérias.

421

422 Para realização das análises foram coletadas 25 g de amostra fresca de silagem, a
423 quais foram adicionados 90 mL de água destilada à amostra que foi desintegrada em
424 liquidificador por aproximadamente 1 minuto. Em seguida foi tomado 1 mL da mistura e
425 foi pipetado com a devida diluição (10^{-1} a 10^{-9}). O plaqueamento foi realizado em
426 duplicata para cada meio de cultura. As populações foram determinadas pela técnica
427 seletiva de culturas em meio anaeróbio, sendo utilizado:

428 1° O meio Ágar Rogosa para contagem das BAL, após incubação por 48 horas em estufa
429 a 37° C;

430 2° O meio Ágar BDA (Batata Dextrose Ágar) acidificado com ácido tartárico a 1%, para
431 contagem de fungos filamentosos e leveduras, após 48 horas de incubação à temperatura
432 ambiente;

433 3° O meio Ágar Brilliant Green Bile para contagem de enterobactérias, após incubação
434 por 24 horas a 35° C.

435 Foram consideradas susceptíveis à contagem as placas de Petri que apresentaram
436 entre 30 a 300 UFC (unidade formadora de colônia), foram considerados as médias das
437 placas da diluição selecionada. A diferenciação entre leveduras e bolores foi realizada
438 pela estrutura física das colônias, o que foi visualmente perceptível, pois leveduras são
439 unicelulares e bolores multicelulares.

440

441

442

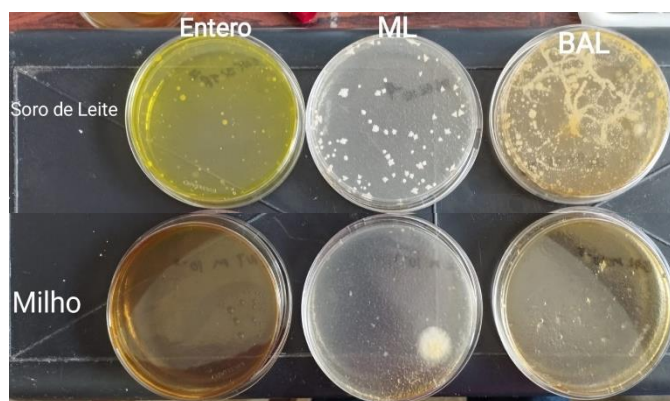
443

444

445

446

447



448

Figura 4. Análise da população de microrganismos.

449

450 3.9 Análise de degradabilidade *in vitro*

451 As avaliações *in vitro* foram realizadas no aparelho Daisy II e seguiram as
452 recomendações descritas pelo manual do aparelho e utilizando-se a solução tampão
453 proposta por McDougall (1948).

454 Os saquinhos de TNT foram confeccionados de acordo com os tratamentos, e com
455 as medidas de superfície com dimensões de 4 cm × 4,5 cm. Após as amostras serem
456 pesadas, os sacos foram imediatamente selados conforme procedimentos sugeridos por
457 Detmann et al. (2012). O líquido ruminal foi coletado no abatedouro público municipal
458 de Patos-PB, sendo coletado de um único bovino recém abatido. O fluido ruminal e
459 aproximadamente 300 g de material particulado ruminal foram transportados para o
460 laboratório de nutrição animal (LANA) da UFCG-CSTR em um recipiente térmico. A

461 preparação do inóculo incluiu misturar o fluido ruminal e partículas do material por 2
462 minutos em um liquidificador Waring sob constante com CO₂.

463 Utilizou-se a solução tampão proposta por McDougall (1948). Previamente à
464 mistura da solução tampão com o inóculo ruminal, foram adicionados 5 mL de solução
465 de ureia (5,5g/100 mL) para cada 300 mL da solução tampão. Logo em seguida, o pH da
466 solução foi reduzido para 6,80 por borbulhamento com CO₂ por 15 a 20 minutos. Uma
467 solução tampão foi feita imediatamente antes de cada digestão realizada pelo
468 aquecimento das soluções A e B a 39°C e adicionando 20 mL da solução B a 1 L da
469 solução A. O pH da solução tampão foi ajustado para 6,8 (quando necessário) adicionando
470 pequenas quantidades adicionais (1 a 2 mL) da solução B.

471 As replicatas de cada amostra foram inseridas em jarros incubadora, para cada
472 bateria, introduziu-se em cada jarro, um saquinho “branco”. Em seguida, adicionou-se
473 em cada jarro, 400 mL de inóculo ruminal e 1600 mL de solução de McDougall (relação
474 1:4 inóculo e solução tampão). O espaço livre dos jarros foi imediatamente saturado com
475 CO₂, sendo estes, então, fechados e acondicionados no interior de sua respectiva
476 incubadora, previamente aquecida a 39 °C. A degradabilidade foi analisada nos tempos
477 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Após as horas determinadas, os saquinhos foram
478 imediatamente lavados com água destilada quente, exercendo-se leve pressão manual
479 para retirada dos gases neles contidos. Após a lavagem, secou-se todos os saquinhos em
480 estufa (105°C/24h) e em seguida foram pesados, obtendo-se o resíduo aparentemente não
481 digerido da MS.

482

483 **3.10 Avaliação de escores de qualidade das silagens**

484 Na avaliação de qualidade das silagens utilizou-se o sistema de escores proposto
485 no trabalho de Ribeiro et al. (2023). Os valores variaram de 1 a 4, onde as silagens com
486 o melhor desempenho para uma característica específica de qualidade receberam a
487 pontuação de 1, já o segundo melhor desempenho recebeu uma pontuação de 2, e assim
488 por diante, considerando, como melhor tratamento aquele que obteve a menor soma. Os
489 tratamentos que não se diferiram entre si, receberam a mesma pontuação. Foram
490 avaliados os parâmetros que apresentaram diferença significativa ($P<0,01$) entre os
491 tratamentos, e que desempenham maior influência na qualidade da silagem, sendo eles:
492 efluentes, recuperação de matéria seca, potencial hidrogeniônico, matéria seca,
493 carboidratos solúveis totais, bactérias do ácido lático, ácido lático, degradabilidade e
494 estabilidade aeróbia.

495 Para efluentes, McDonald. (1991) relata que uma maior perda de efluentes na
496 produção de silagem pode indicar menor qualidade, dessa forma, o tratamento com maior
497 perda por efluentes, recebeu a maior nota. De acordo com Pacheco et al. (2014), maiores
498 recuperações de matéria seca, estão associadas a menores perdas gases e efluentes,
499 portanto, o tratamento que obteve a menor pontuação, foi o que obteve maior recuperação
500 de matéria seca. Segundo McDonald. (1981), silagens com boa conservação devem
501 apresentar pH de 3,8 a 4,2, os tratamentos que mais se aproximaram desta faixa,
502 receberam a menor nota. Rezende et al. (2014), destacam que teor de umidade em silagens
503 de grão de milho moído e reidratado deve estar entre 25 e 40% para proporcionar
504 condições de umidades adequadas para uma boa fermentação, dessa forma, os
505 tratamentos que obtiveram resultados de matéria seca dentro desta faixa, receberam a
506 menor nota.

507 Com relação aos teores de carboidratos, Gourley & Lusk (1978) relataram que são
508 necessários teores de 6 a 8% para melhor preservação da silagem, os tratamentos que
509 apresentaram valores mais próximos desta faixa receberam a menor pontuação. Pahlow
510 (2003) recomenda que silagens com boa fermentação devam apresentar no mínimo 5
511 log/UFC/g de bactérias do ácido lático, os tratamentos que apresentaram essa quantidade
512 mínima receberam a menor pontuação. Para Roth & Undersander (1995) os teores de
513 ácido lático para uma silagem de qualidade deve estar entre 4 a 6 %MS, os tratamentos
514 que ficaram mais próximos da faixa relatada por estes autores, receberam as menores
515 notas. Maior degradabilidade pode indicar melhor aproveitamento dos alimentos pelos
516 animais, portanto, os tratamentos que apresentaram maior degradabilidade, receberam a
517 menor pontuação. De acordo com Coutinho et al. (2020), é importante que as silagens
518 apresentem alta estabilidade aeróbia, pois a estabilidade aeróbia pode ser conceituada
519 como a resistência da massa ensilada à deterioração após a exposição ao ar, os tratamentos
520 que apresentaram maiores estabilidades, receberam menor pontuação.

521

522 **3.11 Análise estatística**

523 Os dados foram submetidos à análise de variância com significância de $P < 0,05$ e
524 a regressão linear. As médias foram analisadas através do teste Tukey, comparadas com
525 significância de $P < 0,05$. Os dados foram analisados utilizando-se o software SISVAR
526 versão 5.0 (FERREIRA, 2011).

527 Foi adotado o modelo estatístico:

$$528 Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

529 Sendo: Y_{ijk} = observação referente às diferentes formas de reidratação das
530 silagens i com tempos analisados j ; μ = constante geral; τ_i = efeito das diferentes formas
531 de reidratação i ; sendo $i = 1, 2, 3$ e 4 (30% água, 20% soro de leite, 30% soro de leite,
532 40% soro de leite); γ_j = é o efeito dos tempos $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ e 8 (0, 3, 6, 12, 24, 48,
533 72, 96 horas); $(\tau\gamma)_{ij}$ = interação entre as diferentes formas de reidratação das silagens i
534 com tempos analisados j ; ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada forma de reidratação das
535 silagens com os tempos analisados, ϵ_{ijk} .

4. Resultados e Discussões

4.1 Perdas fermentativas, pH e nitrogênio amoniacal das silagens

Foram observados efeitos significativos ($P < 0,01$) para as diferentes formas de reidratação das silagens para perdas por efluentes e recuperação de matéria seca (RMS), pH e nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) (Tabela 3). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) para as perdas por gases (Tabela 3).

A maior perda por efluentes foi observada no tratamento com 40% (da MN) de soro de leite ($7,86 \text{ kg t}^{-1} \text{ MV}$). Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si de perdas por efluentes, variando de 2,50 a $2,77 \text{ kg t}^{-1} \text{ MV}$. A maior perda por efluentes nas silagens reidratadas com 40% de soro de leite na MN, explica-se devido ao excesso de umidade presente nas silagens, pois os efluentes são diretamente proporcionais ao teor de umidade. Uma maior perda de efluentes na produção de silagem pode indicar menor qualidade, pois, segundo McDonald. (1991), nos efluentes contém uma grande quantidade de compostos orgânicos como: açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes provenientes do material ensilado. Mombach et al. (2019) estudando o efeito de diferentes níveis de inclusão de água na composição química e perfil fermentativo da silagem de grão de milho reconstituída relatou que o aumento da água (40%) elevou quantidade de perdas por efluentes.

Tabela 3. Perdas fermentativas, pH e nitrogênio amoniacal de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.

Reidratação	Efluentes (kg/t MV)	Gases MS (%)	RMS MS (%)	pH	N-NH ₃ (%NT)
30% Água	2,77b	1,49	97,76a	5,51a	0,02c
20% Soro	2,54b	1,90	97,04ab	4,79b	0,02c
30% Soro	2,50b	1,79	96,81ab	4,38c	0,03b
40% Soro	7,86a	2,02	95,95b	4,21d	0,04a
Média	3,92	1,81	96,89	4,72	0,02
<i>P-valor</i>	<0,01	0,18	<0,01	<0,01	<0,01
EPM	0,34	0,14	0,31	0,04	0,00

EPM: erro padrão médio, MS: matéria seca, MV: matéria verde, RMS: recuperação de matéria seca, pH: Potencial hidrogeniônico; N-NH₃: nitrogênio amoniacal. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem-se estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

As maiores quantidades de RMS ($P < 0,01$) foram observadas no tratamento com 30% de água (97,76%). O tratamento com 40% de soro de leite apresentou a menor taxa de recuperação de MS (95,95%). Os valores de RMS das silagens ficaram acima de 95%, fato que justifica a técnica de conservação de silagem de grão de milho moído e reidratado como opção para conservação desse material, já que apresenta reduzida quantidade de perdas de MS no armazenamento. Para Pinedo et al. (2022) a porcentagem de RMS é

568 altamente influenciada pelas perdas por produção de efluentes e de gases nas silagens, ou
569 seja, nas silagens onde ocorrem menores perdas por gases e efluentes, a recuperação de
570 MS é maior. Os valores de RMS obtidos neste trabalho estão próximos dos valores
571 encontrados por Diogénes et al. (2023), que avaliando a composição físico-química e
572 perfil de ácidos graxos de carne de cabritos alimentados com silagem de grão de milho
573 moído reidratado com diferentes aditivos, obteve valores de RMS de 98,6% para as
574 silagens de grão de milho moído reidratadas com água, e de 98,1% para as silagens de
575 grão de milho moído reidratadas utilizando soro de leite.

576 O tratamento reidratado com água, apresentou a maior média ($P<0,01$) de pH
577 (5,51). Os tratamentos com reidratação de soro de leite não diferiram entre si. A utilização
578 do soro de leite como reidratante proporcionou melhores valores de pH nas silagens de
579 grão de milho moído reidratado. Estes melhores valores de pH podem ter ocorrido devido
580 ao fornecimento BAL para o meio, conforme observado na Tabela 2, acarretando na
581 melhora do perfil fermentativo da silagem devido a produção do ácido lático que é
582 responsável pela redução do pH e estabilização da silagem (França et al., 2011). Além
583 disso, a acidez observada na Tabela 1 (13,9 °D), indica a presença de ácidos orgânicos
584 que quando adicionados no material ensilado acidificam o meio provocando a redução do
585 pH. O trabalho de Ávila et al. (2019) avaliando características bromatológicas,
586 microbiológicas e perdas fermentativas da silagem de grão de milho reidratado com água
587 ou soro de leite associado a diferentes níveis de inclusão do resíduo de tilápia, obteve pH
588 de 4,3 para a silagem reidratada com 35% de água e de 4,2 para a silagem de grão de
589 milho reidratada com 35% de soro de leite, sendo o mesmo valor encontrado para o nível
590 de 40% de soro de leite neste trabalho.

591 Os tratamentos com acréscimo de 30% de água e 20% de soro de leite
592 apresentaram as menores médias ($P<0,01$) de concentrações N-NH₃, sendo 0,02% do
593 nitrogênio total (NT). As maiores médias foram observadas nos tratamentos com
594 reidratação com 40% de soro de leite (0,04 %NT), respectivamente. A reidratação de
595 silagens de grão de milho com acréscimo de maiores quantidades de soro leite aumentam
596 as concentrações de N-NH₃ das silagens. Os valores de N-NH₃ estão abaixo dos
597 encontrados por Diogénes et al. (2023), que obteve valores de 0,61 %NT para silagens de
598 grão de milho moído reidratadas com água, e valores de 0,70 %NT para silagens de grão
599 de milho moído reidratadas com soro de leite. Todas as silagens apresentaram baixas
600 concentrações de nitrogênio amoniacal, o que pode indicar silagens de boa qualidade,
601 pois, segundo Mota et al. (2011), reduzidos valores de N-NH₃ podem indicar baixa

602 degradação dos compostos protéicos pelas enzimas proteolíticas que são secretadas,
603 principalmente, pelas bactérias do gênero *Clostridium*. Silagens de boa qualidade devem
604 apresentar menos de 10% de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total
605 (McDonald et al., 1991).

606 **4.2 Composição química das silagens**

607 Observaram-se efeitos significativos ($P < 0,01$) para as diferentes formas de
608 reidratação das silagens de grão moído de milho para os teores de matéria seca (MS),
609 extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos solúveis totais (CST)
610 e capacidade tampão (CT) (Tabela 4). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) para os teores
611 de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e fibra em detergente ácido (FDA) (Tabela
612 4).

613 Para os teores de MS, as silagens reidratadas com 30% de água e 20% de soro de
614 leite em relação a MN, apresentaram os maiores teores entre os tratamentos (727,9 e 727,2
615 g/kg, respectivamente). As silagens reidratadas com 30 e 40% de soro de leite,
616 apresentaram valores de 687,9 e 636,3 g/kg MS, respectivamente. Os teores de MS
617 encontram-se dentro da faixa adequada de MS, pois o teor de umidade em silagens de
618 grão de milho moído e reidratado deve estar entre 25 e 40% de acordo com Rezende et
619 al. (2014), para proporcionar condições de umidades adequadas para uma boa
620 fermentação.

621 Para EE foi observado que o tratamento com reidratação com água apresentou a
622 menor quantidade (34,8 g/kg MS). Os tratamentos com reidratação do grão de milho
623 moído com 20, 30, 40% de soro de leite apresentaram valores de 47,1, 47,8 e 48,7 g/kg
624 MS, respectivamente. A reidratação com soro leite proporcionou incrementos nos teores
625 de EE nas silagens. Este fato pode ser explicado pelo soro de leite apresentar
626 concentrações de gordura na sua composição (Carter & Drake, 2018). Esta afirmação
627 pode ser constatada na composição química do soro de leite antes de ensilar (Tabela 1),
628 em que este coproduto apresentou 1,0 g/kg de EE. Já a água não apresenta gordura em
629 sua composição, justificando os maiores teores de EE nos tratamentos com reidratação
630 utilizando o soro de leite. A maior quantidade de extrato etéreo nos tratamentos com
631 utilização de soro de leite em comparação ao uso de água corrobora com o trabalho de
632 Ávila et al. (2019), que ao avaliar silagens de grão de milho reidratado com 35% água
633 obteve valor de 3,3% e para a reidratação com 35% de soro leite obteve valor de 5,6% de
634 EE nas silagens.

635

636 **Tabela 4.** Composição química de silagens de grão de milho moído e reidratado com
 637 água e níveis de soro de leite.

Reidratação	MS ¹ (g/kg)	MM ² (g/kg MS)	EE ³ (g/kg MS)	PB ⁴ (g/kg MS)	FDN ⁵ (g/kg MS)	FDA ⁶ (g/kg MS)	CST ⁷ (g/kg MS)	CT ⁸ (e.mg NaOH/100 g/MS ⁹)
30% Água	727,9a	17,7	34,8b	79,9	109,9a	17,7	80,1b	3,59d
20% Soro	727,2a	16,9	47,1a	80,9	66,8b	17,8	110,2a	12,54c
30% Soro	687,9b	16,5	47,8a	80,6	69,6b	16,6	126,0a	15,20b
40% Soro	636,3c	16,1	48,7a	82,8	66,8b	16,0	131,6a	19,73a
Média	694,8	16,8	44,6	81,0	78,3	17,0	112,0	12,77
<i>P-valor</i>	<0,01	0,73	<0,01	0,40	<0,01	0,47	<0,01	<0,01
EPM	0,33	0,10	0,12	0,12	0,36	0,09	0,67	0,54

638 EPM: erro padrão médio, ¹MS: matéria seca, ²MM: matéria mineral, ³EE: extrato etéreo, ⁴PB: proteína bruta
 639 ⁵FDN: fibra em detergente neutro, ⁶FDA: fibra em detergente ácido, ⁷CST: carboidratos solúveis totais,
 640 ⁸CT: capacidade tampão. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem-se
 641 estatisticamente pelo teste Tukey P<0,05.
 642

643 O valor de FDN foi maior para o tratamento com reidratação com água, sendo
 644 109,9 g/kg MS. Os tratamentos reidratados com soro de leite com 20, 30 e 40% de soro
 645 de leite na MN apresentaram menores valores de FDN, sendo 66,8, 69,6 e 66,8 g/kg MS.
 646 Estes dados corroboram com Rezende et al. (2014) que encontraram maiores reduções de
 647 FDN nas silagens quando se utilizou o soro de leite para reidratar os grãos de milho moído
 648 quando comparado com a reidratação com água. Para CST observou-se que a reidratação
 649 utilizando soro de leite com 20, 30 e 40% de soro de leite em relação ao grão de milho
 650 moído proporcionou incrementos na concentração de CST, sendo 110,2, 126,0 e 131,6
 651 g/kg MS, respectivamente. A reidratação com 30% de água na MN do grão de milho
 652 moído obteve o menor teor de CST (80,1 g/kg MS). O aumento nos valores de CST nas
 653 silagens reidratadas utilizando o soro de leite como reidratante explica-se devido a
 654 presença de carboidratos como a lactose, a qual é o principal açúcar presente neste
 655 coproduto (Ávila et al., 2019).

656 A CT das silagens reidratadas com água apresentou o menor valor (P<0,01) de
 657 3,59 e.mg NaOH/100 g/MS. As silagens reidratadas com 20% de soro de leite
 658 apresentaram a menor capacidade tamponante dentre as silagens reidratadas com este
 659 coproduto, sendo 12,54 e.mg NaOH/100 g/MS. As demais silagens com adição de 30 e
 660 40% de soro de leite na MN apresentaram valores de 15,20 e 19,73 e.mg NaOH/100 g/MS
 661 de CT, respectivamente. Foi observado que quanto maior a inclusão de soro de leite,
 662 maior a concentração de CT. Isso pode ter ocorrido devido ao soro de leite ser um
 663 coproduto que contém uma variedade de minerais, incluindo cálcio, potássio, fósforo e
 664 magnésio (Silva et al., 2023). A análise da composição química do soro de leite antes de
 665 ensilar (Tabela 1), confirma a afirmação deste autor, pois foi encontrado matéria mineral

666 neste coproduto, sendo 5,75 g/kg. Além disso, a presença de ácidos orgânicos como o
 667 ácido cítrico que é contido no soro de leite apresenta efeito tamponante, impedindo a
 668 queda do pH da massa ensilada, explicando a maior capacidade tampão nos tratamentos
 669 reidratados com soro de leite.

670

671 **4.3 População de microrganismos das silagens**

672 Na análise populacional dos microrganismos das silagens (Tabela 5), observou-se
 673 efeito ($P < 0,01$) nas silagens de grão de milho moído e reidratado com água e diferentes
 674 níveis de soro de leite, para a população de BAL, leveduras e enterobactérias. Não foi
 675 observado efeito ($P > 0,05$) para as populações de fungos filamentosos (Tabela 5).

676 As populações de BAL foram maiores para o tratamento com reidratação
 677 utilizando 20% de soro de leite, apresentando média de 5,81, Log/UFC/g. A reidratação
 678 com água apresentou a menor média populacional (0,90 Log/UFC/g). Os resultados
 679 obtidos constataam que o soro de leite fornece BAL para o meio, conforme apresentado na
 680 Tabela 2. As médias de BAL observadas podem explicar os melhores valores de pH nas
 681 silagens reidratadas com soro de leite, comprovando a eficácia das BAL em promover o
 682 declínio do pH de silagens (Muck et al., 2018). Neste trabalho apenas o tratamento
 683 reidratado com 20% de soro de leite na MN foi superior ao limite mínimo de 5 log/UFC/g
 684 de BAL, recomendado por Pahlow (2003) para silagens com boa fermentação.

685

686 **Tabela 5.** População de microrganismos das silagens de grão de milho moído e reidratado
 687 com água e níveis de soro de leite.

Reidratação	BAL (Log/UFC/g)	LEV. (Log/UFC/g)	FUN. (Log/UFC/g)	ENT. (Log/UFC/g)
30% Água	0,90c	3,74a	5,72	0,86a
20% Soro	5,81a	2,52c	5,62	0,50b
30% Soro	3,08b	2,28c	5,73	0,60b
40% Soro	2,73b	2,94b	5,37	0,54b
Média	3,13	2,87	5,61	0,63
<i>P-valor</i>	<0,01	<0,01	0,37	<0,01
EPM	0,24	0,16	0,16	0,03

688 BAL: Bactérias do ácido láctico, LEV: leveduras, FUN: fungos filamentosos, ENT: enterobactérias, EPM:
 689 corresponde ao erro padrão médio. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem-se
 690 estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

691

692 Na análise da população de leveduras, observou-se a maior média populacional
 693 para o tratamento reidratado com água, sendo 3,74 Log/UFC/g. As menores médias foram
 694 observadas nos tratamentos com reidratação de 20 e 30% de soro de leite na MN do grão,
 695 sendo 2,52 e 2,28 Log/UFC/g, respectivamente. É indesejável a presença de leveduras em

696 silagens, pois estes microrganismos não contribuem para a redução do pH e aumentam a
697 produção de etanol e CO₂, ocasionando perdas por gases (Behling Neto et al., 2017). As
698 populações de leveduras em silagens com fermentação adequada não devem ultrapassar
699 5 Log/UFC/g, de acordo com Neres et al. (2013). Os tratamentos reidratados com água e
700 com os diferentes níveis de soro de leite não ultrapassaram a faixa recomendada por estes
701 autores.

702 A população de fungos filamentosos apresentou médias semelhantes para as
703 diferentes formas de reidratação da silagem de grão de milho moído ao longo das quatro
704 aberturas dos silos, variando de 5,37 a 5,73 Log/UFC/g. Segundo Macêdo et al. (2017),
705 os fungos filamentosos podem ocasionar danos à silagem, pois consomem açúcares
706 solúveis e ácido lático, metabolizam celulose e outros componentes da parede celular,
707 além de produzirem micotoxinas que podem ser nocivas aos animais. Dessa forma,
708 elevadas populações de fungos filamentosos não são desejáveis em silagens de boa
709 qualidade. Para Neres et al. (2013) a população de fungos filamentosos não deve
710 ultrapassar 5 Log/UFC/g, os valores obtidos para esses microrganismos ficaram próximos
711 desta faixa.

712 Para enterobactérias a maior média foi observada nas silagens reidratadas com
713 acréscimo de 30% de água na MN do grão de milho moído (0,86 Log/UFC/g). Segundo
714 Maia et al. (2021) as enterobactérias encontram dificuldades para proliferarem em pH
715 reduzido. Este fato foi constatado neste trabalho, pois a maior média populacional de
716 enterobactérias foi encontrada nas silagens reidratadas com água, que foram as silagens
717 que apresentaram o maior valor médio de pH (5,51). Este fato reflete um resultado
718 positivo da utilização do soro de leite na reidratação do grão de moído, este coproduto
719 proporcionou acidificação do meio (redução do pH), controlando a proliferação destes
720 microrganismos maléficos ao material ensilado. Segundo Macêdo et al. (2017),
721 normalmente, a população de enterobactérias diminui à medida que se eleva a população
722 de bactérias lácticas. Os resultados obtidos neste trabalho para a população deste
723 microrganismo corroboram com a afirmação destes autores, pois as silagens reidratadas
724 com soro de leite apresentaram maiores populações de BAL e menores populações de
725 enterobactérias se comparadas a reidratação com água.

726

727 **4.4 Ácidos orgânicos das silagens**

728 Houve efeito significativo ($P < 0,01$) para as diferentes formas de reidratação das
 729 silagens nas concentrações de ácido láctico, ácido acético e ácido propiônico, não sendo
 730 observado ($P > 0,05$) para a concentração de ácido butírico (Tabela 6).

731 Na concentração de ácido láctico os maiores valores foram observados para os
 732 tratamentos com reidratação utilizando o soro de leite em níveis de 30 e 40% em relação
 733 ao grão, sendo 7,87 e 8,09 g/kg MS. A menor concentração de ácido láctico foi observada
 734 na silagem reidratada com água, sendo 2,71 g/kg MS. As maiores inclusões de soro de
 735 leite na reidratação do grão de milho moído proporcionaram maiores concentrações de
 736 ácido láctico, este fato pode ser atribuído ao poder de acidificação do soro de leite,
 737 conforme observado na Tabela 1 e por esse coproduto servir de substrato para as BAL
 738 que são os microrganismos responsáveis pela produção deste ácido (McDonald et al.,
 739 1991). Este é um resultado positivo, pois a presença de ácido láctico é benéfica ao material
 740 ensilado, uma vez que este ácido é responsável pela redução do pH e estabilização da
 741 silagem, além de impedir um ambiente propício ao desenvolvimento de microrganismos
 742 deteriorantes (Santos et al., 2018).

743

744 **Tabela 6.** Ácidos orgânicos de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e
 745 níveis de soro de leite.

Reidratação	Ácido láctico (g/kg MS)	Ácido acético (g/kg MS)	Ácido propiônico (g/kg MS)	Ácido butírico (g/kg MS)
30% Água	2,71c	1,89c	0,21d	1,00
20% Soro	4,20b	6,22b	2,93a	1,07
30% Soro	7,87a	8,02a	1,12c	1,10
40% Soro	8,09a	6,12b	2,44b	1,17
Média	5,72	5,56	1,67	1,08
<i>P-valor</i>	<0,01	<0,01	<0,01	0,93
EPM	0,14	0,18	0,08	0,18

746 EPM: erro padrão médio. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem-se
 747 estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

748

749 O ácido acético foi encontrado em menor quantidade no tratamento reidratado
 750 com água (1,89 g/kg MS). A maior concentração foi observada no tratamento com
 751 reidratação de 30% de soro de leite na MN do grão de milho, sendo 8,02 g/kg MS. De
 752 acordo com Muck. (2010), a presença de ácido acético em silagens é importante, pois este
 753 ácido é um inibidor de crescimento de leveduras e fungos filamentosos no material
 754 ensilado, conferindo assim maior estabilidade aeróbia para a silagem após exposição ao
 755 ar. Observou-se que o tratamento que obteve a maior quantidade de ácido acético
 756 (reidratação com 30% de soro de leite na MN) foi a que obteve a menor média
 757 populacional de leveduras (2,28 Log/UFC/g), fato que corrobora com a afirmação deste

758 autor. Segundo Kung Jr et al. (2018) silagens que apresentam concentrações muito baixas
759 de ácido acético podem apresentar menor estabilidade aeróbia quando expostas ao ar.

760 Para as concentrações de ácido propiônico os maiores valores foram encontrados
761 nas silagens com reidratação de 20 e 40% de soro de leite na MN, sendo 2,93 e 2,44 g/kg
762 MS, respectivamente. As silagens reidratadas com água apresentaram a menor de
763 concentração deste ácido, sendo 0,21 g/kg MS. Silagens de boa qualidade devem
764 apresentar baixas concentrações de ácido propiônico (Kung Jr et al., 2018). Os
765 tratamentos reidratados com diferentes níveis de soro de leite apresentaram concentrações
766 dentro da faixa aceitável de produção deste ácido que, de acordo Mahanna (1993), deve
767 ser de 1 a 10 g/kg MS para silagens de boa qualidade.

768 Não ocorreu variação nas concentrações de ácido butírico nas diferentes formas
769 de reidratação do grão de milho moído, variando de 1,00 a 1,17 g/kg MS. A presença de
770 ácido butírico em silagens é altamente indesejável, pois indicam a atividade metabólica
771 de microrganismos do gênero *clostridium*, o que leva a grandes perdas de matéria seca e
772 energia (Pahlow et al., 2003). De acordo com Vieira et al. (2004), as concentrações de
773 ácido butírico são consideradas adequadas quando inferiores a 1,0 g/kg MS. Os resultados
774 obtidos neste trabalho, para a concentração deste ácido, estão próximos aos valores
775 aceitáveis para uma silagem com fermentação adequada.

776

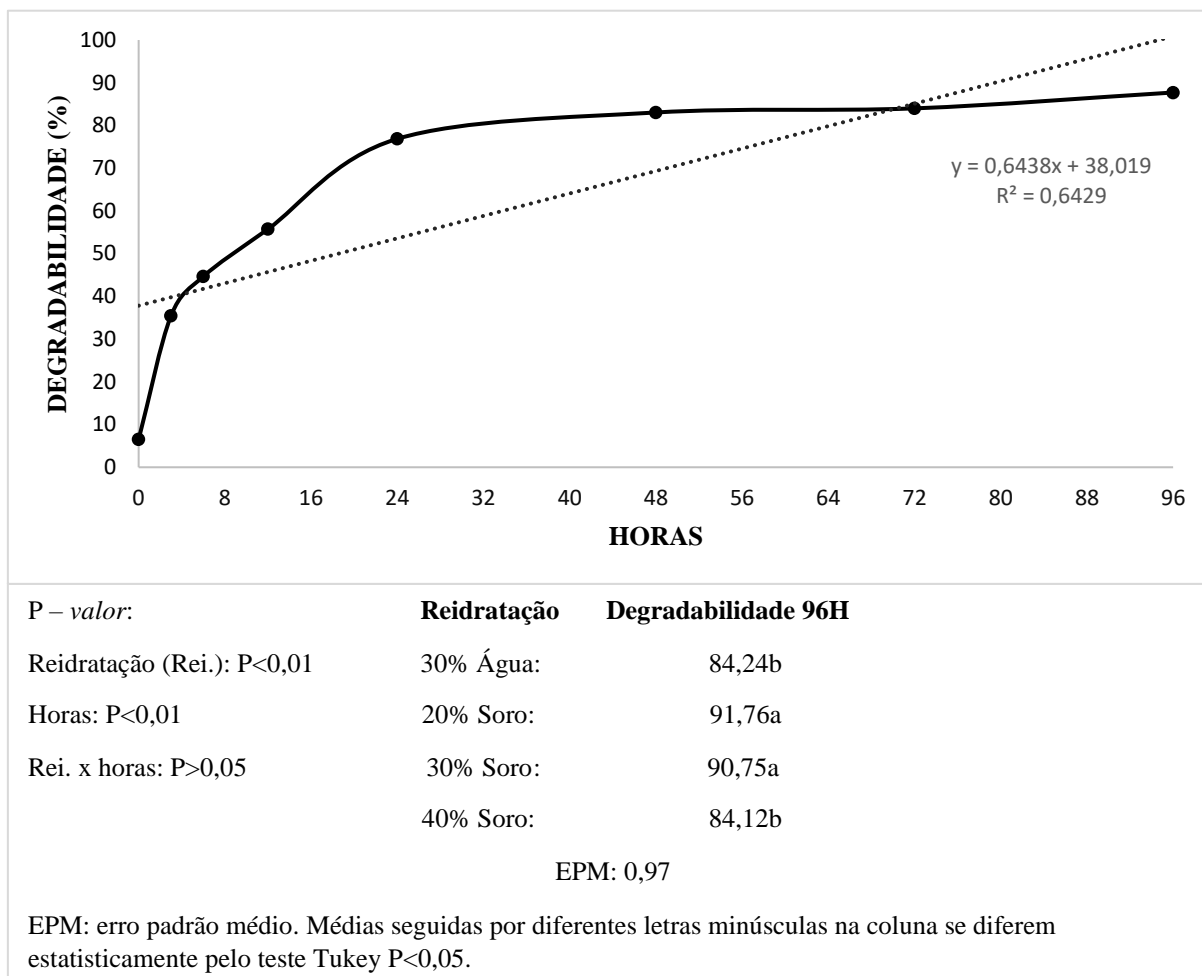
777 **4.5 Degradabilidade das silagens**

778 Na análise de degradabilidade não foi observada interação ($P>0,05$) entre as
779 diferentes formas de reidratação da silagem grão de milho moído e as horas analisadas
780 (Figura 5). Foi observado efeito isolado ($P<0,01$) para o tipo de reidratação e para as horas
781 de incubação analisadas (Figura 5).

782 Houve efeito linear crescente da taxa de degradabilidade ao decorrer dos tempos
783 de incubação analisados, sendo as horas 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 (Figura 5). Observou-
784 se que quanto maior o tempo de incubação maior foi a degradabilidade das silagens
785 analisadas neste trabalho, obtendo-se valores médios de 6,52% (tempo 0), 35,43% (tempo
786 3); 44,65% (tempo 6); 55,74% (tempo 12); 76,87 (tempo 24), 83,04% (tempo 48), 84,00%
787 (tempo 72) e 87,72% (tempo 96). Segundo Pires et al. (2010) é importante analisar a
788 degradabilidade das silagens, pois este parâmetro é um indicador da qualidade da silagem,
789 por determinar a quantidade de nutrientes que os animais serão capazes de absorver no
790 trato gastrointestinal.

791

792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810



811 **Figura 5.** Degradabilidade de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e
812 níveis de soro de leite.

813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823

Com relação ao total da degradabilidade observada ao final das 96 horas de incubação, observou-se que tratamentos reidratados com 20 e 30% de soro de leite na MN, apresentaram as maiores taxas de degradabilidade, sendo 91,76 e 90,75%, respectivamente. Os tratamentos reidratados com água e com 40% de soro de leite na MN, apresentaram resultados inferiores, sendo 84,24 e 84,12%, respectivamente. Os resultados sugerem que a reidratação com soro de leite em níveis 20 a 30% de soro de leite na MN, melhoram a degradabilidade da silagem de grão de milho moído se comparada a reidratação com água e com altos níveis de soro de leite. Este fato é promissor, pois a maior degradabilidade pode indicar melhor aproveitamento dos alimentos pelos animais, melhorando seus índices produtivos.

824
825

O trabalho de Lucci et al. (2008) avaliou a degradabilidade efetiva *in situ* de diferentes processamentos do milho, sendo o milho quebrado, moído grosso e moído fino,

826 os autores constataram menores taxas da degradabilidade da matéria seca do milho
827 quando fornecido quebrado (35,43%), o milho moído grosso apresentou degradação de
828 63,14% e o moído fino apresentou degradação de 71,68%. Cação et al. (2012), avaliando
829 a degradabilidade ruminal efetiva da matéria seca de grãos de milho na forma de silagem,
830 extrusado e seco, concluiu que a ensilagem foi o processamento que produziu melhores
831 resultados, obtendo média de 90,2% para a silagem, 66,56% para o milho extrusado e
832 53,43% para milho seco, para as taxas de passagens avaliadas.

833 Para Daniel et al. (2022), a ensilagem é um processo eficaz para melhorar a
834 digestibilidade e a degradabilidade do grão de milho. O aumento na degradabilidade do
835 grão no processo de ensilagem ocorre devido à quebra da matriz proteica mediada pela
836 atividade proteolítica de microrganismos que expõe os grânulos de amido à degradação
837 enzimática (Arcari et al., 2016). Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam as
838 afirmações feitas por esses autores, pois a degradabilidade obtida com a técnica da
839 ensilagem foi superior às outras formas de fornecimento do grão de milho aos animais,
840 analisadas pelos autores citados. Além disso, o soro de leite em níveis de 20 a 30% na
841 reidratação do grão de milho mostrou-se mais eficaz na melhora da degradabilidade do
842 que a água, destacando a importância de utilizar este coproduto na reidratação.

843

844 ***4.6 Estabilidade aeróbia das silagens***

845 Para a estabilidade aeróbia das silagens, foi observado efeito ($P < 0,01$) para quebra
846 da estabilidade, temperatura interna e pH (hora da quebra) (Tabela 7).

847 A quebra da estabilidade ocorreu mais rapidamente no tratamento reidratado com
848 água e no tratamento com 40% de soro de leite, ocorrendo às 41,60 e 46,40 horas após a
849 exposição ao ar das silagens, respectivamente. Não foi observada quebra na estabilidade
850 aeróbia em 96 horas para o tratamento com 20% de soro de leite. A quebra da estabilidade
851 ocorre devido à ação de microrganismos aeróbicos que iniciam suas atividades
852 metabólicas, produzindo calor ao consumir os carboidratos solúveis residuais e os ácidos
853 orgânicos da silagem, acarretando na redução da qualidade do material (Coutinho et al.,
854 2020). A afirmação de Kung Jr. et al. (2018) de que as silagens com baixas concentrações
855 de ácido acético podem apresentar menor estabilidade aeróbia quando expostas ao ar, foi
856 confirmada neste trabalho. As silagens de grão de milho moído reidratadas com água, que
857 apresentaram a menor concentração deste ácido (1,89 g/kg MS), quebraram a estabilidade
858 mais rapidamente. A rápida quebra na estabilidade aeróbia do tratamento reidratado com
859 40% de soro de leite, pode ter ocorrido devido à grande quantidade de CST observada.

860 **Tabela 7.** Estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho moído e reidratado com água
 861 e níveis de soro de leite.

Reidratação	Quebra (Horas)	Temperatura interna (°C)	pH (hora da quebra)
30% Água	41,60c	27,20a	5,84a
20% Soro	96,00 (NQ)a	25b	4,30b
30% Soro	75,20b	27,20a	3,67c
40% Soro	46,40c	27,20a	3,60c
Média	64,80	26,65	4,35
P-valor	<0,01	<0,01	<0,01
EPM	1,63	0,16	0,02

862 EPM: erro padrão médio, NQ: não houve quebra na estabilidade. Médias seguidas por diferentes letras
 863 minúsculas na coluna diferem-se estatisticamente pelo teste Tukey P<0,05.

864

865 Os valores de temperatura interna foram maiores para os tratamentos com
 866 reidratação de 30% de água, e com 30 e 40% de soro de leite, apresentando o mesmo
 867 valor médio (27,20 °C). O tratamento com reidratação de 20% de soro de leite, apresentou
 868 temperatura média de 25,00 °C. Para Taylor & Kung Jr. (2002) a quebra da estabilidade
 869 aeróbia ocorre quando a temperatura interna da silagem aumenta no mínimo 2 °C em
 870 relação à temperatura ambiente. Desse modo, pode-se constatar que houve quebra na
 871 estabilidade aeróbia nos tratamentos com 30% de água, 30 e 40 % de soro de leite, que
 872 ultrapassaram mais de 2 °C da temperatura ambiente. As silagens reidratadas com 20%
 873 de soro de leite não apresentaram aumento de 2 °C em relação a temperatura ambiente
 874 (25 °C), não ocorrendo quebra na estabilidade aeróbia (Figura 6).

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

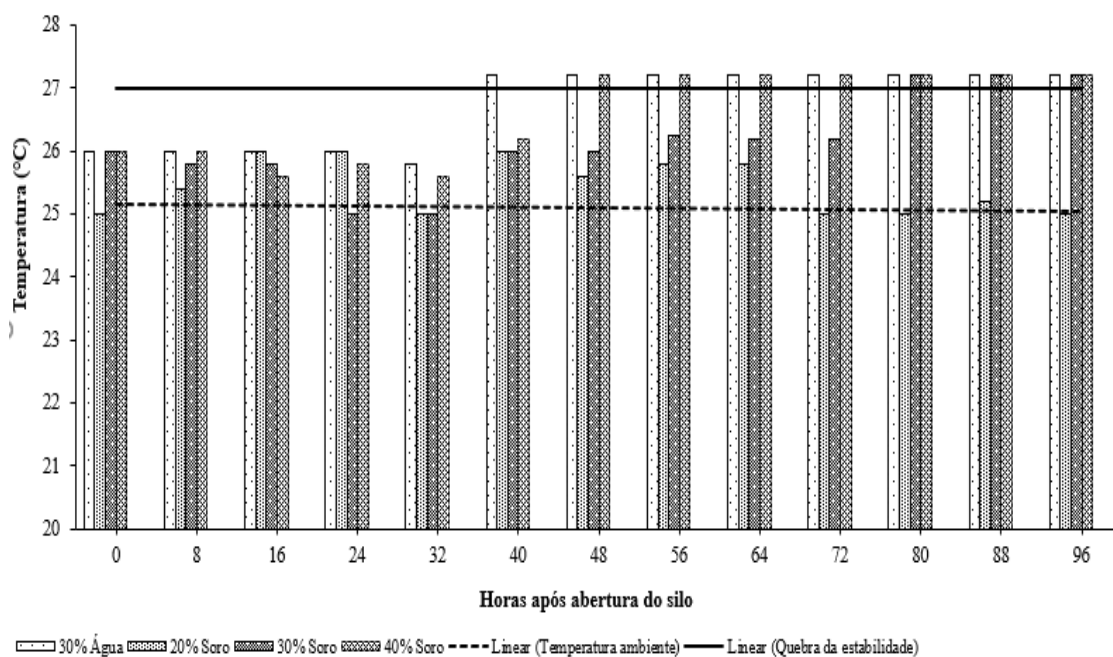


Figura 6. Estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho moído e reidratado com água e níveis de soro de leite.

891 O pH na hora da quebra foi maior para as silagens reidratadas com água, com
 892 valor de 5,84. Os menores valores foram observados nas silagens reidratadas com 30 e
 893 40% de soro de leite na MN, sendo 3,67 e 3,60, respectivamente. Durante o processo de
 894 deterioração, a metabolização dos carboidratos residuais e do ácido lático resultam em
 895 aumento do pH nas silagens (Woolford et al., 1982). Neste trabalho, esta afirmação foi
 896 observada apenas para o tratamento reidratado com água, que apresentou maior valor de
 897 pH na hora da quebra da estabilidade aeróbia em relação à abertura do silo. Já os
 898 tratamentos reidratados com diferentes níveis de soro leite apresentaram redução de pH
 899 na hora da quebra da estabilidade aeróbia, se comparado aos valores na abertura do silo.

900

901 **4.7 Avaliação de escores da qualidade das silagens**

902 Observou-se que as silagens reidratadas com 20 e 30% de soro de leite do grão de
 903 milho moído, obtiveram as menores pontuações totais para a avaliação de qualidade da
 904 silagem (Tabela 8), sendo 14 pontos para ambos tratamentos. O tratamento reidratado
 905 com água e o tratamento reidratado com 40% de soro de leite, apresentaram maiores
 906 pontuações, sendo 19 e 17 pontos, respectivamente. Estes resultados corroboram com
 907 Rezende et al. (2014), que afirmaram que o soro de leite apresenta grande potencial para
 908 melhorar fermentação de grãos de milho reidratados, por conter vários nutrientes
 909 benéficos ao processo de ensilagem. Dessa forma, os dados obtidos neste trabalho
 910 justificam a utilização do soro de leite na reidratação de grãos de milho como alternativa
 911 para o aproveitamento e destinação adequada deste resíduo. Isso porque a utilização do
 912 soro de leite na reidratação do grão de milho moído apresentou melhorias na qualidade
 913 da silagem em comparação ao uso de água para reidratação.

914

915 **Tabela 8.** Parâmetros de avaliação da qualidade de silagens de grão de milho moído e
 916 reidratado com água e níveis de soro de leite.

Reidratação	Eflu. ¹	RMS ²	pH ³	MS ⁴	CST ⁵	BAL ⁶	AL ⁷	Degrad. ⁸	Estab. ⁹	Total
Score (1 a 4)										
30% Água	1	1	4	1	1	3	3	2	3	19
20% Soro	1	2	3	1	2	1	2	1	1	14
30% Soro	1	2	2	1	2	2	1	1	2	14
40% Soro	2	3	1	1	2	2	1	2	3	17

917 ¹Eflu: efluentes, ²RMS: recuperação de matéria seca, ³pH: potencial hidrogeniônico, ⁴MS: matéria seca,
 918 ⁵CST: carboidratos solúveis totais, ⁶BAL: bactérias do ácido lático, ⁷AL: ácido lático, ⁸Degrad:
 919 degradabilidade, ⁹Estab: estabilidade.

920

921 A pontuação obtida pelo tratamento com reidratação com 40% de soro de leite na
 922 MN do grão de milho moído, corrobora com a afirmação de McDonald. (1991), que

923 relatou que maiores perdas de efluentes na produção de silagem pode indicar menor
924 qualidade em silagens. Este fato foi observado neste trabalho, pois este tratamento
925 apresentou maior perda por efluentes e, conseqüentemente, alta pontuação na avaliação
926 de qualidade das silagens, o que indica que as silagens produzidas com este tratamento
927 são de menor qualidade quando comparadas a menores níveis de utilização do soro de
928 leite. Este é um resultado satisfatório, pois não se faz necessário a utilização de uma
929 grande quantidade de soro de leite para reidratar o grão de milho moído. Portanto, a
930 necessidade de menores quantidades deste coproduto reduzirá os gastos dos produtores
931 com a aquisição do soro de leite e com mão de obra.

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957 **5. Conclusão**

958 Concluiu-se que a reidratação utilizando soro de leite apresentou melhores
959 benefícios à qualidade da silagem de grão de milho moído quando comparada à
960 reidratação com água. Sendo recomendado o nível de 20% de soro de leite na matéria
961 natural do grão de milho moído por reduzir custos aos produtores.

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991 **6. Referências**

992

993 ARCARI, M. A.; MARTINS, C. M. D. M. R.; TOMAZI, T.; DOS SANTOS, M. V. Efeito
994 do tempo de ensilagem do milho moído hidratado na composição da silagem e na
995 degradabilidade *in situ* do amido. **Revista Brasileira de Pesquisa Veterinária e**
996 **Zootecnia**, v.53, n.1, pag.60-71, 2016.

997

998 ALVES M.P.; MOREIRA R.O.; RODRIGUES JÚNIOR, P.H.; MARTINS, M.C.F,
999 PERRONE, Í.T.; CARVALHO A.F. Soro de leite: tecnologias para o processamento de
1000 coprodutos. **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v.69, n.3, p.212-226, 2014.

1001

1002 ÁVILA, N.R.B.; SILVA, N.C.D.E.; LEITE, R.F.; BARBOSA, L.Á.; FLORENTINO, L.
1003 A.; REZENDE, A.V. Caracterização da silagem de grão de milho reidratado associado
1004 ao resíduo de tilápia. **Ciência Animal Brasileira**, v.20, p.e-50220, 2019.

1005

1006 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official**
1007 **methods of analysis**, v. 1, 17 th edition. AOAC, Gaithersburg, VA, USA. 1990.

1008

1009 BEHLING NETO, A.; REIS, R.H.P.; CABRAL, L.S.; ABREU, J.G.; SOUSA, D.P.;
1010 PEDREIRA, B.C.; MOMBARCH, M.A.; BALBINOT, E.; CARVALHO, P.;
1011 CARVALHO, A.P.S. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage.
1012 **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.4, p.2607-2618, 2017.

1013

1014 BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.;
1015 AIMUTIS, W.R. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation
1016 process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3066-3083, 1992.

1017

1018 BRUM, A. L.; LUFT, A. Aspectos da cadeia produtiva do milho e as relações comerciais
1019 nos estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso (1994/95- 2005/06). **Revista Extensão**
1020 **Rural**, n.16, p.117-143, 2008.

1021

1022 CARTER B.G.; DRAKE, M.A. Invited review: The effects of processing parameters on
1023 the flavor of whey protein ingredients. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.8, p.6691-
1024 6702, 2018.

1025

1026 CARVALHO, B.F.; ÁVILA, C.L.S.; BERNARDES, T.F.; PEREIRA, M.N.; SANTOS, C.;
1027 SCHWAN, R.F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of
1028 rehydrated corn kernel silage. **Journal of applied microbiology**, v.122, n.3, p.589-600, 2017.
1029

1030 CORSATO, C.E.; SCARPARE FILHO, J.A.; SALES, E.C.J. Teores de carboidratos em
1031 órgãos lenhosos do caqui em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**,
1032 v.30, n.2, p. 414– 418, 2008.
1033

1034 COUTINHO, D.N.; ALVES W.S.; MACÊDO, A.J.S.; ANJOS, A.J.; FREITAS C.A.S.;
1035 SENA, H.P. Aerobic stability in tropical forage silages treated with *Lactobacillus*
1036 *buchneri*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e75991110530, 2020.
1037

1038 DA CRUZ, F.N.F.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; MONÇÃO, F.P.; ROCHA JUNIOR, V.R.;
1039 ALENCAR, A.M.S.; RIGUEIRA, J.P.S.; SILVA, A.F. MIORIN, R.L.; SOARES,
1040 A.C.M.; CARVALHO, C.C.S.; ALBUQUERQUE, C.J.B. Fermentative losses and
1041 chemical composition and *in vitro* digestibility of corn grain silage rehydrated with water
1042 or acid whey combined with bacterial-enzymatic inoculant. **Semina: Ciências Agrárias**,
1043 v.42, p.3497-3514, 2021.
1044

1045 DANIEL, J.L.P.; AUERBACH, H.U.; GOMES, A.L.M.; WEISS, K. Applying the
1046 benzoate equivalent concept in rehydrated corn grain silage. **Animal Feed Science and**
1047 **Technology**, v.294, p.115482, 2022.
1048

1049 DANIEL, T.F. BERNARDES, C.C. JOBIM, P. SCHMIDT, NUSSIO L.G. Production
1050 and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage**
1051 **Science**, v.74, p.188-200, 2019.
1052

1053 DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. Métodos para análise de
1054 alimentos. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**, p.214, 2012.
1055

1056 DIOGÊNES, L.V.; EDVAN, R.L.; MEDEIROS, E.D.S.; PEREIRA FILHO, J.M.; DE
1057 OLIVEIRA, J.P.F.; SILVA FILHO, E.C.; RAMOS, L.M.G.; DE LUCENA, K.H.D.O.S.;
1058 ARAÚJO, M.J.; OLIVEIRA, R.L.; PEREIRA, E.S.; BEZERRA, L.S. Physicochemical

1059 composition and fatty acid profile of goat kids' meat fed ground-corn-grain silage
1060 rehydrated with diferente additives. **Animals**, v.13, p.31, 2023.

1061

1062 DÚBOIS, M.K.A.; GILLES, J.K.; HAMILTON, P. A.; REBERS; SMITH F.
1063 Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical**
1064 **Biochemistry**, v.28, n.3, p.350–356, 1956.

1065

1066 EL-SHEWY, A.A. Whey as a feed ingredient for lactating cattle. **Science International**,
1067 v.4, n.3, p.80-85, 2016.

1068

1069 FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**,
1070 p.360, 2000.

1071

1072 FAUSTINO, T. F.; SILVA, N.C.D.; LEITE, R.F.; SILVA, F.F.G.; FLORENTINO, L.A.;
1073 REZENDE, A.V. Utilização da silagem de grão de sorgo reidratado na alimentação
1074 animal. **Nucleus Animalium**, v.10, n.2, p.47-60, 2018.

1075

1076 FERRARETTO, L.F.; CRUMP, P.M.; SHAVER, R.D. Effect of cereal grain type and
1077 corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production
1078 by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.533-550, 2013.

1079

1080 FERREIRA, D.F. Sisvar: computer statistical analysis system. **Ciência e**
1081 **Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

1082

1083 FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, R.P.; RODRIGUES, J.A.S.R.; MIYAGI, E.S.; SILVA,
1084 A.G.; PERON, H.J.M.C.; ABREU, J.B.R.; BASTOS, D.C. Características fermentativas
1085 da silagem de Híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**,
1086 v.12, p. 383-391, 2011.

1087

1088 GHERI, E.O.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação
1089 de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.753-760, 2003.

1090

1091 GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUEZ, A.A. Effect of storage method on fermentation
1092 characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round
1093 bales. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.3, p.926-933, 2003.

1094

1095 GOURLEY, L.M.; LUSK, J.W. Genetics parameters related to sorghum silage quality.
1096 **Journal Science Food Agriculture**, v.61, n.12, p.1821-1827, 1978.

1097

1098 Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **São Paulo**,
1099 ed.4, 2008.

1100

1101 JUNGES, D.; MORAIS, G.; SPOTO, M.H.F.; SANTOS, P.S.; ADESOGAN, A.T.;
1102 NUSSIO, L.G.; DANIEL, J.L.P. Short communication: influence of various proteolytic
1103 sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal Dairy Science**,
1104 v.100, p.9048-9051, 2017.

1105

1106 KUNG JR, L. SHAVER R.D.; GRANT R.J.; SCHMIDT R.J. Silage review:
1107 Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages, *Journal of*
1108 *Dairy Science*, v.101, n.5, p4020-4033, 2018.

1109

1110 KOTARSKI, K.K.; WANISHA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal
1111 microflora. **Journal of Nutrition**, v.122, n.1, p.178-190, 1992.

1112

1113 LAGE, C.F.A; NETO, H.C.D; MALACCO, V.M.R; COELHO, S.G. Características e
1114 processamento do grão de milho e sua utilização no concentrado de bezerros em
1115 aleitamento. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.14, n.05 p.7026-7031, 2017.

1116

1117 LUCCI, C.S.; FONTOLAN, V.; HAMILTON, T.R.; KLU, R.; WICKBOLD, V.
1118 Processamento de grãos de milho para ruminantes: Digestibilidade aparente e "*in situ*".
1119 **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.45, p.35-40, 2008.

1120

1121 MACÊDO, A.S.J.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Microbiologia de
1122 silagens: Revisão de Literatura. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.18, n.9, p.1-11,
1123 2017.

1124

1125 MAGALHÃES, K.T.; DRAGONE, G.; PEREIRA, G.V.M.; OLIVEIRA, J.M.;
1126 DOMINGUES, L.; TEIXEIRA, J.A.; SILVA, J.B.A.; SCHWAN, R.F. Comparative
1127 study of the biochemical changes and volatile compound formations during the
1128 production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. **Food**
1129 **Chemistry**, v.126, p.249-253, 2011.

1130

1131 Mahannah, J. L. Biotecnologia na produção de silagem. **Biotecnologia Industrial**, v. 1,
1132 n. 1, p. 23-32, 1993.

1133

1134 MAIA, C.P.; GUIMARÃES, A.K.V.; COSTA, A.S.; BARBOSA, D.P.; DE SOUSA
1135 JÚNIOR, J.J.V.; DA SILVA, S.K.R. Características bromatológicas e fermentativas de
1136 silagens de capim elefante contendo casca de soja peletizada. **Conjecturas**, v.21, n.3,
1137 493-508, 2021.

1138

1139 McALLISTER, T.A.; RODE, L.M.; MAJOR, D.J.; CHENG, K.-J., BUCHANAN-
1140 SMITH, J.G. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion.
1141 **Canadian Journal of Animal Science**, v.70, n.2, p. 571-579, 1990.

1142

1143 MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. Biochemistry of silage. **2. ed.**
1144 **Marlow: Chalcombe Publication**, p.340, 1991.

1145

1146 McDONALD P. The biochemistry of silage. **New York: John Willey & Sons**. p.226,
1147 1981.

1148

1149 McDOUGALL, E.I. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical**
1150 **Journal**, v.43, p.99-109, 1948.

1151

1152 MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; RAMOS, B.M.O. Métodos
1153 laboratoriais de avaliação de alimentos para animais. **Londrina: Eduel**, 2009.

1154

1155 MOMBACH, M.A.; PEREIRA, D.H.; PINA, D. S.; BOLSON, D.C.; PEDREIRA, B. C.
1156 Silage of rehydrated corn grain. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E**
1157 **Zootecnia**, v.71, n.3, p.959-966, 2019.

1158

1159 MORR, C.V.; HA, E.W. Whey protein concentrates and isolates processing and
1160 functional properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 6, p.
1161 431-476, 1993.

1162

1163 MOURÃO, R.C.; PANCOTI, C. G.; MOURA, A.M.; FERREIRA, A. L.; BORGES,
1164 A.L.C.C.; SILVA, R.R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes.
1165 **PUBVET**, v.6, n.5, 2012.

1166

1167 MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira**
1168 **de Zootecnia**, 39, 183–191, 2010.

1169

1170 MUCK, R.E.; NADEAU, E.M.G.; McALLISTER, T.A.; CONTRERAS-GOVEA, F.E.;
1171 SANTOS, M.C.; KUNG, L. Silage review: Recent advances and future uses of silage
1172 additives, **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.3980-4000, 2018.

1173

1174 NERES, M.A.; ZAMBOM, M.A.; FERNANDES, T; CASTAGNARA, D.D.;
1175 RODRIGUES, J.F.H.; TAFFAREL, L.E.; JAVORSKI, C.R.; POZZA, M.S.D.S. Perfil
1176 microbiológico e estabilidade aeróbica da silagem de capim-tifo 85 com diferentes
1177 aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.381-387, 2013.

1178

1179 NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.;
1180 REINERH, L.L.; DURMAN, T. Chemical aditivo used in silages. **Applied Research &**
1181 **Agrotechnology**, v.3, n.2, p.187-208, 2011.

1182

1183 PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Circular**
1184 **Técnica Embrapa Milho e Sorgo**, 2006.

1185

1186 PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.;
1187 SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.;

1188 HARRISON, J.H. (Ed.). Silage science and technology. 1st ed. Madison: **American**
1189 **Society of Agronomy**, p. 31-94, 2003.

1190

1191 PACHECO, W. F.; CARNEIRO, M. S. de S.; PINTO, A. P.; EDVAN, R. L.; ARRUDA, P. C. L.
1192 de; CARMO, A. B. R. do. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum*
1193 *purpureum* schum.) Com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta**
1194 **Veterinária Brasileira**, v. 8, n. 3, p.155-162, 2014.

1195

1196 PASSINI, R.; RODRIGUES, P.H.M.; CASTRO, A.L.; SILVEIRA, A. C. Parâmetros de
1197 fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta
1198 umidade ensilados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1266-1274, 2003.

1199

1200 PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.
1201 D.; FONSECA, M.A.; VÉRAS, R.M.L.; OLIVEIRA, D.M. Desempenho produtivo de
1202 bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis
1203 de oferta de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1079–1087, 2008.

1204

1205 PINEDO, L.A.; ARÉVALO, B.R.S.; SANTOS, B.R.C.; ASSIS, L.C.S.; RIBEIRO, A.A.;
1206 AMORIM, D.S.; GONZÁLEZ CHACÓN, S.A.R.; OLIVEIRA, P.V.C.; FIRMINO, S.S.;
1207 GOMES, R.N. Dry matter losses and fermentative profile of sorghum silages cultivated
1208 in the Western Amazon. **Research Society and Development**, v.11, n.8,
1209 p.e20811830668, 2022.

1210

1211 PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.
1212 F.; RUGGIERI, A.C.; ROTH, M.T.P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da
1213 proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de Brachiaria brizantha.
1214 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.391–400, 2010.

1215

1216 POPPI, F.A, COSTA M.R.; DE RENSIS C.M.V.B.; SIVIERI K. Whey and its Proteins:
1217 Composition and Functional Activity. **Unopar Científica Ciências Biológicas e da**
1218 **Saúde**, v.12 n.2, p.31-37, 2010.

1219

1220 REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.; VEIGA, R.M.; ANDRADE, L.P.; HÄRTER, C.J.;
1221 RABELO, F.H.; REIS, R.A. Rehydration of corn grain with acid whey improves the
1222 silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, n.11, p.213-221, 2014.
1223
1224 RIBEIRO, A.; EDVAN, R.L.; VIEIRA, L.D.S.; RODER, K.T.B.; BARROS, D.M.A.;
1225 BATISTA, A.P.; SOUZA, R.M.D.; PARAGUAI, V.; MORAES, E.N.D.; FERRAZ
1226 FILHO, A.C. Preliminary Evaluation of Four Legume and Grass Species to Compose
1227 Roadside Revegetation in Piauí, Brazil. **Agronomy**, v.13, p.2283, 2023.
1228
1229 ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: CORN SILAGE PRODUCTION
1230 MANAGEMENT AND FEEDING. **Madison: Madison American Society of**
1231 **Agronomy**, p.27-29, 1995.
1232
1233 SANTOS, A.P.M.D.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.D.; RIBEIRO, O.L.; PERAZZO,
1234 A.F.; MARTINS ARAÚJO PINHO, R.; PEREIRA, G.A. Effects of urea addition on the
1235 fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage**
1236 **Science**, v.35, n.1, p.55-62, 2018.
1237
1238 SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; FERREIRA, D.J.; DE OLIVEIRA, J.S.; PEREIRA
1239 O.D.; ALMEIDA J.C.C; Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição
1240 bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim-
1241 elefante. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.3, p.235-239, 2006.
1242
1243 SENGER, C.C.D.; KOZLOSKI, G.V.; SNACHEZ, L.M.B.; MESQUITA, F.R.; ALVES,
1244 T.P.; CASTAGNINO, D.S. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage
1245 and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.169-174,
1246 2008.
1247
1248 SIEGFRIED, V.R.; RUCKEMANN, H.; STUMPF, G. Method for the determination of
1249 organic acids in silage by high performance liquid chromatography. **Landwirtschaftliche**
1250 **Forsch**, v.37, p. 298-304, 1984.
1251

1252 SILVA, R.S.; VIEIRA, T.R.; RODRIGUES, A.V.; SILVA, J.S.; ALVES, K.C. Efeito do
1253 consumo de soro de leite sobre a densidade mineral óssea de mulheres com osteopenia.
1254 **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.38, n.2, p.119-124, 2023.

1255

1256 SILVA, T.D.; VIEIRA, R.Í.M.; FERREIRA, J.C.; BARBOSA, I.T.; SILVA, T.D.;
1257 DIJKSTRA, D.; PESSOA M.S.; ABRÃO, F.O. Influência do processamento de grãos
1258 sobre o desempenho de ruminantes e a população microbiana do rúmen. **Caderno de**
1259 **Ciências Agrárias**, v.10, n.2, p.53–60, 2018.

1260

1261 SIQUEIRA, M.; CHAGAS, J.; MONNERAT, J.P.; MONTEIRO, C.; MORA-LUNA, R.;
1262 DUBEUX, J.; FERREIRA, M. Nutritive value, in vitro fermentation, and methane
1263 production of cactus cladodes, sugarcane bagasse, and urea. **Animals**, v.11, n.5, p.1266-
1264 1274, 2021.

1265

1266 SOUZA, W.L.D.; CIDRINI, I.A.; NEIVA JÚNIOR, A.P.; SILVA, M.D.; GERVÁSIO,
1267 J.R.S.; ABREU, M.J.I.; NASCIMENTO, D.C. Effect of rehydration with whey and
1268 inoculation with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on the
1269 chemical composition, microbiological dynamics, and fermentative losses of corn grain
1270 silage. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.6Supl2, p.3351-3364, 2020.

1271

1272 SPADA, C.A.; FARIA, M.V.; BONATO, F.G.C.; OLIVEIRA, V.C.; BORDINI
1273 TOMAZ, C.E.; MARTINS DE MELLO, N.; ROMERO GONÇALVES, G.; OTUTUMI,
1274 L.; BONATO, D.V. Seleção de linhagens de milho para produção de forragem,
1275 caracterização dos componentes da planta e fatores ambientais: uma revisão. **Peer**
1276 **Review**, v.5, n.14, p.264–277, 2023.

1277

1278 TAYLOR, C.C.; KUNG JR.L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the
1279 fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of**
1280 **Dairy Science**, v.85, p.1526-1532, 2002.

1281

1282 TAVARES, Q.; DE CARVALHO B.M.; CARVALHO, W.T.V.; PEREIRA, R.V.G.;
1283 MINIGHIN, D.C.; NUNES, R.F.J.; SOUZA, L.P.F.; RIBEIRO, C.H.M.; SILVA, L.V.
1284 Avaliação química da silagem de grão de milho reidratado em diferentes níveis de adição
1285 de água. **Pubvet**, v.14, n.07, 2020.

1286

1287 VAN SOEST P.J.; ROBERTSON J.; LEWIS B.A. Methods for dietary fiber, neutral
1288 detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of**
1289 **Dairy Science**, v.74, n.10 p.3583-3597, 1991.

1290

1291 VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L.;
1292 AMARAL, H.F.; MAGALHÃES K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R.
1293 Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. **CQBAL 4.0**, 2018.

1294

1295 VARGAS JUNIOR, F. M.; SANCHEZ, L.M.B.; WECHSLER, F.S.; BIANCHINI, W.;
1296 OLIVEIRA, M.V.M. Influência do processamento do grão de milho na digestibilidade de
1297 rações e no desempenho de bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11,
1298 p.2056–2062, 2008.

1299

1300 VIDAL, A.M.C.; NETTO, A.S. Obtenção e processamento do leite e derivados.
1301 **Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo**,
1302 p.220, 2018.

1303

1304 VIEIRA, F.A.P; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C; COELHO,
1305 S.G; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com
1306 aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.764-
1307 772, 2004.

1308

1309 WILSON, G.F.; ADEEB, N.N.; CAMPLING, R.C. 1973. ThC apparent digestibility of
1310 maize grain when given in various physical forms to adult sheep and cattle. **Journal**
1311 **Agriculture Science**, 1973.

1312

1313 WOOLFORD, M.K.; BOLSEN, K.K.; PEART, L.A. Studies on the aerobic deterioration
1314 of whole-crop cereal silages. **Journal Agriculture Science**, v.98, p.529- 535, 1982.

1315

1316 ZANINE, A.M; SANTOS, E.M., DÓREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.;
1317 PEREIRA, O.G. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava 32
1318 scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.