

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Silagens de dietas totais contendo sorgo exclusivo ou associado com  
amendoim forrageiro tratadas com inoculantes bacterianos**

Thiago da Silva Fernandes  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**THIAGO DA SILVA FERNANDES**

**Silagens de dietas totais contendo sorgo exclusivo ou associado com amendoim forrageiro tratadas com inoculantes bacterianos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Odilon Gomes Pereira

Coorientadora: Karina Guimaraes Ribeiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Fernandes, Thiago da Silva, 1996-  
F363s Silagens de dietas totais contendo sorgo exclusivo ou  
2025 associado com amendoim forrageiro tratadas com inoculantes  
bacterianos / Thiago da Silva Fernandes. – Viçosa, MG, 2025.  
1 dissertação eletrônica (29 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Odilon Gomes Pereira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Zootecnia, 2025.  
Referências bibliográficas: f. 25-29.  
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.714>  
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Sorgo - Silagem. 2. Sorgo - Silagem - Estabilidade.  
3. Fermentação. I. Pereira, Odilon Gomes, 1960-.  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.174

**THIAGO DA SILVA FERNANDES**

**Silagens de dietas totais contendo sorgo exclusivo ou associado com amendoim forrageiro tratadas com inoculantes bacterianos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de fevereiro de 2025.

Assentimento:

---

Thiago da Silva Fernandes  
Autor

---

Odilon Gomes Pereira  
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 10/11/2025 às 09:49:52 e pelo orientador em 10/11/2025 às 13:44:20. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **F8VE.WQE5.BRM4** e clique no botão 'Validar documento'.

Aos meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Aos meus pais, Ailton e Concilene, e ao meu avô Walter, pelos valores transmitidos, pelo amor e por todo apoio.

Ao professor Dr. Odilon Gomes Pereira pela oportunidade, orientação e pelos ensinamentos transmitidos.

A professora Dr. Karina Guimarães Ribeiro, pela coorientação, por aceitar participar da minha banca e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao professor João Paulo Sampaio Rigueira pela valiosa participação na banca de defesa da minha dissertação. Sua dedicação, contribuições e insights foram fundamentais para o aprimoramento deste trabalho.

A todas as pessoas envolvidas com o Laboratório de Forragicultura da UFV, por toda ajuda na condução deste trabalho e pela amizade.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia da UFV, pelo suporte prestado.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por conceder a minha bolsa de estudos.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”  
(Nelson Mandela)

## RESUMO

FERNANDES, Thiago da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2025. **Silagens de dietas totais contendo sorgo exclusivo ou associado com amendoim forrageiro tratadas com inoculantes bacterianos**. Orientador: Odilon Gomes Pereira. Coorientadora: Karina Guimaraes Ribeiro.

Avaliou-se o perfil fermentativo e a estabilidade aeróbia de silagens de dieta total (TMR) contendo sorgo como único volumoso (TMR1) ou sorgo associado ao amendoim forrageiro (TMR2), na relação volumoso:concentrado de 50:50, com ou sem inoculante microbiano, em esquema fatorial  $2 \times 2$  com cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado. A inclusão de amendoim forrageiro representou 25% da matéria seca do volumoso na TMR2. O inoculante utilizado foi o MAGNIVA PLATINUM 1®, contendo as cepas *L. hilgardii* CNCM I-4785 e *L. buchneri* NCIMB 40788. Observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação silagem  $\times$  inoculante sobre os teores de amido, FDNcp e CHOS, e efeito da silagem sobre MS, PB, EE, FDA, pH, N-NH<sub>3</sub>, ácido acético, ácido propiônico e leveduras. Verificou-se também efeito do inoculante sobre FDA, bactérias ácido-láticas (BAL), ácido acético, ácido propiônico e leveduras. Registrou-se maior teor de MS (418,64 g/kg) nas silagens inoculadas, enquanto a TMR1 apresentou maior teor de MS (424,08 g/kg) em comparação à TMR2. O maior conteúdo de amido (383,23 g/kg) foi observado na silagem TMR1 não inoculada. A concentração de carboidratos solúveis residuais (23,72 g/kg) foi superior na TMR1 em relação à TMR2. Foram registradas maiores populações de BAL (6,67 vs. 5,76 log<sub>10</sub> UFC/g) e menores de leveduras (2,74 vs. 3,68 log<sub>10</sub> UFC/g) nas silagens inoculadas. Após a abertura dos silos, não foram detectados fungos filamentosos em nenhuma das silagens avaliadas, incluindo as silagens inoculadas após exposição aeróbia. Em ambas as TMRs, observou-se maior estabilidade aeróbia ( $P < 0,05$ ) nas silagens inoculadas em comparação às não inoculadas. Conclui-se que o uso do inoculante microbiano proporcionou melhor estabilidade aeróbia e menor população de leveduras nas silagens TMR1 e TMR2.

Palavras-chave: silagem; fermentação; estabilidade aeróbia

## ABSTRACT

FERNANDES, Thiago da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2025. **Silages of total diets containing sorghum exclusively or associated with forage peanuts treated with bacterial inoculants.** Adviser: Odilon Gomes Pereira. Co-adviser: Karina Guimaraes Ribeiro.

The fermentative profile and aerobic stability of total mixed ration (TMR) silages were evaluated. The TMR contained either sorghum as the sole forage (TMR1) or sorghum associated with forage peanut (TMR2), in a 50:50 forage:concentrate ratio, with or without a microbial inoculant, in a 2 × 2 factorial scheme with five replications, in a completely randomized design. The inclusion of forage peanut represented 25% of the forage dry matter in TMR2. The inoculant used was MAGNIVA PLATINUM 1®, containing the strains *L. hilgardii* CNCM I-4785 and *L. buchneri* NCIMB 40788. A significant effect ( $P < 0.05$ ) of the silage × inoculant interaction was observed on the contents of starch, aNDFom, and WSC. A significant effect of silage type was observed on DM, CP, EE, ADF, pH, N-NH<sub>3</sub>, acetic acid, propionic acid, and yeast counts. A significant effect of the inoculant was also verified on ADF, lactic acid bacteria (LAB), acetic acid, propionic acid, and yeasts. A higher DM content (418.64 g/kg) was recorded in inoculated silages, while TMR1 showed a higher ( $P < 0.05$ ) DM content (424.08 g/kg) compared to TMR2. The highest starch content (383.23 g/kg) was observed in non-inoculated TMR1 silage. The residual water-soluble carbohydrate concentration (23.72 g/kg) was higher in TMR1 relative to TMR2. Higher populations of LAB (6.67 vs. 5.76 log<sub>10</sub> CFU/g) and lower populations of yeasts (2.74 vs. 3.68 log<sub>10</sub> CFU/g) were recorded in inoculated silages. After silo opening, filamentous fungi were not detected in any of the evaluated silages, including the inoculated silages after aerobic exposure. In both TMRs, greater aerobic stability ( $P < 0.05$ ) was observed in inoculated silages compared to non-inoculated ones. It is concluded that the use of the microbial inoculant provided better aerobic stability and a lower yeast population in both TMR1 and TMR2 silages.

Keywords: silage; fermentation; aerobic stability

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	9
2.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
2.1.	Local do experimento .....	11
2.2.	Delineamento experimental .....	11
2.3.	Dietas experimentais.....	12
2.4.	Cultivo, ensilagem e abertura dos silos.....	12
2.5.	Perfil fermentativo e microbiologia .....	13
2.6.	Estabilidade Aeróbia .....	14
2.7.	Análises químicas .....	15
3.	RESULTADOS.....	15
3.1.	Composição química e populações microbianas dos alimentos e dietas....	15
3.2.	Composição químico-bromatológica, perfil fermentativo e populações microbianas das silagens.....	16
3.3.	Estabilidade aeróbia.....	19
4.	DISCUSSÃO .....	21
4.1.	Composição química e perfil fermentativo .....	21
4.2.	Estabilidade aeróbia.....	23
5.	CONCLUSÕES .....	24
6.	REFERÊNCIAS.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) normalmente apresenta baixo teor de matéria seca, o que pode levar a uma fermentação inadequada e maiores perdas durante a ensilagem. Além disso, é relativamente pobre em carboidratos solúveis em água, essenciais para uma adequada fermentação no silo (Cavali et al., 2019; Costa et al., 2022). No entanto, a adição de *Arachis pintoii* às silagens aumenta linearmente o teor de proteína bruta, permitindo uma redução nas fontes de proteína suplementar nas formulações de TMR (Costa et al., 2022).

A ensilagem de leguminosas na forma de dietas totais (TMR) pode ser considerada uma alternativa para reduzir a inclusão de ingredientes proteicos, visto que, em sistemas de criação de bovinos, objetiva-se reduzir os custos da alimentação, melhorar os índices econômicos, expandir o uso de recursos forrageiros e aprimorar a tecnologia de armazenamento de forragem (Zhang et al., 2021).

Nesse sentido, a utilização de silagens de TMR pode ser uma opção para otimizar o manejo alimentar dos animais, uma vez que envolve a ensilagem de uma mistura de forragens, alimentos proteicos e energéticos, minerais, vitaminas e aditivos, balanceada para atender às demandas nutricionais de um grupo de animais (Yuan et al., 2015).

Os primeiros estudos sobre silagem de TMR foram relatados na década de 1960, nos Estados Unidos (Owen & Howard, 1965). Entretanto, a indústria de produção de ruminantes tem demonstrado interesse renovado na silagem de TMR em vários países, como Japão, China, Coreia do Sul, Vietnã, Tailândia, Indonésia, Nepal, Israel, Itália, África do Sul, Argentina e Brasil (Schmidt et al., 2017; Borreani et al., 2019).

A produção de silagem de Ração Mista Total (TMR) envolve custos significativos devido ao uso de ingredientes de alta qualidade. Esses ingredientes, somados à mão de obra, aos equipamentos e ao armazenamento necessários para a ensilagem adequada, contribuem para o alto custo geral da produção de silagem de TMR (Restelatto et al., 2019; Li et al., 2024).

A ensilagem de TMR é considerada um método eficaz de conservação, que melhora a estabilidade aeróbia e a digestibilidade, além de proporcionar economia de mão de obra. A preservação dessas silagens durante o armazenamento e alimentação está diretamente relacionada aos produtos finais da fermentação.

Os inoculantes, particularmente as bactérias do ácido láctico (BAL), são usados para melhorar a qualidade da fermentação, reduzir produtos de fermentação indesejáveis e diminuir o pH, o que ajuda a preservar níveis mais elevados de nutrientes digestíveis, como matéria seca e fibra em detergente neutro, essenciais para o desempenho animal e a eficiência alimentar (Wang et al., 2023; Li et al., 2024).

Kung Jr. et al. (2003) definiram estabilidade aeróbia como o tempo observado para que a massa ensilada, após a abertura do silo, aumente em 2°C em relação à temperatura ambiente.

Após a abertura do silo, podem ocorrer perdas devido à deterioração da massa ensilada pela ação de microrganismos indesejáveis, como leveduras assimiladoras de ácido láctico, responsáveis por iniciar a deterioração aeróbia nas silagens (Pahlow et al., 2003), bem como fungos filamentosos, que são capazes de hidrolisar e metabolizar polissacarídeos da parede celular. Alguns fungos podem produzir micotoxinas, que podem causar problemas de saúde nos animais que consomem essas silagens contaminadas (McDonald et al., 1991).

Portanto, o uso de inoculantes microbianos na silagem pode preservar o valor nutricional, reduzir perdas de MS, a proteólise e a deterioração aeróbia e, subsequentemente, melhorar o desempenho animal (McDonald et al., 1991; Kung Jr. et al., 2003). As bactérias heterofermentativas são conhecidas pelo amplo crescimento nas últimas fases de fermentação, produzindo maiores concentrações de ácido acético, o qual age na inibição do crescimento de fungos e leveduras (Hu et al., 2009; Santos et al., 2016), aumentando a estabilidade aeróbia das silagens (Kleinschmit & Kung Jr., 2005; Santos et al., 2016).

Dentre as espécies de BAL mais avaliadas como inoculantes para silagem, destaca-se *Lentilactobacillus buchneri*, eficiente em prolongar a estabilidade aeróbia da silagem (Oude Elferink et al., 2001). Entretanto, *L. hilgardii* tem sido utilizado com bons resultados, melhorando a estabilidade aeróbia de silagens ao aumentar a produção de ácido acético e reduzir as contagens de leveduras, fatores essenciais para evitar a deterioração quando a silagem é exposta ao ar (Ferrero et al., 2021).

Quando usado em combinação com *L. buchneri*, *L. hilgardii* aumenta ainda mais a estabilidade aeróbia, com melhorias significativas nesse parâmetro em comparação com silagens não inoculadas (Drouin et al., 2023; Nair et al., 2020).

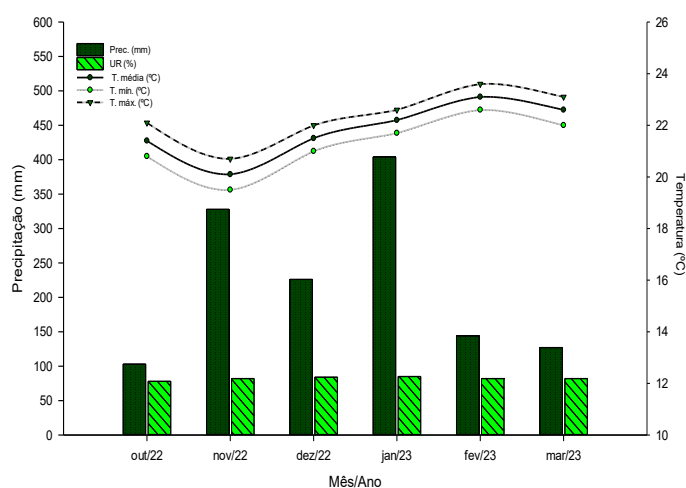
Desta forma, a hipótese do nosso estudo é que a inoculação com cepas de *L. buchneri* e *L. hilgardii* melhora o perfil fermentativo e a estabilidade aeróbia de silagens

TMR contendo sorgo, associado ou não ao amendoim forrageiro. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do inoculante comercial contendo cepas de *L. buchneri* e *L. hilgardii* sobre o perfil fermentativo e a estabilidade aeróbia de silagens de dieta total à base de sorgo, com ou sem inclusão de amendoim forrageiro.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) em Forragicultura e no Laboratório de Forragicultura e Microbiologia da Silagem do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O município está situado na latitude 20°45' Sul e longitude 42°51' Oeste, com altitude média de 657 m. O clima local, de acordo com a classificação de Köppen (1918), é do tipo Cwa - caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos frios e secos, com precipitação média anual de 1.341 mm. A Figura 1 apresenta os dados de temperatura e precipitação durante o período experimental.



**Figura 1** - Temperatura, precipitação e umidade relativa durante o cultivo das espécies forrageiras (Fonte: Boletim Meteorológico da Universidade Federal de Viçosa (2022-2023)).

### 2.2. Delineamento experimental

Utilizou-se um esquema fatorial  $2 \times 2$  (duas dietas e dois inoculantes) em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. As dietas consistiram em: TMR1 - contendo sorgo como volumoso exclusivo; e TMR2 - composta por sorgo

com inclusão de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), correspondendo a 25% da matéria seca da dieta. Os tratamentos com inoculantes foram: controle (sem inoculante) e MAGNIVA PLATINUM® - contendo as cepas *Lactobacillus hilgardii* CNCM I-4785 e *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 (Lallemand®, Patos de Minas, MG, Brasil).

### 2.3. Dietas experimentais

As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais de bovinos zebuínos machos não castrados, com peso corporal inicial de 240 kg, para ganho médio diário de 1,20 kg, durante as fases de crescimento e terminação em confinamento, conforme estabelecido pelo BR-CORTE 4.0. A relação volumoso:concentrado foi de 50:50, com base na matéria seca, e o teor de proteína bruta manteve-se em aproximadamente 12%.

**Tabela 1** - Níveis de inclusão das dietas experimentais

Alimento	Dietas	
	TMR 1	TMR 2
Amendoim forrageiro	0,00	25,00
Sorgo planta	50,00	25,00
Soja	5,64	2,32
Ureia	1,12	0,46
Milho fubá	41,47	45,46
Mineral	1,75	1,75
% Total:	100,00	100,00

Valores expressos em % da MS; TMR1, dieta total contendo apenas sorgo (*Sorghum bicolor* L) como fonte de forragem; TMR2, dieta total contendo sorgo e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*).

### 2.4. Cultivo, ensilagem e abertura dos silos

O sorgo foi semeado em área da UEPE - Forragicultura do Departamento de Zootecnia da UFV. A preparação do solo seguiu o sistema convencional, com correção de acidez e adubação de acordo com a análise de solo realizada previamente à implantação da cultura (Tabela 2) e as exigências nutricionais da planta conforme o *Manual de Adubação para o Estado de Minas Gerais* (5ª aproximação) (Ribeiro et al., 1999). A semeadura foi realizada manualmente, utilizando-se de 12 a 15 sementes por metro linear. O amendoim forrageiro cv. Belmonte foi colhido em área de 1.500 m<sup>2</sup> já estabelecida, localizada no mesmo setor.

**Tabela 2** - Atributos químicos do solo da área experimental.

pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H + AL	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	MO
H <sub>2</sub> O	-----mg/dm <sup>3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----						%	dag/kg

5,2 7,36 40,33 - 3,52 0,16 2,89 1,09 4,08 4,25 53,16 2,53  
 pH, Potencial hidrogeniônico; P, Fósforo; K<sup>+</sup>, Potássio; Na<sup>+</sup>, Sódio; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>, Acidez potencial; Al<sup>3+</sup>, Alumínio; Ca<sup>2+</sup>, Cálcio; Mg<sup>2+</sup>, Magnésio; SB, Soma de bases; t, Capacidade de troca catiônica efetiva; V, Índice de Saturação de bases; MO, Matéria Orgânica.

Nos dias que antecederam a ensilagem, foram coletadas amostras de ambos os materiais para determinação dos teores de matéria seca e proteína bruta, permitindo os ajustes necessários nas dietas a serem ensiladas. Os concentrados foram formulados e processados na fábrica de rações da UFV.

O sorgo foi colhido manualmente quando as plantas atingiram teor médio de matéria seca de 30%, sendo triturado em ensiladeira acoplada ao trator. O amendoim forrageiro foi colhido com roçadora costal e processado em ensiladeira estacionária (PN Plus 2000, Nogueira®, Itapira-SP, Brasil) para obtenção de partículas de aproximadamente 1,5 cm.

Para a confecção dos silos experimentais, os volumosos e concentrados foram dispostos em pilhas individuais. Os inoculantes foram aplicados inicialmente no material volumoso, seguido da mistura com o concentrado para composição da dieta total, ensilada em porções de 10 kg. O inoculante foi ressuscitado em 50 mL de água destilada e aplicado com borrifadores manuais. O mesmo volume de água destilada foi aplicado no tratamento controle, na taxa de  $1 \times 10^6$  UFC/g de forragem.

O material tratado foi ensilado em baldes plásticos de 10 L, previamente pesados (tara), e compactado manualmente até atingir densidade média de 550 kg/m<sup>3</sup> de matéria natural. Os baldes foram vedados, pesados e armazenados à temperatura ambiente até a abertura.

Após 60 dias de fermentação, os baldes foram novamente pesados e abertos. Após homogeneização do material, coletaram-se amostras de 200 g de cada balde para pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. As amostras pré-secas foram moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm para realização das análises químico-bromatológicas.

## 2.5. Perfil fermentativo e microbiologia

As análises referentes ao perfil fermentativo e à contagem de populações microbianas foram realizadas na forragem *in natura* e nas silagens. Para isso, obteve-se um extrato aquoso a partir de 25 g de amostra homogeneizada com 225 mL de solução estéril (Ring Solution®, Oxoid) por 1 minuto em liquidificador industrial. O

extrato foi filtrado em camada dupla de gaze estéril e, imediatamente após, mensurou-se o pH com potenciômetro digital (Tecnal, SP, Brasil).

Uma alíquota de 10 mL do extrato aquoso foi acondicionada em tubos contendo 1 mL de ácido sulfúrico (50%) e congelada a  $-20^{\circ}\text{C}$  para análises posteriores de ácidos orgânicos, carboidratos solúveis e amônia. Uma segunda alíquota foi submetida a diluições seriadas ( $10^{-1}$  a  $10^{-7}$ ) para contagem de populações microbianas.

O plaqueamento foi realizado pela técnica *pour plate* em placas de Petri estéreis. A população de BAL foi determinada em ágar MRS (Difco™ Lactobacilli MRS Agar) com incubação a  $37^{\circ}\text{C}$  por 48 h. O cultivo de enterobactérias foi realizado em ágar VRB (Violet Red Bile Agar) com incubação a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 h. Fungos filamentosos e leveduras foram cultivados em ágar BDA (Batata Dextrose Ágar®) acidificado com 1,5% de ácido tartárico 10% (pH 3,5), incubados a  $25^{\circ}\text{C}$  por 120 h e 72 h, respectivamente.

Consideraram-se passíveis de contagem as placas que apresentaram entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). Para avaliação dos dados de contagem microbiana, os resultados foram convertidos para escala logarítmica ( $\text{Log}_{10}$  UFC/g).

## 2.6. Estabilidade Aeróbia

Após a abertura dos silos experimentais, o material foi homogeneizado e uma amostra de 2 kg de silagem foi devolvida aos baldes para avaliação da estabilidade aeróbia. Os baldes foram armazenados em sala com temperatura controlada (aproximadamente  $19^{\circ}\text{C}$ ). No centro da massa de silagem de cada balde, inseriu-se um *data logger* para mensuração da temperatura a cada 10 minutos, durante dez dias. Dois *data loggers* adicionais foram distribuídos na sala para registro da temperatura ambiente.

A estabilidade aeróbia foi definida como o número de horas em que a silagem permaneceu estável antes de sua temperatura elevar-se  $2^{\circ}\text{C}$  acima da temperatura ambiente (Kung Jr. et al., 2003).

Ao final do período de dez dias de exposição aeróbia, os baldes foram novamente pesados, e a silagem foi homogeneizada e amostrada. Para a pré-secagem, 200 g de silagem foram submetidas à estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm. A

obtenção do extrato aquoso foi realizada conforme descrito anteriormente, sendo separada uma alíquota acidificada para análises posteriores de ácidos orgânicos e carboidratos solúveis, e uma segunda alíquota submetida a diluições seriadas ( $10^{-1}$  a  $10^{-7}$ ).

O plaqueamento foi realizado pela técnica *pour plate* em placas de Petri estéreis, e o cultivo de fungos filamentosos e leveduras foi conduzido conforme descrito previamente.

## **2.7. Análises químicas**

As amostras de silagem foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS - método 934.01), matéria mineral (MM - método 942.05), proteína bruta (PB - método 984.13) e fibra em detergente ácido (FDA - método 973.18), conforme AOAC (1990).

Determinou-se também o teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), utilizando-se  $\alpha$ -amilase termoestável sem sulfito de sódio (Mertens, 2002). O teor de matéria orgânica (MO) foi obtido por diferença (MO = 100 - MM), e os compostos nitrogenados foram analisados segundo Licitra et al. (1996) para obtenção dos valores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

Os ácidos orgânicos (lático, acético, butírico e propiônico) foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC; SPD-10 AVP, Shimadzu®, Oregon, EUA), com detector ultravioleta em comprimento de onda de 210 nm. Utilizou-se coluna C18 (fase reversa) e  $H_2SO_4$  como fase móvel, com fluxo de 1,5 mL/min, pressão de 168 kgf e volume de injeção de 20  $\mu$ L (Siegfried et al., 1984).

Os teores de carboidratos solúveis em água foram determinados conforme Nelson (1944), e as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/N-total) foram quantificadas segundo Okuda et al. (1965).

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Composição química e populações microbianas dos alimentos e dietas.**

A caracterização do sorgo, do amendoim forrageiro e das dietas experimentais antes da ensilagem é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3** - Composição químico-bromatológica e populações microbianas das plantas e dietas experimentais antes da ensilagem.

Itens	Planta		Dietas	
	Sorgo	Amendoim Forrageiro	TRM1	TMR2
	<i>g/kg</i>			
MS	294,61	249,99	436,14	401,98
MM	75,72	81,90	63,90	63,71
PB	71,40	148,76	103,35	119,75
FDNcp	552,98	344,34	257,84	277,99
Amido	224,10	199,91	324,89	339,83
EE	35,34	18,05	21,50	27,70
CHOS	85,40	29,17	79,98	37,12
	<i>(Log 10 UFC g<sup>-1</sup>)</i>			
ENT	5,85	5,60	6,06	5,83
BAL	5,70	4,56	6,61	5,53
LEV	5,93	5,03	4,72	4,75
FUN	5,85	4,97	5,00	4,85

TMR1, dieta total contendo apenas sorgo como fonte de volumoso; TMR2, dieta total contendo amendoim forrageiro; MS, matéria seca; MM, matéria mineral; PB, proteína bruta; FDNcp, fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; EE, extrato etéreo, CHOS, carboidrato solúvel em água; ENT, enterobactérias; BAL, bactérias ácido lácticas; LEV, leveduras; FUN, fungos filamentosos.

### 3.2. Composição químico-bromatológica, perfil fermentativo e populações microbianas das silagens.

O erro padrão da média (EPM) e os valores de P das variáveis avaliadas nas silagens encontram-se na Tabela 4. Verificou-se efeito da interação silagem × inoculante ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de amido, FDNcp e CHOS, e efeito da dieta sobre MS, PB, EE, FDA, pH, N-NH<sub>3</sub>, ácido acético, ácido propiônico e LEV. Observou-se efeito do inoculante sobre FDA, ácido acético, ácido propiônico, BAL e LEV.

**Tabela 4** - P-Valor e erro padrão da média (EPM<sup>2</sup>) da composição químico-bromatológica, perfil fermentativo e populações microbianas de silagens de dietas totais.

Item	<i>P-valor</i>			EPM <sup>2</sup>
	Dieta	Inoculante	Dieta vs. Inoculante	
MS	0,0015	0,0507	0,2391	0,4354
MM	0,1962	0,0946	0,6390	0,0897
PB	0,0001	0,6072	0,4716	0,1585
EE	<0,0001	0,0600	0,4557	0,0782
AMIDO	0,0005	0,0290	0,0433	0,6059
FDNcp	0,4599	0,0027	0,0165	0,6693
FDA	0,0030	0,0023	0,0790	0,2716
CHOS	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1583

Perfil Fermentativo

pH	0,0002	0,0589	0,1625	0,0188
N-NH <sub>3</sub>	0,0027	0,2752	0,2007	0,6621
Ác. Lático	0,4220	0,5438	0,5262	1,7421
Ác. Acético	0,0023	<0,0001	0,2084	1,9465
Ác. Butírico	ND	ND	ND	ND
1,2 -Propanodiol	<0,0001	0,0108	0,1114	1,5839
Populações Microbianas				
BAL	0,1384	0,0023	0,8297	0,1740
FUN	ND	ND	ND	ND
LEV	0,0001	0,0032	0,6729	0,2941

MS, matéria seca; MM, matéria mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FDNcp, fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; CHOS, carboidrato solúvel em água; pH, potencial hidrogeniônico; N-NH<sub>3</sub>, nitrogênio amoniacal; BAL, bactérias ácido lácticas; FUN, fungos filamentosos; LEV, leveduras; ND, não detectado.

Observou-se maior teor de MS na silagem TMR1 (Tabela 5), formulada exclusivamente com sorgo como fonte de volumoso. Para proteína bruta e extrato etéreo, registraram-se valores superiores nas silagens contendo amendoim forrageiro (TMR2) (Tabela 5).

A maior concentração de amido foi verificada na silagem TMR1 (apenas sorgo como volumoso) no tratamento controle (Tabela 5).

Quanto à FDNcp, observou-se maior concentração na TMR1 inoculada quando avaliado o efeito do inoculante. Ao analisar o efeito da silagem dentro do inoculante, constatou-se valor superior na TMR1 inoculada. Para FDA, registrou-se maior concentração na silagem TMR2 e nas silagens inoculadas em comparação ao controle (Tabela 5).

A concentração de CHOS foi maior no material não inoculado, independentemente da silagem. Ao avaliar o efeito da silagem dentro do fator inoculante, observou-se maior teor de carboidratos solúveis residuais tanto na TMR1 quanto na TMR2 no tratamento controle. No material inoculado, verificou-se valor superior na TMR1 em comparação à TMR2 (Tabela 5).

**Tabela 5** - Médias dos parâmetros químicos das dietas totais contendo sorgo ou amendoim forrageiro, com e sem inoculante microbiano.

Item	Dieta	Inoculante		Média
		C	I	
<i>g/kg<sup>-1</sup> MN</i>				
MS (g kg <sup>-1</sup> MN)	TMR1	421,37	426,78	424,08A
	TMR2	390,57	410,50	400,54B
	Média	405,97	418,64	
<i>g/kg de MS</i>				
	TMR1	102,30	101,86	102,08B

PB	TMR2	111,37	113,98	112,67A
	Média	106,83	107,92	
EE	TMR1	28,08	30,56	29,32B
	TMR2	34,24	35,36	34,80A
	Média	31,16	32,96	
AMIDO	TMR1	399,62Aa	366,85Ab	383,23
	TMR2	351,03Ba	349,50Aa	350,26
	Média	375,33	358,18	
FDNcp	TMR1	232,77Bb	292,03Aa	262,40
	TMR2	264,66Aa	273,75Aa	269,19
	Média	248,70	282,88	
FDA	TMR1	127,80	146,66	132,74B
	TMR2	146,15	152,60	149,38A
	Média	136,96b	149,69a	
CHOS	TMR1	23,72Aa	19,22Ab	21,47
	TMR2	23,16Aa	7,14Bb	15,15
	Média	23,44	13,18	

Médias seguidas de diferentes letras maiúscula diferem entre na coluna e médias seguidas de diferentes letras minúsculas diferem na linha. TMR1, dieta total contendo apenas sorgo como fonte de volumoso; TMR2, dieta total contendo amendoim forrageiro; MS, matéria seca; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FDNcp, fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; CHOS, carboidrato solúvel em água.

Registraram-se maiores valores ( $P < 0,05$ ) de pH e amônia ( $N-NH_3$ ) nas silagens TMR2 e TMR1, respectivamente (Tabela 6).

Quanto ao ácido acético, verificou-se maior concentração ( $P \leq 0,05$ ) na silagem TMR2 em comparação à TMR1. Também se observou maior concentração ( $P \leq 0,05$ ) deste ácido nas silagens inoculadas em relação ao controle. Para o 1,2-propanodiol, registrou-se maior concentração ( $P \leq 0,05$ ) na silagem TMR2 comparada à TMR1, e nas silagens inoculadas em relação ao controle.

Observaram-se maiores populações de bactérias do ácido láctico ( $P \leq 0,05$ ) e menores de leveduras ( $P \leq 0,05$ ) nas silagens inoculadas em comparação ao controle. Registrou-se também maior população de leveduras ( $P \leq 0,05$ ) na silagem TMR1 em relação à TMR2.

**Tabela 6** – Médias dos parâmetros fermentativos e microbiológicos das silagens em função da dieta total e do uso de inoculante.

Item	Silagem	Inoculante		Média
		C	I	
pH	TMR1	4,01	3,92	3,96B
	TMR2	4,09	4,07	4,08A
	Média	4,05	4,00	

*g/kg de N*

N-NH <sub>3</sub>	TMR1	57,50	57,10	57,20A
	TMR2	50,20	46,30	49,10B
	Média	54,7	51,60	
<i>g/kg de MS</i>				
Ác, Lático	TMR1	25,59	29,55	27,57
	TMR2	30,17	29,99	30,08
	Média	27,88	29,77	
Ác, Acético	TMR1	12,1	25,3	18,7B
	TMR2	16,9	39,5	28,2A
	Média	14,5b	32,4a	
1,2 - Propanodiol	TMR1	0	2,8	1,4B
	TMR2	4,1	18,8	11,45A
	Média	2,05b	10,8a	
<i>log<sub>10</sub> UFC/g<sup>1</sup></i>				
BAL	TMR1	5,58	6,50	6,04
	TMR2	5,94	6,98	6,46
	Média	5,76b	6,67a	
LEV	TMR1	4,63	3,65	4,14A
	TMR2	3,09	1,83	2,46B
	Média	3,86a	2,74b	

Médias seguidas de letras maiúscula diferem entre na coluna e médias seguidas de letras minúsculas diferem na linha. TMR1, dieta total contendo apenas sorgo como fonte de volumoso; TMR2, dieta total contendo amendoim forrageiro; pH, potencial hidrogeniônico; N-NH<sub>3</sub>, nitrogênio amoniacal; BAL, bactérias ácido lácticas; LEV, leveduras

### 3.3. Estabilidade aeróbia

O erro padrão da média (EPM) e os valores de P das variáveis avaliadas nas silagens encontram-se na Tabela 7. Observou-se efeito ( $P \leq 0,05$ ) da interação silagem  $\times$  inoculante sobre CHOS, EA, Tmax, pH e LEV. A população de fungos filamentosos foi afetada ( $P \leq 0,05$ ) apenas pelo fator inoculante, enquanto a MS não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) por nenhum dos fatores estudados.

**Tabela 7** - P-valores e erro padrão da média (EPM) das variáveis químico-bromatológicas e de estabilidade aeróbia das silagens após o período de estabilização.

Item	<i>P-valor</i>			EPM <sup>2</sup>
	Silagem	Inoculante	Silagem vs. Inoculante	
MS	0,0839	0,9264	0,7757	1,0647
pH	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3614
CHOS	0,6510	0,8397	0,0008	0,0860
EA	<0,0001	<0,0001	<0,0001	12,4773
T MAX (°C)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,2771
LEV	<0,0001	<0,0001	0,0066	0,4839
FUN	0,0622	<0,0001	0,0622	0,2951

MS, matéria seca; CHOS, carboidrato solúvel em água; EA, estabilidade aeróbia; T. MAX, temperatura máxima; pH, potencial hidrogeniônico; LEV, leveduras; FUN, fungos filamentosos.

A silagem TMR1 (somente sorgo) não inoculada apresentou maior valor de pH ( $P \leq 0,05$ ) em comparação à silagem inoculada. Na ausência de inoculante, observou-se menor pH na silagem TMR2 em relação à TMR1 (Tabela 8).

Em ambas as TMRs, registraram-se maiores estabilidades aeróbias ( $P \leq 0,05$ ) nas silagens inoculadas. No tratamento controle, verificou-se maior estabilidade aeróbia ( $P \leq 0,05$ ) na TMR2 comparada à TMR1.

Quanto à população de leveduras, observou-se maior contagem ( $P \leq 0,05$ ) nas silagens TMR1 e TMR2 controle em comparação às inoculadas. Ao avaliar o efeito do inoculante dentro de cada silagem, constatou-se maior população de leveduras ( $P \leq 0,05$ ) na silagem TMR1 inoculada em relação à TMR2 (Tabela 8).

Não foi detectada a presença de fungos filamentosos nas silagens tratadas com inoculante. Entretanto, nas silagens não inoculadas, registrou-se população média de 5,35 log<sub>10</sub> UFC/g.

**Tabela 8** – Médias das variáveis químicas, microbiológicas e de estabilidade aeróbia das silagens conforme dieta total e uso de inoculante.

Item	Silagem	Inoculante		Média
		C	I	
pH	TMR1	7,48Aa	3,97Ab	5,72
	TMR2	4,33Ba	4,16Aa	4,24
	Média	5,90	4,06	
<i>g/kg de MS</i>				
CHOS	TMR1	5,63Bb	10,71Aa	8,17
	TMR2	11,58Aa	5,96Ba	8,77
	Média	8,61	8,34	
<i>horas</i>				
EA	TMR1	124,08Bb	234,67Aa	179,38
	TMR2	200,78Ab	240,00Aa	220,39
	Média	162,43	237,33	
<i>°C</i>				
TMAX	TMR1	30,87Aa	19,62Ab	25,25
	TMR2	22,50Ba	19,10Ab	20,80
	Média	26,6875	19,3625	
<i>log<sub>10</sub> UFC/g<sup>1</sup></i>				
LEV	TMR1	8,82Aa	7,53Ab	8,17
	TMR2	7,58Aa	3,67Bb	5,62
	Média	8,20	5,60	
FUN	TMR1	5,85	ND	5,85
	TMR2	4,87	ND	4,87
	Média	5,36	ND	

TMR1, dieta total contendo apenas sorgo como fonte de volumoso; TMR2, dieta total contendo amendoim forrageiro; MS, matéria seca; pH, potencial hidrogeniônico; EA, estabilidade aeróbia; T. MAX, temperatura máxima; ENT, enterobactérias; BAL, bactérias ácido lácticas; LEV, leveduras; FUN, fungos filamentosos; ND, não detectado.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Composição química e perfil fermentativo

O maior teor de MS na silagem TMR1, contendo apenas sorgo como fonte de forragem, provavelmente deve-se ao maior teor de MS do sorgo em comparação ao amendoim forrageiro utilizado na TMR2, independentemente do uso de inoculante.

O maior conteúdo de PB na TMR2 provavelmente resulta da presença da leguminosa nessa silagem, embora as TMRs tenham sido formuladas para serem isoproteicas. O amendoim forrageiro, sendo uma leguminosa com maior teor de proteína bruta comparado a forrageiras típicas como o sorgo, eleva o teor proteico geral quando misturado à silagem, mesmo em formulações isoproteicas (Carvalho et al., 2016).

As menores concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas silagens contendo amendoim forrageiro indicam maior preservação da fração proteica durante o processo fermentativo. Leguminosas como o amendoim forrageiro são reconhecidas por apresentarem elevadas concentrações de taninos e outros compostos fenólicos, que modulam a degradação proteica durante a ensilagem. Os taninos, particularmente os condensados, formam complexos estáveis com proteínas, restringindo sua hidrólise por enzimas vegetais e microbianas. Essa interação química reduz a desaminação de aminoácidos e, conseqüentemente, resulta em menores teores de amônia na silagem (Jayanegara et al., 2018; Herremans et al., 2018). Ambas as silagens podem ser classificadas como de boa qualidade segundo os critérios de McDonald et al. (1991) e Kung Jr. (2001), uma vez que os valores de N-NH<sub>3</sub> permaneceram dentro dos limites considerados adequados para silagens bem fermentadas.

A maior concentração de amido na TMR1 está provavelmente relacionada à inclusão do sorgo nessa dieta, uma vez que esse cereal é fonte significativa de amido. Durante a fermentação, parte dos carboidratos solúveis em água é consumida pelos microrganismos, o que pode elevar proporcionalmente a concentração de amido nas TMR ensiladas, conforme relatado por Bueno et al. (2020).

O maior valor de EE na silagem TMR2 provavelmente resulta da degradação de compostos solúveis presentes no material ensilado, considerando que os componentes lipídicos possuem menor susceptibilidade à degradação, concentrando assim os valores de EE na base da matéria seca (Carvalho et al., 2016).

A maior concentração de FDNcp na silagem TMR1 inoculada pode ser atribuída à ação de *L. buchneri*, que promove fermentação mais eficiente e limita a atividade de microrganismos decompositores de fibra, resultando em maior concentração de FDNcp (Weinberg & Muck, 1996; Kung Jr. et al., 2003; Muck, 2010).

A menor concentração de carboidratos solúveis residuais (CHOS) nas silagens TMR1 e TMR2 inoculadas pode ser atribuída à fermentação mais eficiente proporcionada pelos microrganismos adicionados à massa ensilada (Muck, 1996; Kung Jr. et al., 2018). Por outro lado, o menor teor de CHOS na silagem TMR2 inoculada comparada à TMR1 provavelmente deve-se ao menor conteúdo de FDNcp no amendoim forrageiro adicionado à TMR2.

O maior pH observado na silagem TMR2 (4,08) indica que as silagens avaliadas podem ser consideradas de boa qualidade, com base nos critérios de McDonald et al. (1991) e Kung Jr. (2018). Da mesma forma, com base no conteúdo de N-NH<sub>3</sub>/NT, infere-se que as silagens são de boa qualidade, conforme mencionado anteriormente.

O teor médio de 29 g/kg de MS para ácido láctico é inferior aos reportados por Xu et al. (2007) e Chen et al. (2019) em estudos com silagens de TMR, pois o uso de bactérias lácticas heterofermentativas pode reduzir a concentração de ácido láctico e aumentar a de ácido acético na silagem (Arriola et al., 2021).

O maior teor de ácido acético nas silagens inoculadas pode ser atribuído ao inoculante utilizado, enquanto na TMR2 isso pode resultar da inclusão de amendoim forrageiro, que possui composição química distinta de outras forragens como milho e sorgo, especialmente em relação ao teor de fibras e açúcares solúveis. Essas diferenças afetam o tipo de fermentação, favorecendo a produção de ácido acético por certos microrganismos (Zhang et al., 2022). McDonald et al. (1991) e Kung Jr. et al. (2018) apontam que silagens de boa qualidade apresentam concentrações de ácido acético entre 5 e 20 g/kg de MS. Para as silagens estudadas, obtiveram-se valores médios de 28,2 e 32,4 g/kg de MS para TMR2 e silagens inoculadas, respectivamente. Concentrações mais elevadas de ácido acético inibem o crescimento de leveduras e fungos filamentosos, reduzindo a degradação da silagem no período pós-abertura. Dessa forma, tanto a inclusão de amendoim forrageiro quanto a utilização de inoculante melhoraram a estabilidade aeróbia das silagens.

A maior concentração de 1,2-propanodiol registrada na silagem inoculada pode decorrer da utilização de cepas heterofermentativas. Segundo Roco et al. (2022), a

inoculação com *L. buchneri* e *L. hilgardii* resultou em maiores concentrações de 1,2-propanodiol em silagens de milho. Outros estudos com *Lactobacillus buchneri* demonstraram aumento na produção de 1,2-propanodiol na silagem, o que contribui para melhorar a estabilidade aeróbia ao reduzir o crescimento de leveduras e fungos filamentosos (Nishino et al., 2003). Silva et al. (2024) constataram que a utilização de *L. buchneri* modificou o perfil fermentativo de diferentes silagens, aumentando a produção de ácido acético e 1,2-propanodiol, ambos compostos antifúngicos.

A maior população de bactérias ácido-láticas no material inoculado deve-se às cepas presentes no inoculante, embora biologicamente o valor seja muito próximo daquele registrado no material não inoculado. Destaca-se que a população de BAL no material original atendeu ao mínimo preconizado ( $10^5$  UFC/g) por Muck (1997) para que a fermentação seja satisfatória.

Assim, a utilização de cepas heterofermentativas como *Lentilactobacillus buchneri* promove aumento na produção de ácido acético, um composto antifúngico eficaz, reduzindo a proliferação de leveduras e fungos filamentosos após a abertura do silo e, conseqüentemente, aumentando o tempo de estabilidade aeróbia (Arriola et al., 2021), o que explica a menor população de leveduras nas silagens TMR2 e nas silagens inoculadas.

#### **4.2. Estabilidade aeróbia**

O maior tempo de estabilidade aeróbia das silagens inoculadas deve-se à maior concentração de ácido acético, conforme mencionado anteriormente. *L. buchneri* aumenta significativamente a estabilidade aeróbia das silagens ao elevar as concentrações de ácido acético, o que inibe a atividade de leveduras e reduz a deterioração (Nishino et al., 2004; Arriola et al., 2021). Alves et al. (2023) avaliaram linhagens de *L. buchneri* e constataram que estas foram eficientes em melhorar a estabilidade aeróbia de silagens de sorgo e suas respectivas TMR. *L. hilgardii*, isoladamente ou em combinação com outras bactérias lácticas (como *L. buchneri*), geralmente aumenta a estabilidade aeróbia de silagens, incluindo milho, sorgo e folhas de cana-de-açúcar. Esse efeito é alcançado pelo aumento na produção de ácido acético e redução nas contagens de leveduras e fungos, retardando a

deterioração quando a silagem é exposta ao ar (Wang et al., 2020; Ferrero et al., 2021).

A presença de amendoim forrageiro, especialmente quando associado a inoculantes, favorece a abundância de bactérias lácticas benéficas e reduz a presença de leveduras e fungos filamentosos, fatores que contribuem para maior estabilidade aeróbia (Costa et al., 2022; Macêdo et al., 2023). Isso explica o maior tempo de estabilidade aeróbia da silagem TMR2 não inoculada, contendo amendoim forrageiro.

As menores temperaturas máximas registradas nas silagens inoculadas estão possivelmente relacionadas ao efeito do inoculante, que contribuiu para a redução das perdas por deterioração aeróbia. O aumento da temperatura da silagem é um dos primeiros indicadores de instabilidade, antecedendo alterações de pH e redução na concentração de ácido láctico (Shan et al., 2021). Nesse sentido, silagens que mantêm temperaturas mais baixas durante a exposição ao ar tendem a apresentar maior estabilidade aeróbia. Por outro lado, temperaturas elevadas geralmente refletem maior atividade microbiana, que acelera o processo de deterioração (Ferrero et al., 2020; Shan et al., 2021).

As silagens inoculadas com inclusão de amendoim forrageiro (TMR2) apresentaram menor população de leveduras em comparação à silagem com sorgo exclusivo (TMR1). Portanto, considera-se que tanto a inoculação quanto a inclusão de amendoim forrageiro são alternativas eficazes para controlar o crescimento de leveduras em silagens de TMR, resultando em maior estabilidade, uma vez que as populações observadas foram inferiores ao limite máximo recomendado de 5 log<sub>10</sub> UFC/g (Muck, 1994; Weinberg, 1996; Kung Jr., 2003). Valores superiores a este limite levariam à elevada atividade microbiana das silagens quando expostas ao ar.

O aumento do pH do material após exposição ao ar caracteriza a deterioração da silagem, sendo que valores inferiores a 4,5 evidenciam boa estabilidade aeróbia (Kung Jr., 2001; Kung Jr., 2018).

## **5. CONCLUSÕES**

O inoculante microbiano usado proporcionou melhor estabilidade aeróbia das silagens TMR1 e TMR2, bem como resultou em maior conteúdo de ácido acético e menor população de leveduras. A inclusão do amendoim forrageiro é uma boa

alternativa para o controle da atividade microbiológica, promovendo maior estabilidade.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABBASI, M., ROUZBEHAN, Y., REZAEI, J., & JACOBSEN, S. (2018). The effect of inoculation of lactic acid bacteria, molasses or wilt on the fermentation quality and nutritive value of amaranth silage (*Amaranthus hypochondriacus*). *Journal of animal science*. <https://doi.org/10.1093/jas/sky257>.
- ALVES, W. S., PEREIRA, O. G., MACÊDO, A. J. DA S., LEITE, G. D. O., DA SILVA, V. P., LEITE, P. S., ... VALADARES FILHO, S. DE C. (2023). Effect of new strains of *Lentilactobacillus buchneri* as inoculants in sorghum silage on the fermentative profile, aerobic stability, and voluntary intake in lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2287717>.
- ARRIOLA, K. G., OLIVEIRA, A. S., JIANG, Y., KIM, D., SILVA, H. M., KIM, S. C., AMARO, F. X., OGUNADE, I. B., SULTANA, H., CERVANTES, A. A. P., FERRARETTO, L. F., VYAS, D., ADESOGAN, A. T. Meta-analysis of effects of inoculation with *Lactobacillus buchneri*, with or without other bacteria, on silage fermentation, aerobic stability, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 7, p. 7653-7670, 2021.
- ARRIOLA, K., VYAS, D., KIM, D., AGARUSSI, M., SILVA, V., FLORES, M., JIANG, Y., YANLIN, X., PECH-CERVANTES, A., FERRARETTO, L., & ADESOGAN, A. (2021). Effect of *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus buchneri*, or their combination on fermentation and nutritive value of sorghum silage and corn silage. *Journal of dairy science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19512>.
- ASHBELL, G., WEINBERG, Z., HEN, Y., & FILYA, I. (2002). The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28, 261-263. <https://doi.org/10.1038/sj/jim/7000237>.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC), 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. AOAC International, Arlington.
- BORREANI, G.; FERRERO, F.; TABACCO, E. Manejo de silagem enfiada. In *Anais do 6º Simpósio Internacional sobre Qualidade e Conservação de Forragens*, Piracicaba, Brasil, 7–8 de novembro de 2019; Nussio, LG, Da Silva, EB, Oliveira, KS, Gritti, VC, Salvo, PAR, Salvati, GGS, De Sousa, DO, Eds.; ESALQ: Piracicaba, Brasil, 2019; pp. 219–246.
- BUENO, A. V. I., LAZZARI, G., JOBIM, C. C., & DANIEL, J. L. P. (2020). Ensiling Total Mixed Ration for Ruminants: A Review. *Agronomy*, 10(6), 879. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060879>.

CARVALHO, W.G., COSTA, K.A.P., EPIFANIO, P.S., PERIM, R.C., TEIXEIRA, D.A.A., & MEDEIROS, L.T. (2016). Silage quality of corn and sorghum added with forage peanuts. *Revista Caatinga*, 29(2), 465-472.

CHEN, L., GUO, G., YUAN, X., SHIMOJO, M., YU, C., & SHAO, T. (2014). Effect of Applying Molasses and Propionic Acid on Fermentation Quality and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silage Prepared with Whole-plant Corn in Tibet. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 27:349–356. [doi:10.5713/ajas.2013.13378](https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13378).

CHEN, L., GUO, G., YUAN, X., SHIMOJO, M., YU, C., & SHAO, T. (2016). Effect of Molasses and Propionic Acid Application on Fermentation Quality and Aerobic Stability of Total Mixed Feed Silage Prepared with Whole Plant Maize in Tibet. *Journal of the science of food and agriculture*, 96 5, 1678-85. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7271>.

CHEN, L., YUAN, X., LI, J., DONG, Z., WANG, S., GUO, G., & SHAO, T. (2019). Effects of lactic acid and propionic acid application on fermentation quality, aerobic stability, and in vitro gas production of forage-based mixed total feed silage in Tibet. *Animal Production Science*. <https://doi.org/10.1071/AN16062>.

COSTA, D.R., RIBEIRO, K.G., CRUZ, G.F.L., SILVA, T.C., CARDOSO, L.L., PEREIRA, O.G. (2022). Mixed silages of sugarcane and forage peanut treated with *Lactobacillus buchneri*. *Revista Ciencia Animal Brasileira*, v. 23, e-72352E. <https://www.scielo.br/j/cab/a/nwpbDPSPDtfVYv44VhG5QsN/?format=pdf&lang=en>.

DA SILVA, É., COSTA, D., SANTOS, E., MOYER, K., HELLINGS, E., & KUNG, L. (2021). The effects of *Lactobacillus hilgardii* 4785 and *Lactobacillus buchneri* 40788 on the microbiome, fermentation and aerobic stability of ensiled corn silage for various times.. *Journal of dairy science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20111>.

DROUIN, P., DA SILVA, É., TREMBLAY, J., CHEVAUX, E., APPER, E., & CASTEX, M. (2023). Inoculation with *Lentilactobacillus buchneri* alone or in combination with *Lentilactobacillus hilgardii* modifies gene expression, fermentation profile, and starch digestibility in high-moisture corn. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1253588>.

FERRERO, F., PIANO, S., TABACCO, E., & BORREANI, G. (2019). Effects of the conservation period and inoculum of *Lactobacillus hilgardii* on the fermentation profile and aerobic stability of whole corn and sorghum silages. *Journal of the science of food and agriculture*, 99 5, 2530-2540. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9463>.

FERRERO, F., TABACCO, E., & BORREANI, G. (2021). *Lentilactobacillus hilgardii* Inoculum, Dry Matter Content at Harvest and Conservation Duration Affect the Fermentation Characteristics and Aerobic Stability of Corn Silage. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.675563>.

Herremans, S., Decruyenaere, V., Beckers, Y., & Froidmont, E. (2018). Silage additives to reduce protein degradation during ensiling and evaluation of in vitro ruminal nitrogen degradability. *Grass and Forage Science*. <https://doi.org/10.1111/GFS.12396>.

HU, W., SCHMIDT, R. J., MCDONELL, E. E., KLINGERMAN, C. M., KUNG JR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of dairy science*, 2009, 92.8: 3907-3914.

Jayanegara, A., Sujarnoko, T., Ridla, M., Kondo, M., & Kreuzer, M. (2018). Silage quality as influenced by concentration and type of tannins present in the material ensiled: A meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103, 456–465. <https://doi.org/10.1111/jpn.13050>.

KARADÖL, H. (2023). Low-cost microcontroller-based device for determination of aerobic stability of silages. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.21162/pakjas/23.46>.

KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG JR., L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*, v.89, p.4005-4013, 2005.

KUNG JR, L., SAVAGE, R.M., SILVA, E.B., POLUKIS, S.A., SMITH, M.L., JOHNSON, A.C.B., MILLER, M.A. The effects of air stress during storage and low packing density on the fermentation and aerobic stability of corn silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* 40788. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 4, p. 4206-4222, 2021.

KUNG JR, L., STOKES, M. R., LIN, C. J. Silage additives. *Silage science and technology*, 2003, 42: 305-360.

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

KUNG, L., Jr.; SHAVER, R. Interpretation and Use of Silage Fermentation Analysis Reports. Department of Animal & Food Sciences, University of Delaware, 2001.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST., P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. v. 57, p. 347-358, 1996.

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

MUCK, R. E. Inoculant effects on alfalfa silage quality. *Silage: Field to Feedbunk*, NRAES-99, p. 43-51, 1996.

MUCK, R. E. Silage Fermentation. In: BARNES, D. K.; NELSON, C. J.; COLLINS, M.; MOORE, K. J. (Eds.). *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. Wiley-Blackwell, p. 313-325, 2010.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 183-191, 2010. [DOI: 10.1590/S1516-35982010001300021](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021).

MUCK, R. E.; KUNG, L., Jr. Para um processo fermentativo adequado, é essencial uma contagem mínima de  $\log_{10}$  5 UFC/g de forragem fresca. Effects of Silage Additives on Ensiling. *Journal of Dairy Science*, v. 80, n. 10, p. 2440-2448, 1997. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76196-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76196-6).

MUCK, R. E.; PITT, R. E. Aerobic deterioration in corn silage relative to the silo face. *Transactions of the ASAE*, v. 37, n. 3, p. 735-743, 1994. DOI: [10.13031/2013.28145](https://doi.org/10.13031/2013.28145).

NAIR, J., HUAXIN, N., ANDRADA, E., YANG, H., CHEVAUX, E., DROUIN, P., MCALLISTER, T., & WANG, Y. (2020). Effects of inoculation of corn silage with *Lactobacillus hilgardii* and *Lactobacillus buchneri* on silage quality, aerobic stability, nutrient digestibility and growth performance of growing beef cattle. *Journal of animal science*. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa267>.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem*, 1944, 153.2: 375-380.

NISHINO, N., WADA, H., YOSHIDA, M., & SHIOTA, H. (2004). Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of full-crop corn and a total ensiled mixed diet with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. *Journal of dairy science*, 87 8, 2563-70. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73381-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73381-0).

OKUDA, H., FUJII, S., KAWASHIMA, Y. A direct colorimetric determination of blood ammonia. *Tokushima Journal of Experimental Medicine*, 1965, 12: 11-23.

OUDE ELFERINK, S. J. W. W.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J. A.; SPOELSTRA, S. F.; FABER, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 67, n. 1, p. 125-132, Jan. 2001.

OWEN, F.; HOWARD, W. Efeito do nível de umidade da ração no valor da alfafa mais milho quebrado como silagem de ração completa para vacas em lactação. *J. Laticínios Sci.* 1965, 48, 1310–1314.

PAHLOW, G., MUCK, R. E., DRIEHUIS, F., ELFERINK, S. J. O., SPOELSTRA, S. F. *Microbiology of ensiling. Silage science and technology*, 2003, 42: 31-93.

ROCO, P. J., BRAGATTO, J. M., DANIEL, J. L. P. Efeito de inoculante contendo bactérias heteroláticas na conservação da silagem de milho com diferentes teores de matéria seca. 31º Encontro anual de Iniciação Científica. Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Agrárias/Maringá, PR. (2022).

SANTOS, A. O., ÁVILA, C. L. S., PINTO, J. C., CARVALHO, B. F., DIAS, D. R., SCHWAN, R. F. Fermentative profile and bacterial diversity of corn silages inoculated with new tropical lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 2016, 120.2: 266-279.

SANTOS, A., SANTOS, E., CARVALHO, G., PERAZZO, A., ARAÚJO, M., DE OLIVEIRA, J., PEREIRA, G., MACÊDO, A., SÁ, W., & PEREIRA, D (2021). Fermentation

profile, microbial populations and aerobic stability of sorghum silages enriched with urea and *Lactobacillus buchneri*. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 66, 128 - 144. <https://doi.org/10.1080/00288233.2021.2000437>.

SCHMIDT, P.; RESTELATTO, R.; ZOPOLLATTO, M. Ensilagem de rações mistas totais - Um procedimento inovador. In *Anais do V Simpósio Internacional sobre Qualidade e Conservação de Forragens*, Piracicaba, Brasil, 16–17 de julho de 2017;

SHAN, G., BUESCHER, W., MAACK, C., LIPSKI, A., ACIR, I., TRIMBORN, M., KUELLMER, F., WANG, Y., GRANTZ, D., & SUN, Y. (2021). Dual-sensor measurement shows temperature beats pH as an early sign of aerobic spoilage in corn silage. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88082-1>.

SILVA, C. S., MIRANDA, A. S., NOVAES, J. J. S., ARAÚJO, C. A., MACEDO, A., DE ARAÚJO, J. S., LIMA, D. O., NETO, J. V. E., GOIS, G. C., ARAÚJO G. G. L, CAMPOS, F. S. (2024) Perfil fermentativo, valor nutricional e estabilidade aeróbia de silagens mistas de capim-elefante e cunhã. *Ciênc. anim. bras.* 25 • 2024 • <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-76994P>.

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 19, n. 1, p. 53-68, 1996. [DOI: 10.1111/j.1574-6976.1996.tb00253.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1996.tb00253.x).

XU, C., CAI, Y., ZHANG, J., & OGAWA, M. (2007). Fermentation quality and nutritive value of a total mixed feed silage containing coffee powder in ten or twenty percent dry matter. *Journal of animal science*, 85 4, 1024-9. <https://doi.org/10.2527/JAS.2005-628>.

YUAN, X., G. GUO, A. WEN, S.T. DESTA, J. WANG, Y. WANG, T. SHAO. 2015. The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 207:41–50. [doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.06.001](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.001).

ZHANG, X., H. WANG, X. GUO. 2021. Comparative analysis of rumen fermentation parameters and bacterial profiles during adaption to different fattening stages in beef cattle fed TMR with various forage silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 278:115006. [doi:10.1016/j.anifeedsci.2021.115006](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115006).