



**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS  
DE SORGO BIOMASSA E SUAS RESPECTIVAS SILAGENS NA REGIÃO  
SEMIÁRIDA**

**CLARA FRANCY DA COSTA BACKSMANN**

**2023**

**CLARA FRANCY DA COSTA BACKSMANN**

**Características agronômicas e nutricionais de genótipos de sorgo biomassa e suas respectivas silagens na região semiárida**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador**

**Prof. Dr. Ignacio Aspiazú**

**Janaúba**

**2023**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de  
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Backsmann, Clara Francy da Costa

B126c

Características agronômicas e nutricionais de genótipos de sorgo biomassa e suas respectivas silagens na região semiárida [manuscrito] / Clara Francy da Costa Backsmann. – 2023.

57 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2023.

Orientador: Prof. D. Sc. Ignacio Aspiazú.

1. Biomassa. 2. Forragem. 3. Interação genótipo-ambiente. 4. Sorgo. I. Aspiazú, Ignacio. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2023

Montes Claros, 30 de agosto de 2023.

Declaramos para os devidos fins que no dia **30 de agosto de 2023**, a aluna **Clara Francy da Costa Backsmann**, CPF 019.190.412-06, defendeu sua Dissertação de Mestrado, intitulada “*Características agronômicas e nutricionais do sorgo biomassa e suas respectivas silagens na região semiárida*” no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unimontes – Universidade Estadual de Montes Claros, aprovada pela banca examinadora:

**Dr. Ignacio Aspiazú/ Presidente/ UNIMONTES**

**Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES**

**Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior/ Membro Interno/ UNIMONTES**

**Dr. João Paulo Sampaio Rigueira/ Membro Interno/ UNIMONTES**

**Dra. Leidy Darmony de Almeida Rufino / Membro Externo/ EPAMIG**

Considerando o disposto no Artigo 49 da Resolução N°. 372 – CEPEX/2020 das Normas do Programa, o Mestrando somente poderá usufruir de todos os direitos e prerrogativas que o título de Mestre em Zootecnia lhe confere após a apresentação da Dissertação, devidamente aprovada em sua redação definitiva, à Secretaria do Programa, **no prazo final de 90 dias**, findo o qual esta declaração perde a validade.

A Mestranda foi orientada pelo **Prof. Dr. Ignacio Aspiazú**.

O curso é reconhecido e Homologado pelo CNE (Portaria MEC N° 1.077- DOU de 13/09/2012 - Parecer CES/CNE 277/2007, 17/01/2008) Renovação do Reconhecimento: (RESOLUÇÃO SEDECTS N° 15, de 14 DE MARÇO 2019, D.O.MG de 26/03/2019).



Documento assinado eletronicamente por **Ignacio Aspiazu, Professor(a)**, em 30/08/2023, às 09:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Professor(a)**, em 30/08/2023, às 09:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Sampaio Rigueira, Professor(a)**, em 30/08/2023, às 13:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Vicente Ribeiro Rocha Junior, Professor(a)**, em 31/08/2023, às 07:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Leidy Darmony de Almeida Rufino, Usuário Externo**, em 03/10/2023, às 09:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **72450008** e o código CRC **E192C40B**.

---

Processo nº 2310.01.0002978/2022-72

SEI nº 72450008

---

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, quero agradecer a minha família e amigos. Em especial a minha mãe, Grece Katia, que sempre me apoiou em todos os meus sonhos e nunca mediu esforços para investir na minha educação. Mãe, você é minha maior inspiração. Agradeço a minha irmã, Ana Vitória, que embarcou comigo nesse desafio de mudar de estado para que pudéssemos realizar nossos sonhos. Sou muito feliz em tê-la como irmã e grande amiga. Agradeço meu padrasto, José, que sempre que pode nos auxiliou e estimou sucesso nessa caminhada. Agradeço aos amigos que fiz durante minha trajetória acadêmica no mestrado, em especial a Ariadne, Ariane, Amanda e Larissa que me acolheram e me auxiliaram nessa caminhada. Gratidão por toda ajuda.

Agradeço a Tupã (Deus) que sempre me guiou, iluminou e protegeu, me dando sabedoria e discernimento para que eu não desistisse.

Agradeço aos professores da Unimontes Campus Janaúba que contribuíram com minha formação, em especial ao meu orientador, Prof. Ignácio Aspiazú, pela acolhida e conselhos; ao meu coorientador, Prof.Dr. Flávio Pinto Monção, por todos os ensinamentos, paciência e palavras de incentivo. O senhor será sempre lembrado com muito carinho, é minha maior referência na área da Zootecnia.

Agradeço à Universidade Estadual De Montes Claros e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela formação e pelo ensino; e à unidade da Embrapa Milho e Sorgo instalada no município de Nova Porteirinha, pela parceria durante a pesquisa.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa e apoio financeiro para a execução desta pesquisa e ao INCT – Ciências Animal/CNPq.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação durante essa jornada. Meu muito obrigada!

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA   | 7  |
| RESUMO GERAL   | 9  |
| GENERAL ABSTRACT   | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL   | 11 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA  | 12 |
| 2.1 Sorgo  | 12 |
| 2.2 Híbridos de sorgo  | 13 |
| 2.3 Silagem e parâmetros de qualidade  | 15 |
| 2.4 Utilização de Inoculante   | 17 |
| 3 REFERÊNCIAS  | 19 |
| 4 CAPÍTULO 1. Características agrônômicas e nutricionais de genótipos de sorgo biomassa e de suas respectivas silagens na região semiárida | 29 |
| INTRODUÇÃO   | 30 |
| MATERIAL E MÉTODOS   | 31 |
| <i>Experimento I</i>   | 32 |
| <i>Experimento II</i>  | 34 |
| RESULTADOS   | 38 |
| <i>Experimento I</i>   | 38 |
| <i>Experimento II</i>  | 42 |
| CONCLUSÃO  | 52 |
| AGRADECIMENTOS   | 53 |
| REFERÊNCIAS  | 53 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS   | 57 |

## **NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA**

Esta dissertação segue as premissas básicas da New Zealand Journal of Agricultural Research,  
link: <https://www.tandfonline.com/journals/tnza20>



## RESUMO GERAL

BACKSMANN, Clara Francly da Costa. **Características agronômicas e nutricionais de genótipos de sorgo biomassa e suas respectivas silagens na região semiárida.** 2023. 57 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil<sup>1</sup>.

Em regiões semiáridas, a principal técnica utilizada para conservação de forragem é a ensilagem, sendo uma estratégia importante para garantir a alimentação de ruminantes em período de sazonalidade da produção, a técnica possibilita o uso de forrageiras que possuem características adequadas, como é o caso do sorgo biomassa, um genótipo que vem se destacando devido seu elevado potencial de produtividade de massa em regiões de déficit hídrico quando comparado com demais variedades. Entretanto, em função de sua alta fração fibrosa, a utilização de inoculantes tem sido testada como alternativa para garantir a conservação do valor nutricional auxiliando na digestibilidade. Objetivou-se avaliar a silagem de genótipos de sorgo biomassa associado ou não com inoculantes bacteriano-enzimáticos sobre as características agronômicas e valor nutricional. Foram conduzidos dois experimentos, no I foram avaliados seis genótipos, sendo uma testemunha (sorgo forrageiro), dois comerciais (AGRI002E e BRS 716) e três experimentais da EMBRAPA (202033B008, 202033B011 e CMSXS7500) seguindo o delineamento em blocos casualizados com seis genótipos e três repetições no campo. No experimento II, foram avaliadas as silagens dos seis genótipos do experimento I, seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, com ausência e presença de aplicação de inoculante com seis repetições.

**Palavras-chave:** AGRI 002E, BRS 716, Forrageiro, Volumax, Inoculante, *Sorghum bicolor*.

---

<sup>1</sup>Comitê de Orientação: Prof. Ignácio Aspiazú - Departamento de Ciências Agrárias/ UNIMONTES (Orientador); Prof. Flávio Pinto Monção - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador).

## GENERAL ABSTRACT

BACKSMANN, Clara Francly da Costa. **Agronomic and nutritional characteristics of sorghum biomass and of its respective silage in the semi-arid region.** 2023. 57p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brazil.

In semi-arid regions, the main technique used to conserve forage is ensiling, an important strategy to guarantee animal nutrition during periods of seasonal production. Biomass sorghum has characteristics suitable for ensiling and is a genotype that has stood out due to its high productive potential in regions that have water stress, compared to other genotypes. Due to its high fibrous fraction, the use of bacterial-enzymatic inoculants has been tested as an alternative to guarantee the conservation of nutritional value and improve digestibility. Two experiments were conducted to evaluate six genotypes, one control (forage sorghum), two commercial ones (AGRI002E and BRS 716) and three experimental ones from EMBRAPA (202033B008, 202033B011 and CMSXS7500). In Experiment I, the agronomic characteristics, chemical composition and digestibility were evaluated, following a randomized block design with six genotypes and three replications on the field. In experiment II, the silages of the six genotypes associated or not with inoculants were evaluated regarding fermentative characteristics and losses. The experiment was conducted following a completely randomized design in a 6 x 2 factorial scheme, with six genotypes and the absence and presence of application of an enzymatic-bacterial inoculant with six replications.

**Keywords:** AGRI 002E, BRS 716, Forrager, Volumax, Inoculant, *Sorghum bicolor*.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A região semiárida possui características edafoclimáticas adversas, dentre elas, a sazonalidade que afeta diretamente a produção de forragem, uma vez que na estação chuvosa é possível encontrar pastos em abundância e de boa qualidade nutritiva, enquanto na estação seca há redução da capacidade de suporte, ocorre à diminuição na disponibilidade e qualidade das plantas forrageiras, o que impacta a produção animal local (Nóbrega et al., 2011).

No Brasil, a dieta alimentar mais utilizada na produção de ruminantes é o pasto. Assim, o cultivo de plantas forrageiras exerce papel importante na pecuária, visto que constitui a principal alternativa de alimentação (Venturini, 2019; Queiroz et al., 2020; Jesus, 2021). Buscando minimizar os efeitos da sazonalidade na disponibilidade de alimento, a conservação de forrageiras tem sido uma alternativa para assegurar a alimentação e manutenção do sistema de produção animal, principalmente em períodos que ocorre baixa disponibilidade de forragens (Wilkinson & Rinne, 2017).

O sorgo é uma cultura forrageira utilizada na alimentação animal em várias regiões do mundo. Na região semiárida, o cultivo dessa planta é uma ótima escolha como fonte de volumoso, uma vez que possui características morfofisiológicas adaptadas à escassez hídrica, apresentando alta produtividade de matéria seca (MS), alta concentração de carboidratos solúveis, baixa capacidade de tampão e bom valor nutricional, tornando-se uma planta favorável para a produção de silagem (Perazzo, 2017).

Desse modo, genótipos de sorgo têm sido utilizados no processo de ensilagem. São de fácil cultivo, tem a capacidade de cultivar a rebrota quando designado a um manejo apropriado, além de apresentar algumas vantagens em relação ao milho, como menor custo de produção, melhor capacidade de recuperação em períodos longos de estiagem, produzindo também silagem de boa qualidade e quantidade e contribuindo para a otimização do índice do rebanho (França et al. 2017; Nascimento et al. 2020). O sorgo biomassa é um genótipo que permite a mecanização desde o plantio até a colheita. É um híbrido sensível ao fotoperíodo, isto é, mantém a gema apical vegetativa até que os dias encurtem o bastante para sua diferenciação em gema floral. Dessa forma, amplia-se o ciclo vegetativo e, concomitantemente, possibilita maior produção de biomassa por hectare/ciclo

em comparação a outros cultivares (Parrella et al. 2011; Pereira et al., 2012; Oliveira, et al. 2020).

Para que o processo de ensilagem seja eficaz, é importante verificar algumas características da forrageira escolhida que podem influenciar na conservação e, conseqüentemente, na qualidade do produto (Macêdo & Santos, 2019). Uma boa fermentação requer teores adequados de carboidratos solúveis, matéria seca e umidade, além da capacidade tamponante (Zhang et al., 2015; Muck et al., 2018). Esses fatores podem afetar negativamente o processo fermentativo, impedindo uma rápida queda do pH, principal fator para a fermentação adequada e inibição de microrganismos indesejáveis, que podem deteriorar a silagem e alterar seu valor nutricional. Diante disso, o uso de inoculantes microbiano-enzimáticos contribui para o aumento da população bacteriana que produz ácidos orgânicos, auxiliando na fermentação e conservação dos nutrientes do material ensilado e reduzindo perdas de matéria seca e de nutrientes (Jesus, 2021; Tavares, et al., 2020).

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Sorgo**

A cultura do sorgo pertence à família botânica *Poaceae*, gênero *Sorghum*, espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench, tendo como origem o continente africano. É uma planta de mecanismo fotossintético C4, possuindo uma grande vantagem fotossintética em relação ao milho. Para seu crescimento e desenvolvimento, necessita de temperaturas acima de 20°C. No Brasil, o cultivo da forrageira começou a crescer a partir da década de 70, inicialmente nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Paraná (Lanza, 2017; Silva et al., 2021).

O sorgo é considerado o quinto cereal mais cultivado no mundo, sendo utilizado na alimentação animal e humana, além de sua utilização para produção de etanol. Por ser considerada uma cultura tolerante à seca, ela se tornou uma fonte de segurança de alimento na pecuária em locais com precipitação mal distribuída, como na região semiárida (Menezes et al., 2018). No Brasil, tem sido usado para produção de forragem e grãos destinados à produção animal (Parrella et al., 2010). Conforme Levantamento de Safras da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2018), atualmente, os maiores produtores de sorgo são o estado de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia.

É uma planta que se desenvolve bem em ambientes caracterizados como áridos e semiáridos, tem tolerância ao estresse hídrico e altas temperaturas, boa adaptabilidade a solos com baixa fertilidade, possui alta capacidade de rebrota, seu plantio e colheita se adaptam bem à mecanização, além de ser versátil, ou seja, pode ser fornecida para o animal como feno, silagem ou pastagem direta (Costa et al., 2016; Abdelhalim et al., 2019). Portanto, a escolha de genótipos adaptados às condições de cada região é primordial para construir um sistema de produção que seja efetivo (Pinho et al., 2015; Kljack et al., 2017).

Com a finalidade de aumentar a produção e conservar a qualidade nutricional da planta, muitos estudos relacionados ao desenvolvimento de novos genótipos têm sido realizados. Dessa forma, pesquisas voltadas a caracterizações agronômicas e nutricionais dos genótipos são necessárias para fornecer dados que possam ser interpretados, para assim obter uma recomendação mais exata referente às possíveis diversidades de utilização do sorgo nos sistemas de produção (Farias et al., 2022).

## **2.2 Híbridos de sorgo**

As cultivares de sorgo forrageiro, além de apresentarem qualidade nutricional comparável à do milho, atingem alto rendimento de massa verde de forragem, em virtude do porte das plantas, que podem atingir de 2 a 3 metros de altura e são adaptadas para corte verde e produção de silagem (Buso et al., 2011). O sorgo forrageiro pode ser cultivado em condições variáveis de climas, desde regiões semiáridas a temperadas, mostrando grande tolerância a estresse hídrico e altas temperaturas (Teetor et al., 2011; Rocateli et al., 2012), além de possuir alta participação de folhas e panícula na biomassa, o que aumenta a qualidade bromatológica da forragem, pois esta é a fração da planta com maior energia e digestibilidade (Oliveira et al., 2019; Botelho et al., 2010; Paula, 2016).

A produção de massa verde dos genótipos é geralmente mais elevada, variando de 50 a 70 t/ha no primeiro corte, com boa produção na rebrota (Miranda & Pereira, 2000). Geralmente, esses genótipos apresentam características agronômicas e nutricionais diferentes, com variações quanto à produtividade e aos padrões de fermentação, resultando em forragens de diversas qualidades (Pedreira et al., 2003).

O sorgo Agri002E é também conhecido como “gigante boliviano” e desperta interesse, pois impressiona pelo volume de massa produzido (Paziani et al., 2020). Possui

duplo propósito, servindo como cobertura de solo e alternativa alimentar animal na forma de silagem. Tem como principais características agronômicas o porte elevado (3,5 a 4m), perfilhamento e fotossensibilidade, requerendo dias de maiores horas-luz para o não florescimento, visto que é um genótipo com inexpressível produção de grãos (Caraffa et al., 2017). Os genótipos experimentais surgem como uma alternativa alimentar interessante, devido às potenciais características agronômicas e nutricionais adequadas que devem ser testadas quanto ao processo fermentativo de qualidade, como adequado teor de MS, alta concentração de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (Fernandes et al., 2009).

O sorgo biomassa surge como um genótipo utilizado tanto para produção de forragem como para produção de açúcares e fibras (Qiu et al., 2017), além de ser uma alternativa para fornecimento de matéria-prima para o mercado de bioenergia, tanto na forma de biocombustível líquido, com produção de etanol de segunda geração, quanto na geração de energia pela queima direta da biomassa (Zegada-Lizarazu et al., 2012). Apresenta composição química adequada, elevada produtividade de biomassa seca, adaptabilidade, alto teor de fibras, além de quantidades significativas de açúcares fermentáveis, que podem ser explorados em larga escala (Santos et al., 2014).

Um dos genótipos de sorgo biomassa é o BRS 716, lançado em 2014 pela Embrapa Milho e Sorgo, apresenta alto rendimento de massa seca por unidade de área e bom valor nutricional (Souza et al., 2021). O estudo de Queiroz et al. (2022) mostra que o BRS 716 se destaca por apresentar maior potencial de rendimento por ciclo, com uma produção de 29,70 t/ha de matéria seca, enquanto o sorgo forrageiro Volumax produziu 15,90 t/ha. Possui características apropriadas para conservação na forma de silagem como adaptação a fatores ambientais adversos e concentrações adequadas de matéria seca e carboidratos solúveis (Veriato et al., 2018; Santana, et al., 2022).

Silva et al. (2021) relatam que, para o manejo do BRS 716 no semiárido, considerando sua produtividade e características nutricionais, é recomendado um espaçamento entrelinhas de plantio de 90 cm e colheita nos 160 dias após o plantio. De acordo com Monção et al. (2020), é importante conhecer a idade e altura ideal para realizar a colheita da forragem, essencial para o equilíbrio entre o rendimento da massa e o valor nutricional. À medida que a idade fisiológica da planta avança, acontecem alterações em suas estruturas que influenciarão na produtividade e no valor nutricional, podendo modificar a digestibilidade dos nutrientes.

### 2.3 Silagem e parâmetros de qualidade

A técnica de ensilagem corresponde ao armazenamento da forragem em um ambiente anaeróbico, possui como base a conservação por acidificação do material ensilado, ocorre a fermentação por meio de bactérias produtoras de ácido láctico que fazem a conversão dos carboidratos solúveis para ácidos orgânicos, viabilizando a redução do pH sendo um parâmetro importante a ser mensurado, pois inibe a atuação de microrganismos do gênero *Clostridium* considerados prejudiciais ao processo (Neumann et al., 2010; Macêdo et al., 2019).

O processo de ensilagem é composto por quatro fases: I- fase aeróbica, II- fase de fermentação ativa, III- fase de estabilidade e IV- fase de descarga. A fase I acontece durante o período de enchimento do silo e se estende até algumas horas após seu fechamento. Nessa fase há elevada presença da concentração de oxigênio que propicia o crescimento de microrganismos aeróbicos, como algumas bactérias, fungos e leveduras. É importante que o silo esteja bem vedado para que ocorra a diminuição da concentração de O<sub>2</sub> e estimule o crescimento das bactérias produtoras de ácido láctico, mas se tiver excesso de oxigênio devido a alguma falha de compactação ou vedação, além do crescimento de bactérias prejudiciais como as do gênero *Clostridium*, pode acontecer também reação de Maillard ocasionando danos as proteínas da forragem, reduzindo sua digestibilidade e valor nutritivo do material ensilado (Rodrigues et al., 2005; Martinkoski & Vogel, 2013).

A fase II caracteriza-se pela redução acentuada do pH da silagem, visto que ocorre a formação dos ácidos orgânicos a partir da utilização dos carboidratos solúveis da planta, cujos principais microrganismos responsáveis por esse processo são as enterobactérias e as bactérias e heterofermentativas (Avelino, 2009). Na fase III, o pH ácido da silagem junto com as condições anaeróbicas conservam a silagem por tempo indeterminado até no momento da abertura do silo (Santos & Zanine, 2006). A última fase constitui a abertura do silo, conseqüentemente, o material ensilado é exposto a concentrações elevadas de O<sub>2</sub> que sob essas condições há o retorno da aerobiose que promove o desenvolvimento de microrganismos deletérios (Santos & Zanine, 2006; Avelino, 2009).

Para Bernardes et al. (2018), a produção de silagem de alta qualidade está sujeita a fatores controláveis e incontroláveis que interferem no produto, como a escolha da cultura e seu estágio de maturação, o método escolhido de colheita, o local destinado ao

armazenamento, uso de aditivos, as condições climáticas, o tipo de solo. Uma forrageira considerada ideal para ser ensilada precisa apresentar teores de matéria seca entre 25 e 38%, teores de carboidratos solúveis na matéria seca entre 6 e 8% e baixa capacidade tampão (Nussio et al., 2001; Yang et al., 2006; Kung Jr. et al., 2018).

De acordo com Muck (2010), as características primordiais avaliadas na silagem são pH, composição química, capacidade tampão, produção e concentração de ácidos orgânicos – ácido láctico, acético, propiônico e butírico, e o nitrogênio amoniacal no percentual de nitrogênio total.

Durante o processo de fermentação da ensilagem as concentrações de ácido láctico são as mais desejáveis e são produzidas por bactérias heterofermentativas e pelas bactérias ácido lácticas homofermentativas. O ácido láctico favorece a rápida redução do pH além de possuir pKa de 3,86, propiciando a redução das atividades e desenvolvimento de enterobactérias e clostrídios. Um dos ácidos indesejáveis durante esse processo é o ácido butírico produzido por bactérias do gênero *Clostridium* que causam diversas modificações desfavoráveis para as silagens, entre elas grandes perdas de matéria seca, pouca recuperação de energia da massa, o que impacta na aceitação do produto pelo animal e, conseqüentemente, seu menor consumo (Vissers et al., 2006; Pedroso, 2013; Kung Jr. et al., 2018; Oliveira, 2019).

A avaliação da composição química da silagem permite realizar um comparativo entre as características da forragem *in natura* com a forragem que foi conservada, identificando as medidas das perdas ocorridas durante o processo, caso haja diferença significativa entre a composição química dos materiais, revela que houve maiores perdas de nutrientes durante o processo fermentativo da silagem (Pahlow et al., 2003).

Outro indicador muito utilizado para avaliação das silagens é o pH, que pode revelar a qualidade da fermentação, todavia, seus valores devem ser interpretados em conjunto com outros indicadores de avaliação. Valores de pH estão relacionados com a concentração de ácidos encontrados no meio, em especial o ácido láctico (Surge et al., 2010).

A estabilidade aeróbica é um parâmetro que também deve ser adotado, ela é definida como período que a silagem permanece estável e não se deteriora depois de exposta ao ar, que pode durar horas ou até semanas. Esse tempo pode ser afetado pela qualidade da silagem, pelos teores de matéria seca, teores residuais dos ácidos láctico, acético, butírico e dos carboidratos solúveis, pela utilização de aditivos. A relação ácido



lático:ácido acético influencia a estabilidade aeróbica. O ácido acético possui características antifúngicas que promove o controle do crescimento de leveduras, auxiliando positivamente na estabilidade do material (Kung Jr., 2010; Kung Jr. et al., 2018; Chen et al., 2020).

## **2.4 Utilização de Inoculante**

Os aditivos, quando utilizados no processo de ensilagem, tem como principal finalidade auxiliar na conservação do material ensilado. Eles são classificados em categorias dependendo de sua ação, podendo ser estimulantes ou inibidores da fermentação, inibidores da degradação aeróbica ou fornecedores de nutrientes ou absorventes (McDonald et al., 1991). Para Andrade et al. (2010), a utilização de aditivos contribui positivamente na fermentação e conservação de nutrientes, desde que em concentrações adequadas, tendo como objetivo a potencialização da fermentação visando a maior preservação das características da silagem após a abertura do silo.

Kung Jr. (2003) afirma que o uso de aditivos pode inibir os crescimentos de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos, principalmente aqueles que causam instabilidade aeróbica, também inibe atividade de proteases e deaminase da planta, além de adicionar microrganismos benéficos para a fermentação e formação de um produto de qualidade, estimulando o consumo na produção animal. É importante considerar, no momento da escolha do aditivo, a disponibilidade do mesmo, seu custo de aquisição e facilidade de manuseio (Sá et al., 2007; Ferrari J. Ret al., 2009; Santos et al., 2010; Andrade et al., 2012).

Os inoculantes enzimáticos são um dos aditivos encontrados no mercado para a utilização no processo de ensilagem. Correspondem ao grupo de substâncias orgânicas de perfil protéico que potencializa reações químicas, sendo geralmente encontrados em associações com bactérias homoláticas (McCallister et al., 2001; Loures, 2004). As enzimas utilizadas no processo de fermentação aumentam a disponibilidade de substrato para as bactérias ácido lácticas, por meio da transformação de carboidratos complexos para carboidratos solúveis (Santos et al., 2010).

Quanto aos inoculantes bacterianos, eles são usados com o objetivo de aumentar a população de bactérias benéficas que contribuem no processo fermentativo da silagem, a partir do consumo de açúcares ou na produção de ácidos lático, acético e propiônico,

capazes de ampliar a estabilidade aeróbica, reduzir o pH e mitigar perdas de nutrientes (Carvalho et al., 2014; Joo et al., 2018; Battiston et al., 2020).

Existem vários tipos de inoculantes microbianos, que podem conter bactérias homoláticas, heteroláticas, ou a mistura de ambas. Inoculantes com base em bactérias homoláticas promovem aumento na produção de ácido lático e rápida redução do pH da massa ensilada, através da rápida fermentação dos carboidratos solúveis (Kung et al., 2003a). Além disso, esses microrganismos são capazes de fermentar glicose, convertendo cada molécula de açúcar em duas de ácido lático, assim ajudando na recuperação de até 100% da matéria seca e energia das silagens (Rabelo et al., 2014). Contêm na sua composição bactérias como *Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Lactococcus* (Queiroz et al., 2013).

Já as bactérias heteroláticas produzem ácido lático e ácido acético e, como consequência, reduzem o pH da massa ensilada mais lentamente (Yitbarek & Tamir, 2014). Também são capazes de produzir ácidos antifúngicos, como ácido acético e propiônico, através da fermentação de carboidratos solúveis em água (Queiroz et al., 2013), eficazes no controle de fungos e demais microrganismos deterioradores (Oude Elferink et al., 2001).

Os inoculantes bacterianos usados no processo de ensilagem também podem conter complexos enzimáticos, como celulasas, hemicelulasas e amilases, além de combinações com bactérias ácido lácticas (BALs). Esses componentes podem ajudar na digestão das fibras e amido presentes nas plantas disponibilizando substrato para proliferação de BALs, favorecendo adequada fermentação (Rabelo et al., 2014).

### 3 REFERÊNCIAS

ABDELHALIM, T. S.; KAMAL, N. M.; HASSAN, A. B. **Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench).** Food Science & Nutrition, 2019 - DOI: 10.1002/fsn3.1002

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. **Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas.** - 2010. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 2578–2588.

ANDRADE, A. P.; QUADROS, D. G.; BEZERRA, A. R. G.; ALMEIDA, J. A. R., SILVA, P. H. S.; ARAÚJO, M. A. M. **Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja.** Semina: Ciências Agrárias, 2012. 33(3), 1209-1218. doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p1209

AVELINO, P. M. **Características produtivas e qualitativas de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) para produção de silagem, cultivados sob diferentes densidades de plantio.** 56f. 2009. Dissertação Mestrado em Ciência Animal Tropical - Universidade Federal do Tocantins, 2009.

BATTISTON, J.; CAGNINI, L. F.; ROOS, A. H.; GRIEBELER, I. R. **Avaliação da composição química da silagem de milho submetida à aplicação do ácido propiônico e inoculante microbiano em diferentes períodos de fermentação.** 2020. Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste, 5, e24080-e24080.

BERNARDES, T.F.; DANIEL, J.L.P.; ADESOGAN, A.T.; MCALLISTER, T. A.; DROUIN, P.; NUSSIO, L.G.; HUHTANEN, P.; TREMBLAY, G.F.; BÉLANGER, G.; CAI, Y. **Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions.** Journal of Dairy Science, 101:5, 2018.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. D. A.; SALES, E. C. J.; JÚNIOR, V. R. R.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. **Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 9, p. 287-297, 2010. <https://doi.org/10.18512/19806477/rbms.v9n3p287-297>

BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B.; FRANÇA, F. S. **Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal.** PUBVET, v. 5, p. 1145, 2011. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v5n23.1145>

CARAFFA, M.; RIFFEL, C. T.; CARNEIRO, E.A.; ZAWACKI, M.E.; WITCZAK, G.P. **Ensaio Estadual de avaliação de genótipos de sorgo silageiro-sacarino, Três de Maio, RS, na safra 2016/17.** Anais... 45ª Reunião Técnica Anual da Pesquisa do sorgo, p. 182-185, 2017.

CARVALHO, C. B. M.; MACAMBIRA, G. M.; SANTOS, A. C. F.; OLIVEIRA, H. S. H.; SILVA, D. A.; RIBEIRO, A. G.; SILVA, G. D.; PESSOA, D. V.; MACIEL, M. S.; MARINHO, J. B. M.; SOARES, G. S. C.; SALES, T. B.; SILVA, P. H. F.; SILVA, G. K. F. **Métodos de análise da composição química e valor nutricional de alimentos para ruminantes.** Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e523101019047, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19047>

CARVALHO, A. L.; QUEIROZ, M. A. A.; SILVA, J. G. S.; VOLTOLINI, T. V. **Características fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar com maniçoba.** *Ciência Rural*, 2014. 44(1), 2078-2083. doi.org/10.1590/0103-8478cr20131471

CARVALHO, P. C. D. F.; KOZLOSKI, G. V.; NABINGER, C.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; REFFATTI, M. V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. **Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2007. 36, (1)151-170.

CHEN, S. W.; CHANG, Y. Y.; HUANG, H. Y.; KUO, S. M.; WANG, H. T. **Application of condensed molasses fermentation solubles and lactic acid bacteria in corn silage production.** *J Sci Food Agric* 100, 2020.

CECCHI, H. M. (2003). **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Campinas: Editora da Unicamp. (2), 1-207.

COSTA, R. F.; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA, V. R., JR.; TOLENTINO, D. C. **In situdegradability of dry matter and fibrous fraction of sorghum silage.** *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(2), 171-176. – 2016. doi: 10.4025/actascianimsci.v38i2.29576

\_\_\_\_ Companhia Nacional de Abastecimento. Análises de mercado agropecuário e extrativista- **Sorgo: Análise mensal agosto- 2018.** Disponível em:<[https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-sorgo/item/download/22228\\_1fa052d0018de0b8e4bd161a5d4d4e67](https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-sorgo/item/download/22228_1fa052d0018de0b8e4bd161a5d4d4e67)>. Acesso: 24 de jun. 2022.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos.** Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, Atlas, 2012.

DETMANN, E.; PALMA, M. N.; SILVA, L. F. C.; ROCHA, G. C.; RODRIGUES, J. P. P. **Métodos de Análises de Alimentos.** 2 edição. Visconde de Rio Branco, MG. Suprema, 2021.

FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; CARVALHO, G. G. P. D.; OLIVINDO, C. D. S. **Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de uréia em dois períodos de armazenamento.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 2111-2115, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100006>

FRANÇA, I. S.; SILVA, J. C. S.; LIMA, P. Q. **A importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil.** *Nutritime Revista Eletrônica*, on-line, Viçosa, v.14, n.1, p.4964-4969, jan./ fev. 2017. ISSN: 1983-9006

FARIAS, P. C. B.; BEZERRA, L. R.; SILVA, A. L.; NASCIMENTO, R. R.; AZEVEDO, F. L.; EZEQUIEL, F. L. S.; ARAÚJO, M. J.; EDVAN, R. L. **Forage sorghum production under rainfed farming in sites with and without climate restriction for maize cultivation.** *Semina: Ciências Agrárias Londrina*, v. 43, n. 2, p. 775-796, mar./abr. 2022. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v43n2p775

FERRARI JR, E.; PAULINO, V. T., POSSENTI, R. A.; LUCENAS, F. L. **Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso)**. Archivos de Zootecnia, 2009, 58(222), 185-194.

GENRO, T. C. M.; ORQUIS, M. G. **Informações básicas sobre coleta de amostras e principais análises químico - bromatológicas de alimentos destinados à produção de ruminantes**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008.

HORWITZ, W. **Official methods of analysis of AOAC International**. Gaotherburg, Md. AOAC International, 2000.

JESUS, M. A. **Efeitos do inoculante microbiano e das enzimas fibrolíticas na qualidade fermentativa e no valor nutricional da silagem de capim BRS Capião**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2021.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. **Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada**. Revista Brasileira de Zootecnia, 36, 101-119, 2007.

JOO, Y. H, KIM, D. H.; PARADHIPTA, D. H. V.; LEEL, H. J.; AMANULLAH, S. M.; KIM, S. B.; CHANG, J. S.; KIM, S. C. **Effect of microbial inoculants on fermentation quality and aerobic stability of sweet potato vine silage**. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2018. 31(12), 1897-1902. doi.org/10.5713/ajas.18.0264

KLJAK, K.; PINO, F.; HEINRICHS, A. J. **Effect of forage to concentrate ratio with sorghum silage as a source of forage on rumen fermentation, N balance, and purine derivative excretion in limit-fed dairy heifers**. Journal of Dairy Science, 2017. doi: 10.3168/jds.2016-11383

KUNG, J. R. L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. **Silage additives**. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds) Silage science and technology. Madison: American Society of Agronomy, Crop Society of America, Soil Science Society of America, p. 251-304, 2003a.

KUNG, J.R.L.; TAYLOR, C.C.; LYNCH, M.P.; NEYLON, J.M. **The effects of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows**. Journal of Dairy Science, v.86, n.1, p.336–343, 2003b.

KUNG JR., L.; SHAVER, R.D.; GRANT, R.J. E SCHMIDT, R. J. **Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages**. Journal of Dairy Science, 101, 4020-4033, 2010.

KUNG JR., L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J. E SCHMIDT, R. J. 2018. **Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages**. Journal of Dairy Science, 101, 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

LANZA, A. L. **Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS716) em diferentes épocas de 486 corte e estratégias de cobertura.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei – MG, 2017.

LOURES, D. R. S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia.** 132f. Tese – (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MACÊDO, A. J. da S.; SANTOS, E. M. **Princípios básicos para produção de silagem.** Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 22, n. 4, p. 147-156, out./dez. 2019.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F. **Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem.** 2013. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável v. 8, n. 5, p. 177 - 187, (Edição Especial) dezembro, 2013. ISSN 1981-8203

MCALLISTER, T. A.; HEISTOV, A. N.; BEAUCHEMIN, K. A; **Enzymes in ruminant diets.** En: Bedford, M. R., Partridge, G. G. *Enzymes in farm animal nutrition.* (p.273-298). Oxon: Cab International, 2001.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Microorganisms.** In: McDONALD, P. **The biochemistry of silage.** 2. ed. Aberystwyth, UK: ChalcombePublications, 1991. p. 81-152.

MENEZZES, C. B.; COELHO, A. M.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MENDES, S. M.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J. A. S. **É Possível Aumentar a Produtividade de Sorgo Granífero no Brasil?** XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: ABMS, 2018.

MIRANDA, J. E. C.; PEREIRA, J. R. **Tipos de sorgo para silagem.** In: Instrução técnica para o produtor de leite, (Embrapa Gado de Leite), 2000. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/sorgo%20instru%C3%A7%C3%A3o%20t%C3%A9cnica%20silagem.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

MONÇÃO, F. P.; COSTA, M. A. M. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; SALES, E. C. J.; LEAL, D. B.; SILVA, M. F. P.; ROCHA, V. R., JR. **Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region.** – 2020. Tropical Animal Health and Production, 52(1), 235-241. doi: 10.1007/s11250-019-02012-y

MUCK, R. E. **Silage microbiology and its control through additive.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, p. 183-191, (supl. especial) 2010.

MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; CONTRERAS-GOVEA F. E.; SANTOS, M. C.; KUNG JR., L. **Silage review: Recent advances and future uses of silage additives.** *Journal of Dairy Science*, 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13839

NASCIMENTO, R. R.; EDVAN, R. L.; FILHO, P. M. J.; RODRIGUES, J. A. S.; ARAÚJO, N. J.; SILVA, A. L.; NASCIMENTO, K. S.; SANTOS, C. O. **Identification of sorghum hybrids for silage production in the semiarid (BSh) region of North e astern Brazil.** Semina: Ciências Agrárias,

Londrina, v. 41, n. 6, p. 2803-2814, nov./dez. 2020 DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n6p2083

NETO, R. B. A.; CÂMARA, J. A. S. **Conservação de forragem: fenação e silagem**. Teresina: Embrapa Meio-Norte- Recomendações técnicas. 2000. 16p.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. **Aditivos químicos utilizados em silagens**. Pesquisa aplicada & Agrotecnologia, v. 3, n. 2, p. 187-208, 2010.

NÓBREGA, G. H.; DA SILVA, E. M. N.; DE SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. **A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino**. Revista Verde - ISSN 1981-8203. Mossoró – RN – Brasil, v.6, n.1, p. 67 - 73 janeiro/março de 2011.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. **Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho**. Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, 2001.

OLIVEIRA, I. C. M.; GUILHEN, J. H. S.; RIBEIRO, P. C. de O.; GEZAN, S. A.; SCHAFFERT, R. E.; SIMEONE, M. L. F.; DAMASCENO, C. M. B.; CARNEIRO, J. E. de S.; CARNEIRO, P. C. S.; PARRELLA, R. A. da C.; PASTINA, M. M. **Genotypeby-environment interaction and yield stability analysis of biomass sorghum hybrid using factor analytic models and environment al covariates**. Field Crops Research, v. 257, 107929, 2020.

OLIVEIRA, M. W. **Alocação da matéria seca, acúmulo de nutrientes e qualidade da forragem do híbrido de sorgo Volumax**. In: VI Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. p. 231, Viçosa – MG, 2019.

OLIVEIRA, J. S. Embrapa: silagem de milho e de sorgo para gado de leite – Módulo 4: **Avaliação e Utilização da silagem**. / Jackson Silva e Oliveira e Mirton José de Frota Morenz. – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2019. Disponível em: [http://ead.cnpqgl.embrapa.br/pluginfile.php/2503/mod\\_page/content/7/milho\\_sorgo\\_mod4\\_08\\_2020.pdf](http://ead.cnpqgl.embrapa.br/pluginfile.php/2503/mod_page/content/7/milho_sorgo_mod4_08_2020.pdf)

OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J. C.; SPOELSTRA, S. F.; FABER F.; DRIEHUIS, F. **Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri***. Applied and Environmental Microbiology, Washington, v. 67, n. 1, p. 125-132, 2001. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.1.125-132.2001>

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.;ELFERINK, S. J. W. H. O.; SPOELSTRA, S. F. **Microbiology of Ensiling. Agronomy Monographs**, 31 – 93, 2003.

PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGUAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim Pesquisa e Desenvolvimento, 41)

PARRELLA, R.A.C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

PAULA, A. D. M. **Desempenho agrônômico, bromatológico e estabilidade de sorgo silageiro em Uberlândia- MG**. Dissertação de mestrado – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 51 p, 2016.

PAZIANI, S. de F.; DE FREITAS, R. S.; DUARTE, A. P.; TICELLI, M.; SAWAZAKI, E.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B. **Sorgos “gigantes” para silagem**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 12, p. 99936-99946, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-471>

PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. **Características agrônômicas e composição química de oito híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, p. 1083–1092, 2003. <https://doi.org/10.1590/s1516-3598200300050000>

PERAZZO, A. F.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; BEZERRA, H. F. C.; SILVA, T. C.; PEREIRA, G. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Agronomic evaluation of Sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions**. Frontiers in Plant Science, 8(1), 1-8. - 2017 doi: 10.3389/fpls.2017.01088.

PEDROSO, A. F. **Princípios da produção e manejo de silagens**. 2013. Disponível em:<http://www.faemg.org.br/Web/Files/15641203163192351582172192252142252070132146.pdf>

PEREIRA, G. D. A.; PARRELLA, R. D. C.; PARRELLA, N. N. N. L. D.; SOUSA, V. F.; SCHAFFERT, R. E.; COSTA, R. K. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S; DE, BEZERRA, H. F. C.; FREITAS, P. M. D.; PERAZZO, A. F.; SILVA, A. P. G. **Sorghum cultivars of different purposes silage**. 2015. Ciência Rural, 45(2), 298-303. doi: 10.15 90/0103-8478cr20131532.

QIU, S.; YADAV, M. P.; YIN, L. **Characterization and functionalities study of hemicellulose and cellulose components isolated from sorghum bran, bagasse and biomass**. Food Chemistry, v. 230, p. 225-233, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.028>

QUEIROZ, F. E.; JUNIOR, V. R. R.; MONÇA, F. P.; RIGUIERA, J. P. S.; SILVA, F. V.; ALENCAR, A. M. S.; GOMES, V. M.; CARVALHO, C. C. S.; COSTA, M. D. **Effect of replacement of forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for dairy heifers**. Semina: Ciênc. Agrár. Londrina, v. 43, n. 1, p. 121-140, jan./fev. 2022. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v43n1p121.



QUEIROZ, F. E. **Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros - Janaúba, 2020.

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

RABELO, C. H. S., REZENDE, A. V., RABELO F. H. S., NOGUEIRA D. A., SENEDESE, S. S., VIEIRA, P. F., BERNARDES C. L., CARVALHO, A. **Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológicas e digestibilidade *in vitro***. Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 368-373, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000200028>

RECH, C. L. S.; RECH, J. L.; PIRES, A. J. V.; NUNES, G. S.; FIGUEIREDO, M. P.; XAVIER, E. G.; PINO, F. A. B.; ROLL, V. F. B.; AGUIAR, L. V.; MEIRA, A. N; COSTA, L. S. **Manual prático de análises de alimentos para animais de interesse zootécnico**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010.

ROCATELI, A.C.; RAPER, R.L.; BALKCOM, K.S.; ARRIAGA, F.J.; BRANSBY, D.I. **Biomass sorghum production and components under diferente irrigation/tillage systems for the southeastern U.S.** Industrial Crops and Products. v. 36, p. 589–598, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.007>

RODRIGUES, P. H. M.; BORGATTI, L. M. O.; GOMES, R. W.; PASSINI, R.; MEYER, P. M. **Efeito da Adição de Níveis Crescentes de Polpa Cítrica sobre a Qualidade Fermentativa e o Valor Nutritivo da Silagem de Capim Elefante**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.

SANTANA, A. S.; ALBURQUERQUE, C, J, B.; MONÇÃO, F. P.; RIGUEIRA, J. P. S.; JUNIOR, V. R. R.; PARRELLA, R. A. C.; VIEIRA, E. M.; GOMES, M. L. R.; LEAL, D. B.; LIMA, R. P. **Yield and nutritional value of sorghum genotype silages using Azospirillum brasilense in the northern region of the state of Minas Gerais**. Semina: Ciênc. Agrár. Londrina, v. 43, n. 4, p. 1721-1736, jul./ago. 2022. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v43n4p1721

SÁ, C. R. L.; NEIVA, J. N. M.; GONÇALVES, J. DE S.; CAVALCANTE, M. A. B.; LÔBO, R. N. B. **Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de adição do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.)**. Revista Ciência Agronômica, 2007. 38(2), 199-203.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. de M. **Silagem de gramíneas tropicais**. Colloquium Agrariae, v.2, n.1, p. 32-45, 2006.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RESENDE, Á. V.; OLIVEIRA, A. C.; GOMES, T. C.; OLIVEIRA, M. S. **Adubações nitrogenada e potássica no sorgo biomassa- produtividade e qualidade de fibra**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2014.

SANTOS, M. V. F.; GOMEZ CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCIA, A.; GUIM, A.; PEREZ HERNANDEZ, M. **Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais.** Archivos de Zootecnia, 2010. 59(R), 25-43. doi.org/10.21071/az.v59i232.4905

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos. Métodos químicos e biológicos.** 3ª edição. editora UFV. 235p. 2005.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA R. F.; NETO, S. G.; CABRAL, A. M. D. **Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão.** Research, Society and Development, v. 10, n. 3, e12310313172, 2021. | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>

SOUZA, I. D. A. S.; JUNIOR, V. R. R.; MONÇÃO, F. P.; PARRELLA, R. A. C.; CORDEIRO, M. W. S.; CARVALHO, C. C. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, F. V.; JÚNIOR, N. A. D. **Yield and nutritional value of biomass sorghum (BRS 716) managed in different row spacing and maturity at harvest in the semiarid region of Brazil.** Semina: Ciênc. Agrár. Londrina, v. 42, n. 6, p. 3463-3484, nov./dez. 2021 DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n6p3463

SURGE, C.; SILVEIRA, T. F.; SILVA, M. G. B.; SILVEIRA, J. P. F.; LO TIERZO, V.; NASCIMENTO JUNIOR, N. G. **Fases da fermentação no processo de ensilagem.** VI Simpósio de Ciências da UNESP – Dracena; VII Encontro de Zootecnia – UNESP Dracena, 2010.

TAVARES, Q. G.; CARVALHO, W. T. V.; PEREIRA, R. V. G.; MINIFHIN, D. C.; SILVA, L. V.; CARVALHO, C. A. O.; SILVA, A. C. G.; TEIXEIRA, L. E.; RODRIGUES, M. J. L.; MIRANDA, T. B. R.; MELO, N. N.; **Avaliação nutricional das silagens de milho e sorgo inoculadas com *Lactobacillus plantarum*.** PUBVET v.14, n.3 a536, p.1-9, Mar., 2020. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n3a536.1-9>

TEETOR, V. H.; DUCLOS, D. V.; WITTENBERG, E. T.; YOUNG, K.M.; CHAWHUAYMAK, J.; RILEY, M.R.; RAY, D.T. **Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona.** Industrial Crops and Products, v.34, p. 1293–1300, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.09.010>

VERIATO, F. T.; PIRES, D. A. A.; TOLENTINO, D. C.; ALVES, D. D.; JAYME, D. G.; MOURA, M. M. A. **Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silages.** Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 40, e34458, 2018. DOI: 10.4025/actascianimsci.v40i1.34458

VENTURINI, T. **Caracterização da silagem do sorgo forrageiro AGRI 002E e Utilização na alimentação de bovinos.** Tese, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019.

WILKINSON, J. M.; RINNE, M. **Highlights of progress in silage conservation and future perspectives.** Grass Forage Science. 2017; 1–13. DOI: 10.1111/gfs.12327.

YANG, H. Y.; WANG, X. F.; LIU, J. B.; GAO, L. J.; ISHII, M.; IGARASHI, Y. CUI, Z. J. **Effects of Water-Soluble Carbohydrate Content on Silage Fermentation of Wheat Straw.** Journal Of bioscience And bioengineering. Vol. 101, No. 3, 232–237. 2006. DOI: 10.1263/jbb.101.232

YITBAREK, M. B.; TAMIR, B. **Silage Additives: Review.** Journal of Applied Sciences. v. 4, p. 258-274, 2014. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026>

ZEGADA-LIZARAZU, W.; MONTI, A. **Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices.** Biomass and Bioenergy, v. 40, p. 1-12, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.048>

ZHANG, S.J.; CHAUDHRY, A.S.; OSMAN, A.; SHI, C.Q.; EDWARDS, G.R.; DEWHURST, R.J.; CHENG, L. 2015. **Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics.** Animal Feed Science and Technology. 206:29-38.

1 **Características agronômicas e nutricionais de genótipos de sorgo biomassa e de suas**  
2 **respectivas silagens na região semiárida**

3

4 Clara Franczy da Costa Backsmann<sup>A</sup>, Ignácio Aspiazú<sup>A</sup>, Vicente Ribeiro Rocha Júnior<sup>A</sup>, João

5 Paulo Sampaio Rigueira<sup>A</sup>, Flávio Pinto Monção<sup>A</sup>, Rafael Augusto da Costa Parella<sup>A</sup>

6

7

8 **\*Corresponding Autor:** Flávio Pinto Monção

9 Tel: +55-38-9983-8240, Fax: +55-38-3821-2756, E-mail: [moncaomoncao@yahoo.com.br](mailto:moncaomoncao@yahoo.com.br)

10 <sup>A</sup>Department of Agrarian Sciences, State University of Montes Claros, Reinaldo Viana

11 Avenue, 2630, Janaúba, Minas Gerais, Brazil

12 <sup>B</sup> INCT – Animal Science member, Brazil.

13

14 Normas da New Zealand Journal of Agricultural Research

15

16 **ORCID**

17 Flávio Pinto Monção

18 <https://orcid.org/0000-0002-9821-0107>

19 **4 CAPÍTULO 1. Características agronômicas e nutricionais de genótipos de sorgo biomassa**  
20 **e de suas respectivas silagens na região semiárida**  
21

22 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar genótipos de sorgo biomassa associados ou não à inoculante  
23 bacteriano-enzimático sobre as características agronômicas e o valor nutricional da silagem  
24 na região semiárida. Foram conduzidos dois experimentos, no primeiro foram avaliados seis  
25 genótipos de sorgo, sendo uma testemunha (forrageiro), dois comerciais (AGRI002E e BRS  
26 716) e três experimentais da EMBRAPA (202033B008, 202033B011, CMSXS7500). O  
27 experimento foi conduzido seguindo o delineamento em blocos casualizados com seis  
28 genótipos e três repetições no campo. No experimento II, foram avaliadas as silagens dos  
29 seis genótipos do experimento I, sendo conduzido seguindo o delineamento inteiramente  
30 casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis genótipos com ou sem inoculante e seis  
31 repetições. No experimento I, os sorgos biomassa foram em média 25,91% superior em  
32 altura das plantas em comparação ao sorgo forrageiro Volumax. A produção de matéria seca  
33 dos sorgos BRS 716 (média 29,70 t/ha) e AGRI002E (média 27,33 t/ha) foram 42,93%  
34 superior aos demais genótipos (média de 15,95 t/ha de MS). No experimento II as silagens  
35 de BRS 716 e 202033B011 com inoculante apresentaram maiores concentrações de ácido  
36 acético. Os genótipos com melhores respostas em produtividade e valor nutritivo das  
37 silagens foram o sorgo biomassa BRS 716 e AGRI002E.

38

39 **Palavra-chave:** AGRI002E, BRS 716, Volumax, Inoculante, *Sorghum bicolor*

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

## 56 INTRODUÇÃO

57  
58 É reconhecido e inquestionável a importância das plantas forrageiras na produção de  
59 ruminantes no Brasil. Essas plantas, na sua maioria, compostas por gramíneas (*Poaceae*) e  
60 leguminosas (*Fabaceae*), são fontes de carboidratos, nitrogênio, vitaminas e minerais para  
61 os animais ao longo do ano. Contudo, as oscilações climáticas não favorecem o acúmulo  
62 constante de forragem, o que limita a produção animal (i.e., leite e carne). No Brasil Central,  
63 a estacionalidade da produção de forragem tem duração de até seis meses. Na região  
64 semiárida do país, a falta de precipitação e umidade no solo pode chegar até 10 meses,  
65 interferindo diretamente na produção de forragem e, conseqüentemente, na produção  
66 animal da região (Cordeiro et al., 2023).

67 Para contornar os efeitos das longas estiagens, tem sido utilizadas técnicas de  
68 conservação de forragem, sendo a produção de silagem a principal estratégia. Muitas  
69 plantas forrageiras adaptadas às condições climáticas do semiárido tem sido cultivada para  
70 conservação. Dentre elas, destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) forrageiro (i.e.,  
71 Volumax) como referência no meio rural (Cordeiro et al., 2023; Hora et al., 2023). Devido ao  
72 sistema radicular profundo, capaz de extrair nutrientes e umidade do solo, o sorgo tem se  
73 destacado pela capacidade de crescer em condições de estresse hídrico e elevada  
74 temperatura como a região semiárida (Santana et al., 2022).

75 No ano de 2020, no Brasil, cerca de 817,9 mil hectares de sorgo foram cultivados com  
76 propósito de produção de grãos e forragem para alimentação animal na forma *in natura* ou  
77 silagem (Conab, 2020). No entanto, o sorgo forrageiro comumente cultivado nas fazendas do  
78 Brasil, como a cultivar Volumax, tem apresentado baixos rendimentos de massa seca (MS)  
79 anual, variando de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> (Castro et al., 2015; Almeida et al., 2019; Ramos et al.,  
80 2021) com bom valor nutricional (Ramos et al., 2021; Rigueira et al., 2021; Rabelo et al.,  
81 2021; Queiroz et al., 2022).

82 A busca por genótipos de sorgo com maior produtividade de massa tem sido o foco  
83 das instituições públicas da região semiárida para sanar o déficit quantitativo de forragem  
84 para os animais. Nesse sentido, a avaliação de diferentes genótipos de sorgo biomassa é  
85 promissora devido ao seu elevado rendimento de massa (até 50t/ha de MS) por unidade de  
86 área (Castro et al., 2015; Almeida et al., 2019; Queiroz et al., 2021; Queiroz et al., 2022). De  
87 acordo com May et al. (2015), a avaliação do desempenho de genótipos de sorgo mais

88 adaptados favorece melhor desenvolvimento da cultura, e o uso de materiais sensíveis e  
89 insensíveis ao fotoperíodo deve ser levado em consideração para escolha da época de  
90 semeadura.

91 Por se tratar de genótipos de sorgo biomassa com potencial de crescimento de até 6  
92 metros de altura, a digestibilidade da fração fibrosa pode ser comprometida pelas mudanças  
93 nas proporções de parede celular associada à lignina (Jesus et al., 2021). O uso de  
94 inoculantes bacterianos-enzimáticos pode ser uma alternativa para melhorar a  
95 digestibilidade da forragem, conforme verificado por Jesus et al. (2021) com silagem de  
96 capim-BRS-Capiaçu (*Penisetum purpureum* Schum). Enzimas fibrolíticas como hemiceluloses,  
97 xilanases e celulases associadas com bactérias ácido lácticas (BAL) são componentes dos  
98 inoculantes bacterianos-enzimáticos (Cruz, et al., 2021; Ribas et al., 2021) que contribuem  
99 para melhor conservação da forragem. De acordo com Bureenok et al. (2019), Jesus et al.  
100 (2021), Ribas et al. (2021), as enzimas presentes no inoculante cataboliza polímeros de  
101 celulose e amido à glicose. Essa glicose é utilizada pelas BAL para produção de ácido láctico,  
102 responsável pela rápida redução do pH da massa ensilada devido ao elevado poder de  
103 dissociação desse ácido.

104 Contudo, existem lacunas no conhecimento quanto às características fermentativas e  
105 nutricionais da silagem produzida a partir de diferentes genótipos associados ou não a  
106 inoculantes bacterianos-enzimáticos. A hipótese deste trabalho é que haverá genótipos com  
107 maior produtividade de massa e com bom valor nutricional para ensilagem. Ainda, o uso de  
108 inoculante poderá favorecer a conservação da massa ensilada e melhorar a disponibilidade  
109 dos nutrientes para os animais.

110 Com base no exposto, objetivou-se avaliar genótipos de sorgo biomassa associado ou  
111 não a inoculante bacteriano-enzimático sobre as características agronômicas e valor  
112 nutricional da silagem na região semiárida.

113

## 114 **MATERIAL E MÉTODOS**

115

### 116 *Animals and ethical approval*

117

118 Este estudo foi realizado em duas etapas durante o período de novembro de 2021 a  
119 julho de 2022, na Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Nova Porteirinha  
120 (coordenadas geográficas: 15°45'04.5"S 43°17'32.4"O) e na Fazenda Experimental da

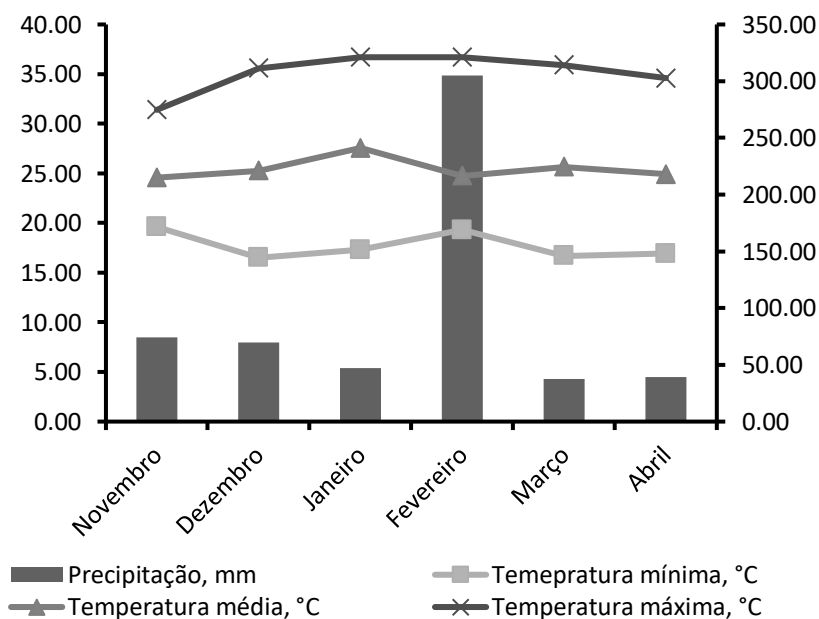
121 Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Janaúba (coordenadas geográficas:  
122 15° 52' 38" S, 43° 20' 05" W), ambas localizadas no Estado de Minas Gerais, Brasil. Todos os  
123 procedimentos de cuidado e manuseio dos animais foram aprovados pelo Comitê de Ética  
124 em Experimentação e Bem-Estar Animal da Unimontes, protocolo CEBEA-173/2018.

125

### 126 **Experimento I**

127

128 O experimento I foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo,  
129 no município de Nova Porteirinha, MG (coordenadas geográficas: 15°45'04.5"S  
130 43°17'32.4"O). De acordo com Köppen-Geiger (1928), o clima na região é do tipo BS'h com  
131 chuvas de verão e períodos de seca bem definidos no inverno. A precipitação média anual é  
132 inferior a 800 mm, com temperatura média anual de 27 °C. O clima é tropical mesotérmico,  
133 quase megatérmico, devido à altitude, subúmido e semiárido, com chuvas irregulares,  
134 ocasionando longos períodos de seca (Antunes, 1994). Os dados climáticos durante o  
135 período experimental podem ser verificados na Figura 1.



136

137 **Figura 1.** Dados climáticos durante o período experimental (2019/2020) na cidade de Nova Porteirinha-MG.  
138 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia [INMET] (2022).

139

### 140 **Tratamento, delineamento e manejo do solo**

141 Foram avaliados seis genótipos de sorgo, sendo uma testemunha (sorgo forrageiro)  
142 amplamente utilizada na região para produção de silagem, pertencente à Agrocereis



143 (Volumax), dois comerciais (AGRI002E e BRS 716) e três experimentais da EMBRAPA  
144 (202033B008, 202033B011 e CMSXS7500), previamente selecionados para produção de  
145 biomassa e energia. O experimento foi conduzido seguindo o delineamento em blocos  
146 casualizados com seis genótipos e três repetições. A área útil de cada unidade experimental  
147 foi de 2 linhas de 5 metros, por parcela, sendo consideradas como úteis para coleta das  
148 informações.

149 O solo da área experimental foi classificado como latossolo vermelho eutrófico com  
150 caráter epieutrófico na camada superficial com textura argilosa (Embrapa, 2018). As  
151 características químicas desse solo, em amostras retiradas nas camadas de 0 - 20 cm são: pH  
152 em H<sub>2</sub>O 6,2; P, K e Na em Mehlich<sup>-1</sup> de 45,8; 161, e 0,1 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente; Ca, Mg e  
153 Al extraídas em KCl 1mol L<sup>-1</sup> com valores de 1,9; 0,6 e 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente; e o  
154 H+Al com 1,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; T = 4,8 cmolc.dm<sup>-3</sup>; V = 64%. O solo foi gradeado e nivelado  
155 mecanicamente com grade acoplada ao trator (trator Massey Ferguson<sup>®</sup> 85; AGCO, Mogi  
156 das Cruzes – SP, Brasil). Durante o plantio, 250 kg/ha de fosfato monoamônico foi usado. Foi  
157 utilizada irrigação por aspersão (vazão 1,25 m<sup>3</sup>/h; 17,36 mm/h; alcance de 20 m (raio)) por 2  
158 h diariamente. O herbicida Atrazina e inseticida Engeo Pleno<sup>®</sup> foram utilizados nos controles  
159 de plantas invasoras e insetos, respectivamente.

160 As sementes dos genótipos foram semeadas manualmente, em parcelas pequenas,  
161 observando um espaçamento entrelinhas de 0,70 m. A adubação nitrogenada com uréia foi  
162 realizada aos 30 dias após a semeadura, com aplicação única de 120 kg ha<sup>-1</sup> e realizada a  
163 lanço nas entrelinhas das parcelas.

164

## 165 ***Avaliações***

### 166 *Características agronômicas*

167 O florescimento foi determinado pelo número de dias entre a data de semeadura até  
168 o estágio de 50% da antese das panículas de cada parcela. Vale ressaltar que os genótipos  
169 não foram colhidos no mesmo período. A altura de plantas foi tomada da inserção da  
170 panícula superior até o solo, medindo-se, em metros, 10 plantas por área útil de parcela,  
171 após o florescimento. Após a obtenção do peso verde de todas as plantas da área total da  
172 parcela, coletaram-se, ao acaso, 50% das plantas para serem trituradas (tamanho de  
173 partículas de 2 mm) e homogeneizadas em picadeira de forragem. Em seguida, retirou-se

174 uma amostra de 500 g para secagem em estufa de aeração forçada, à temperatura de 55°C,  
175 por 72 horas, para a determinação da porcentagem de matéria seca da forragem. O restante  
176 da amostra foi utilizado para produção de silagem. A produtividade de matéria seca foi  
177 estimada por meio do peso verde das parcelas multiplicado pela porcentagem de matéria  
178 seca. O peso médio foi transformado em t ha<sup>-1</sup>.

179

## 180 *Composição química e digestibilidade*

181 Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de  
182 malha com crivos de 1 mm de diâmetro para análises da composição química e incubação *in*  
183 *vitro*, para avaliação da digestibilidade da forragem. As amostras foram analisadas quanto  
184 aos teores de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/2),  
185 extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), e cinzas (INCT-CA M-001/2), fibra em detergente neutro  
186 (FDN; INCT-CA F-001/2) e fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/2), com as devidas  
187 correções para cinzas (INCT-CA M-002/2) e proteínas (INCT-CA N-004/2), fibra em  
188 detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-008/2), teores de compostos nitrogenados  
189 insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA), lignina (INCT-CA F-  
190 005/2) e os carboidratos não fibrosos, seguindo as recomendações descritas em Detmann et  
191 al. (2021). O teor de fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) foi  
192 calculado pela diferenciação entre a FDNcp e FDNi. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca  
193 e da fibra em detergente neutro foi determinada de acordo com metodologia descrita por  
194 Detmann et al. (2021), utilizando a incubadora *in vitro* da Tecnal® (TE-150), usando-se  
195 tecido não-tecido (TNT -100 g/m<sup>2</sup>) para confecção do saquinho para incubação (7,5 x 7,5  
196 cm). O líquido ruminal foi usado de dois animais fistulados, sendo esse líquido misturado na  
197 mesma proporção, 2/litros de inóculo ruminal por bovino. O teor de nutrientes digestíveis  
198 totais (NDT) foi estimado de acordo com NRC (2001).

199

## 200 ***Experimento II***

201

### 202 *Tratamentos e delineamento*

203 Após trituradas e homogeneizadas as plantas de cada parcela experimental, a massa  
204 de forragem fresca foi destinada à produção de silagem. Foram avaliados os seis genótipos  
205 de sorgo (Volumax; AGRI002E; BRS 716, 202033B008, 202033B011 e CMSXS7500). O

206 experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema  
207 fatorial 6 x 2, sendo seis genótipos de sorgo e ausência e presença de aplicação de  
208 inoculante enzimático-bacteriano com seis repetições.

209 Durante a ensilagem dos genótipos de sorgo, foi pulverizado o inoculante enzimático-  
210 bacteriano liofilizado (SILOTRATO®) conforme recomendação do fabricante (1 g do produto  
211 por tonelada de massa de forragem verde), o inoculante adicionado possuía em sua  
212 composição *Lactobacillus curvatus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. buchneri*, *L. lactis*,  
213 *Pediococcus acidilactici* e *Enterococcus faecium*, nas concentrações de 1010 UFC g<sup>-1</sup> e 5% de  
214 complexo enzimático à base de celulase. Todos os tratamentos receberam o mesmo volume  
215 de água desclorada (2 mL kg<sup>-1</sup>). O inoculante utilizado foi escolhido quanto à atividade  
216 enzimática e composição bacteriana, independentemente das informações do fabricante.

217

#### 218 *Produção de Silagem*

219 Para produzir a silagem, foram utilizados silos experimentais de *polyvinyl chloride*  
220 (PVC) de peso conhecido, com 60 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. O fundo dos  
221 silos continha uma camada de 10 cm de areia seca (500 g). Após a homogeneização  
222 completa da forragem, o material resultante foi depositado nos silos e compactado com um  
223 êmbolo de madeira. Os silos foram armazenados à temperatura ambiente nas instalações do  
224 Laboratório de Análise de Alimentos da UNIMONTES e, após o período de 90 dias, foram  
225 abertos para posteriores avaliações.

226

#### 227 *Estabilidade aeróbia*

228 A estabilidade aeróbica foi determinada colocando-se uma amostra de silagem  
229 (aproximadamente 3 kg) em minissilo e mantida em uma sala com temperatura ambiente  
230 controlada (24–26 °C). A temperatura da silagem foi mensurada a cada hora usando *data*  
231 *logger* colocado no centro da massa por nove dias. A temperatura ambiente também foi  
232 mensurada a cada hora por um coletor de dados colocado perto dos minissilos. A  
233 estabilidade aeróbica foi definida como o número de horas em que a temperatura da  
234 silagem permaneceu estável antes de aumentar mais de 2 °C acima da temperatura  
235 ambiente (Moran et al., 1996).

#### 236 *Perdas fermentativas*

237  
238 As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram  
239 quantificadas por diferença de peso de acordo com Jobim et al. (2007). Para a perda por  
240 efluente, foi utilizada a Equação 1.

$$241 \quad E = \frac{(Pab - Pen)}{MVfe} \times 1000$$

242 (Equação 1)

243 Em que:

244 E: produção de efluentes (kg/tonelada de massa verde); Pab: peso do conjunto  
245 (silo+tampa+areia úmida+espuma) na abertura (kg); Pen: peso do conjunto  
246 (silo+tampa+areia seca+ espuma) na ensilagem (kg); MVfe: massa verde de forragem  
247 ensilada (kg).

248 A perda de matéria seca na forma de gases foi calculada pela diferença entre o peso  
249 bruto da matéria seca ensilada inicial e final, em relação à quantidade de MS ensilada,  
250 descontados o peso do conjunto silo e areia seca, conforme a equação (2):

$$251 \quad G = [(PCen - Pen) \times MSen] - [(PCab - Pen) \times MSab] \times 100 [(PCen - Pen) \times MSen]$$

252 (Equação 2)

253 Em que:

254 G: perdas por gases (%MS); PCen: peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen: peso do  
255 conjunto (silo+tampa+areia seca+ espuma) na ensilagem (kg); MSen: teor de matéria seca da  
256 forragem na ensilagem; PCab: peso do silo cheio na abertura (kg); MSab: teor de matéria  
257 seca da forragem na abertura. A recuperação da MS para cada silo foi calculada com base no  
258 peso inicial e final nos teores de MS das forragens e silagens conforme, Jobim et al. (2007).

259

### 260 *Avaliação do pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos*

261 O nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e os ácidos orgânicos (Pryce, 1969) foram  
262 determinados nos sucos das silagens obtidos usando prensa mecânica de 20 toneladas. O N-  
263 NH<sub>3</sub> foi mensurado de acordo com Noel e Hambleton (1976). Os ácidos graxos voláteis  
264 foram determinados por cromatografia líquida (Shimadzu® Prominence System modelo 20A,  
265 Kyoto, Japão) equipado com detector UV-Vis ajustado para 210 nm, injetor automático

266 calibrado para 5 µL de volume de amostra e 300 x Coluna Rezex™ ROA-Ácido Orgânico +  
267 7,8 mm (Phenomenex) mantido a 60 °C em estufa. Os analitos foram diluídos com 2,5 mm  
268 de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a uma taxa de fluxo de 0,6 mL min<sup>-1</sup>. Padrões externos foram usados para fins  
269 quantitativos de calibração.

270

### 271 *Análise de Componentes Principais*

272 A análise de componentes principais (PCA) foi efetuada para entender melhor a  
273 natureza da relação entre as variáveis estudadas e as variáveis independentes. Para esta  
274 análise, foram consideradas todas as características estudadas. Com base na matriz de  
275 correlação entre as características, os dados foram submetidos à PCA, na qual as variáveis  
276 foram padronizadas para média igual a zero e variância igual a um. Uma matriz de correlação  
277 foi usada em vez de uma matriz de covariância (Jonhson & Wichern, 2007). O método de  
278 Kaiser (1960) foi utilizado para estabelecer quais componentes principais simplificavam  
279 melhor a variabilidade presente nos dados e quais comporiam as demais análises e  
280 interpretações.

281

### 282 ***Análises estatísticas***

#### 283 *Experimento I*

284

285 Os dados foram submetidos à análise de variância usando o procedimento GLM do  
286 SISVAR, versão 5.6 (Ferreira, 2014). O procedimento UNIVARIATE foi utilizado para detectar  
287 *outliers* ou valores influentes e examinar a normalidade dos resíduos.

288 As variáveis das características agrônômicas, composição química e digestibilidade  
289 das amostras *in natura* foram analisadas conforme o modelo:

290

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

291

Em que:

292

Y<sub>ij</sub> = valor observado para variável i em relação ao tratamento na j repetição; m =  
293 média de todas as unidades experimentais para variável em estudo;

294

t<sub>i</sub> = efeito do genótipo i no valor da observação Y<sub>ij</sub>;

295

b<sub>j</sub> = efeito do bloco j no valor da observação Y<sub>ij</sub>;

296  $e_{ij}$  = erro associado à observação  $Y_{ij}$  independente, que por hipótese tem distribuição  
297 normal com média zero e variância  $\delta^2$ .

298 Quando significativas pelo teste de F, as médias dos genótipos de sorgo foram  
299 comparadas pelo teste de Scott-knott. Para todos os procedimentos estatísticos,  $\alpha = 0,05$  foi  
300 utilizado como limite máximo tolerável para erro do tipo I.

301

## 302 *Experimento II*

303 Os dados foram analisados com modelo contendo os efeitos fixos das silagens  
304 (tratamentos). O procedimento UNIVARIATE foi utilizado para detectar *outliers* ou valores  
305 influentes e examinar a normalidade dos resíduos.

306 As variáveis referentes ao perfil fermentativo, composição química e digestibilidade  
307 das silagens foram analisadas conforme o modelo:

$$308 \quad Y_{ijk} = \mu + t_i + \text{Ino}_j + T_i \times \text{Ino}_j + e_{ijk}$$

309 Em que:

310  $Y_{ijk}$  = valor observado para variável  $i$  em relação ao tratamento e Inoculante  $j$  na  $k$   
311 repetição;  $m$  = média de todas as unidades experimentais para variável em estudo;

312  $t_i$  = efeito do tratamento  $i$  no valor da observação  $Y_{ijk}$ ;

313  $\text{Ino}_j$  = efeito do Inoculante  $j$  no valor da observação  $Y_{ijk}$ ;

314  $T_i \times \text{Ino}_j$  = efeito da interação;

315  $e_{ij}$  = erro associado a observação  $Y_{ij}$  independente, que por hipótese tem distribuição  
316 normal com média zero e variância  $\delta^2$ .

317 As médias dos genótipos e suas interações foram comparadas usando o teste de  
318 Scott-Knott a 5% de probabilidade.

319 Para análise exploratória de dados por análise de componentes principais (PCA), foi  
320 utilizado o software PAST® 4.03 (Hammer et al., 2001).

321

## 322 **RESULTADOS**

### 323 *Experimento I*

324

### 325 *Produtividade, composição química e digestibilidade*

326

327 Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos de sorgo sobre as características  
328 estruturais das plantas. O sorgo forrageiro Volumax apresentou floração média de 38 dias a  
329 menos em relação aos sorgos biomassa (média de 122 dias). Dentre os sorgos biomassa  
330 avaliados, o BRS 716 é o mais tardio quanto à floração (139 dias). Os sorgos biomassa foram  
331 em média 25,91% superior em altura das plantas em comparação ao sorgo forrageiro  
332 Volumax (média de 3,03 metros), conforme Tabela 1.

333 Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os sorgos biomassa quanto à altura das plantas  
334 (média de 4,09 metros). Os genótipos de sorgo 202033B011 e CMSXS7500 apresentaram  
335 maiores unidades de plantas acamadas. Os genótipos Volumax e 202033B008 apresentaram  
336 menores números de plantas por metro linear (média de 8,9 plantas). Os genótipos de sorgo  
337 com maior produtividade de massa verde (PMV) e produtividade de massa seca (PMS) foram  
338 o BRS 716 e AGRI002E em comparação aos demais. A PMS dos sorgos BRS 716 e AGRI002E  
339 foi 42,93% superior aos demais genótipos (média de 15,95 t/ha de MS) (Tabela 1).

340 Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os genótipos de sorgo quanto aos teores de  
341 matéria seca (MS), cinzas, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido  
342 (FDA), hemicelulose, celulose e nutrientes digestíveis totais (NDT) analisados na planta  
343 inteira *in natura* (Tabela 2). O sorgo BRS 716 apresentou menor ( $P < 0,05$ ) teor de proteína  
344 bruta em comparação aos demais. Os maiores teores de lignina foram verificados no sorgo  
345 202033B008, sendo 21,94% superiores ao sorgo forrageiro Volumax. O sorgo BRS 716  
346 apresentou maior ( $P < 0,05$ ) teor de carboidratos totais e carboidratos não fibrosos (Tabela 2).

347 **Tabela 1.** Características estruturais e produtivas de diferentes genótipos de sorgo forrageiro e biomassa cultivados na região semiárida para produção de  
 348 silagem.

| Item  | Genótipos de Sorgo |          |          |            |            |           | EPM   | P-valor |
|---|--------------------|----------|----------|------------|------------|-----------|-------|---------|
|   | Volumax            | BRS716   | AGRI002E | 202033B008 | 202033B011 | CMSXS7500 |       |         |
| Floração, dias                                | 84,00 f            | 139,00 a | 135,00 b | 92,00 e    | 110,00 d   | 134,00 c  | 0,00  | 0,01    |
| Altura, metros                                | 3,03 b             | 4,53 a   | 4,08 a   | 3,93 a     | 4,20 a     | 3,74 a    | 0,15  | 0,01    |
| Acamamento, %                                 | 0,00 d             | 5,46 c   | 7,50 b   | 4,70 c     | 10,10 a    | 10,06 a   | 16,44 | 0,01    |
| Número de plantas, metro linear               | 8,60 b             | 10,40 a  | 11,00 a  | 9,20 b     | 10,60 a    | 11,60 a   | 0,45  | 0,01    |
| Produção de matéria verde, t ha <sup>-1</sup> | 51,13 b            | 90,96 a  | 81,76 a  | 60,00 b    | 65,49 b    | 55,40 b   | 8,15  | 0,02    |
| Produção de matéria seca, t ha <sup>-1</sup>  | 13,04 b            | 30,77 a  | 25,14 a  | 16,15 b    | 19,62 b    | 15,02 b   | 2,71  | 0,01    |

349 EPM- Erro padrão da média

350 P – Probabilidade

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367



368 **Tabela 2.** Composição química e digestibilidade *in vitro* e *in situ* de diferentes genótipos de sorgo forrageiro e biomassa cultivados na região semiárida para  
 369 produção de silagem

| Item                                   | Genótipos de Sorgo            |         |          |            |            |           | EPM  | P-valor |
|--|-------------------------------|---------|----------|------------|------------|-----------|------|---------|
|  | Volumax                       | BRS716  | AGRI002E | 202033B008 | 202033B011 | CMSXS7500 |      |         |
|  | Composição química (g/kg MS)  |         |          |            |            |           |      |         |
| Matéria seca                           | 255,4                         | 320,8   | 308,5    | 268,1      | 295,9      | 269,8     | 19,2 | 0,20    |
| Cinzas                                 | 78,7                          | 53,8    | 70,9     | 71,9       | 62,6       | 68,5      | 8,5  | 0,46    |
| Proteína bruta                         | 94,4 a                        | 39,0 c  | 72,8 a   | 86,7 a     | 78,4 a     | 62,0 b    | 7,0  | 0,01    |
| FDNcp                                  | 604,1                         | 588,1   | 609,7    | 580,1      | 581,9      | 586,1     | 10,0 | 0,27    |
| FDACP                                  | 353,5                         | 367,3   | 375,4    | 348,1      | 337,7      | 341,9     | 10,8 | 0,19    |
| Hemicelulose                           | 250,5                         | 220,8   | 234,3    | 231,9      | 244,1      | 244,2     | 8,2  | 0,22    |
| Celulose                               | 164,5                         | 159,9   | 176,1    | 131,2      | 149,5      | 185,4     | 15,0 | 0,23    |
| Lignina                                | 102,8c                        | 103,9c  | 110,5b   | 131,7 a    | 67,9 d     | 100,9 c   | 9,7  | 0,02    |
| Carboidratos totais                    | 815,3 e                       | 895,7 a | 844,6 c  | 829,8 d    | 847,4 c    | 857,9 b   | 12,7 | 0,02    |
| Carboidratos não fibrosos              | 211,1 e                       | 307,5 a | 234,8 c  | 249,7 d    | 265,4 c    | 271,7 b   | 15,2 | 0,02    |
| Nutrientes digestíveis totais          | 516,7                         | 542,7   | 518,9    | 531,4      | 537,6      | 536,3     | 6,7  | 0,11    |
|  | Digestibilidade (g/kg MS)     |         |          |            |            |           |      |         |
| Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS  | 608,6 b                       | 616,2 b | 636,2 b  | 609,8 b    | 748,7 a    | 626,1 b   | 41,6 | 0,02    |
| Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN | 569,2                         | 569,5   | 606,6    | 573,0      | 646,1      | 571,8     | 25,5 | 0,27    |
| Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDA | 347,0 b                       | 369,1 b | 392,8 b  | 340,8 b    | 441,2 a    | 292,2 c   | 23,8 | 0,02    |
|  | Fração indigestível (g/kg MS) |         |          |            |            |           |      |         |
| Matéria seca                           | 198,6 b                       | 302,0 a | 281,0 a  | 196,3 b    | 251,2 a    | 166,4 b   | 21,8 | 0,01    |
| Fibra em detergente neutro             | 153,7 b                       | 235,0 a | 228,6 a  | 163,8 b    | 182,4 b    | 125,9 b   | 23,4 | 0,04    |
| Fibra em detergente ácido              | 92,2                          | 144,3 a | 148,5 a  | 91,5 b     | 140,5 a    | 71,4 b    | 23,6 | 0,01    |

370 MS – Matéria seca; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido

371 EPM- Erro padrão da média

372 P-Probabilidade

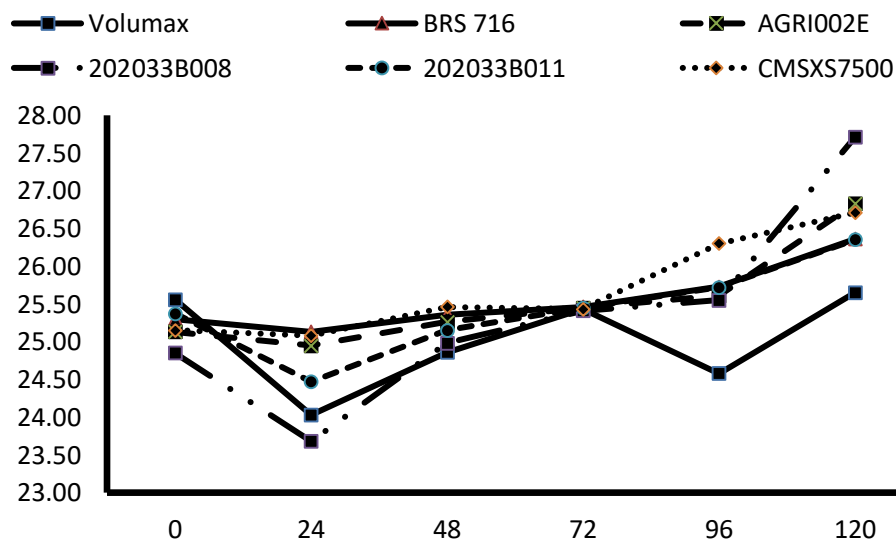
373 O sorgo 202033B011 apresentou digestibilidade *in vitro* da MS 17,28% superior aos  
 374 demais genótipos (média de 619,38 g/kg MS). Não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os  
 375 genótipos quanto à digestibilidade *in vitro* da FDN, média de 589,36 g/kg. A maior ( $P<0,01$ )  
 376 digestibilidade *in vitro* da FDA foi verificada no sorgo 202033B011. Os sorgos BRS 716,  
 377 AGRIO02E e 202033B011 apresentaram maiores frações indigestíveis da MS e FDA em  
 378 comparação aos demais genótipos, sendo as médias de 278,1 g/kg e 144,4 g/kg,  
 379 respectivamente. Os sorgos BRS 716 e AGRIO02E apresentaram maiores frações indigestíveis  
 380 da FDN, média de 231,8 g/kg (Tabela 2).

381

### 382 *Experimento II*

383

384 Não houve interação tripla dos fatores genótipos de sorgo, inoculante e tempo de  
 385 exposição aeróbia das silagens ( $P=0,55$ ). Houve interação dos fatores genótipos de sorgo e  
 386 tempo de exposição aeróbia das silagens (Figura 2). As temperaturas das silagens  
 387 aumentaram com a exposição aeróbia. A maior temperatura foi observada no genótipo  
 388 202033B008 com 120 horas de exposição aeróbia da silagem (média de 27,71°C).



389

390

391

**Figura 2-** Valores de temperatura das diferentes silagens de genótipos de sorgo durante a estabilidade aeróbia.

392 Não houve interação dos fatores genótipos de sorgo e de inoculante sobre os valores  
393 de pH ( $P=0,16$ ) e perdas por efluentes ( $P=0,34$ ) das silagens, apresentando média de 3,98 e  
394 17,88 kg por tonelada de massa verde, respectivamente. A presença do inoculante  
395 aumentou o valor de pH e reduziu em 31,51% as perdas por efluentes (Tabela 3). Houve  
396 interação ( $P<0,05$ ) dos fatores sobre os teores de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ), perdas por  
397 gases e recuperação da matéria seca. Silagens de sorgo Volumax e 202033B008  
398 apresentaram maiores concentrações de  $N-NH_3$  em relação aos demais genótipos. Na  
399 presença do inoculante, a maior concentração de  $N-NH_3$  foi verificada na silagem de sorgo  
400 Volumax. A silagem de sorgo 202033B011 com inoculante apresentou menor perda por  
401 gases. A silagem de sorgo CMSXS7500 sem inoculante apresentou menor recuperação de  
402 matéria seca (Tabela 3).

403 As silagens de sorgo Volumax e 202033B008 sem inoculante apresentaram menores  
404 concentrações de ácido málico. Foi verificado maior concentração de ácido succínico na  
405 silagem de BRS 716 com inoculante em comparação às demais (Tabela 4). Não houve  
406 interação entre os fatores genótipos de sorgo e ausência e presença de inoculante sobre o  
407 teor de ácido láctico nas silagens. O efeito isolado foi observado para os genótipos, sendo os  
408 menores valores de ácido láctico nas silagens de sorgo BRS 716 e AGRI002E, média de 2,28%  
409 da MS. As silagens de sorgo BRS 716 e 202033B011 com inoculante apresentaram maiores  
410 concentrações de ácido acético em comparação às demais silagens. Menor relação ácido  
411 láctico:acético foi constatada na silagem de sorgo 202033B008 com inoculante. Não foi  
412 observada presença de ácido butírico nas silagens. As silagens de sorgo AGRI002E com  
413 inoculante e 202033B008 sem inoculante apresentaram menores concentrações de etanol  
414 (Tabela 4).

415 **Tabela 3.** Características fermentativas da silagem produzida de diferentes genótipos de sorgo forrageiro e biomassa cultivados na região semiárida sem e  
 416 com inoculante microbiano-enzimático

| Item                          | Inoculante | Genótipos de Sorgo |          |          |            |            |           | Média   | EPM  | P-valor |       |           |
|-------------------------------|------------|--------------------|----------|----------|------------|------------|-----------|---------|------|---------|-------|-----------|
|                               |            | Volumax            | BRS716   | AGRI002E | 202033B008 | 202033B011 | CMSXS7500 |         |      | Gen     | Ino   | Gen x Ino |
| Ph                            | Sem        | 3,83               | 3,90     | 3,86     | 3,86       | 3,85       | 3,96      | 3,88 B  | 0,04 | 0,50    | <0,01 | 0,16      |
|                               | Com        | 4,23               | 4,03     | 4,16     | 3,86       | 4,35       | 3,96      | 4,07 A  |      |         |       |           |
| N-NH <sub>3</sub> , %NT       | Sem        | 13,48 Aa           | 2,41 Ab  | 2,66 Ab  | 14,69 Aa   | 4,45 Ab    | 2,81 Ab   | -       | 0,89 | <0,01   | <0,01 | <0,01     |
|                               | Com        | 15,17 Aa           | 1,83 Ab  | 3,10 Ab  | 2,56 Bb    | 2,97 Ab    | 1,13 Ab   |         |      |         |       |           |
| Perdas por gases, % MS        | Sem        | 9,85 Aa            | 7,86 Aa  | 7,74 Aa  | 7,98 Aa    | 10,19 Aa   | 7,78 Aa   | -       | 0,94 | 0,20    | 0,02  | 0,03      |
|                               | Com        | 8,57 Aa            | 6,47 Ab  | 7,84 Aa  | 9,19 Aa    | 4,64 Bb    | 6,56 Ab   | -       |      |         |       |           |
| Perdas por efluentes, kg t MV | Sem        | 24,42              | 21,34    | 17,77    | 19,53      | 26,31      | 18,03     | 21,23 A | 3,17 | 0,16    | 0,01  | 0,34      |
|                               | Com        | 9,99               | 21,22    | 14,04    | 13,92      | 17,23      | 10,86     | 14,54 B |      |         |       |           |
| Recuperação da MS, %          | Sem        | 94,10 Aa           | 88,60 Ab | 89,50 Ab | 91,34 Aa   | 87,00 Ba   | 85,33 Bb  | -       | 1,56 | 0,05    | 0,14  | 0,05      |
|                               | Com        | 91,51 Aa           | 88,15 Aa | 91,00 Aa | 90,00 Aa   | 92,30 Aa   | 91,01 Aa  | -       |      |         |       |           |

417 N-NH<sub>3</sub>—Nitrogênio amoniacal; NT - nitrogênio total; MS – Matéria seca; MV – Matéria verde

418 EPM- Erro padrão da média

419 P - Probabilidade

420

421

422

423

424

425

426 **Tabela 4.** Perfil fermentativo da silagem produzida de diferentes genótipos de sorgo forrageiro e biomassa cultivados na região semiárida sem e com  
 427 inoculante microbiano-enzimático

| Item                    | Inoculante | Genótipos de Sorgo |          |          |            |            |           | EPM  | P-valor |       |           |
|-------------------------|------------|--------------------|----------|----------|------------|------------|-----------|------|---------|-------|-----------|
|                         |            | Volumax            | BRS716   | AGRI002E | 202033B008 | 202033B011 | CMSXS7500 |      | Gen     | Ino   | Gen x Ino |
| Ácido málico, % MS      | Sem        | 6,28 Bb            | 18,05 Aa | 14,89 Ba | 8,16 Bb    | 15,47 Aa   | 14,66 Aa  | 1,44 | <0,01   | <0,01 | <0,01     |
|                         | Com        | 14,06 Aa           | 17,09 Aa | 19,27 Aa | 16,67 Aa   | 15,79 Aa   | 12,33 Aa  |      |         |       |           |
| Ácido succínico, % MS   | Sem        | 0,48 Aa            | 0,55 Ba  | 0,48 Aa  | 0,29 Ba    | 0,60 Aa    | 0,43 Aa   | 0,07 | <0,01   | <0,01 | <0,01     |
|                         | Com        | 0,55 Ab            | 1,33 Aa  | 0,66 Ab  | 0,61 Ab    | 0,47 Ab    | 0,38 Ab   |      |         |       |           |
| Ácido láctico, % MS     | Sem        | 2,60               | 2,12     | 2,47     | 2,48       | 2,61       | 2,47      | 0,08 | 0,01    | 0,71  | 0,48      |
|                         | Com        | 2,56               | 2,29     | 2,25     | 2,54       | 2,56       | 2,56      |      |         |       |           |
| Média                   |            | 2,58 a             | 2,20 b   | 2,36 b   | 2,51 a     | 2,58 a     | 2,51 a    |      |         |       |           |
| Ácido acético, % MS     | Sem        | 0,26 Bb            | 0,60 Ba  | 0,59 Aa  | 0,36 Bb    | 0,62 Ba    | 0,58 Aa   | 0,01 | <0,01   | <0,01 | <0,01     |
|                         | Com        | 0,55 Ac            | 0,69 Aa  | 0,52 Bc  | 0,63 Ab    | 0,69 Aa    | 0,56 Ac   |      |         |       |           |
| Relação Láctico:acético | Sem        | 7,11 Aa            | 3,47 Ab  | 4,17 Ab  | 6,93 Aa    | 4,18 Ab    | 4,23 Ab   | 0,26 | <0,01   | <0,01 | <0,01     |
|                         | Com        | 4,61 Ba            | 3,32 Ab  | 4,32 Aa  | 4,07 Bb    | 3,74 Ab    | 4,86 Aa   |      |         |       |           |
| Ácido butírico, % MS    | Sem        | 0                  | 0        | 0        | 0          | 0          | 0         | 0    | ns      | ns    | ns        |
|                         | Com        | 0                  | 0        | 0        | 0          | 0          | 0         |      |         |       |           |
| Etanol, % MS            | Sem        | 0,97 Aa            | 1,07 Aa  | 1,12 Aa  | 0,70 Ba    | 1,13 Aa    | 0,94 Aa   | 0,1  | 0,04    | 0,07  | <0,01     |
|                         | Com        | 0,96 Ab            | 1,37 Aa  | 0,79 Bb  | 1,25 Aa    | 1,23 Aa    | 1,01 Ab   |      |         |       |           |

428 EPM- Erro padrão da média

429 P - Probabilidade

430

431

432

433

434

435

436 **Tabela 5.** Composição química e digestibilidade *in vitro* da silagem produzida de diferentes genótipos de sorgo forrageiro e biomassa cultivados na região  
 437 semiárida sem e com inoculante microbiano-enzimático

| Item<br>(g kg MS) | Genótipos de Sorgo |          |          |            |            |           | EPM   | Inoculante |         | EPM   | P-valor |      |           |
|-------------------|--------------------|----------|----------|------------|------------|-----------|-------|------------|---------|-------|---------|------|-----------|
|                   | Volumax            | BRS716   | AGRI002E | 202033B008 | 202033B011 | CMSXS7500 |       | Sem        | Com     |       | Gen     | Ino  | Gen x Ino |
| MS                | 270,40 c           | 307,71 a | 322,2 a  | 281,98 b   | 294,10 b   | 294,10 b  | 11,80 | 281,00 b   | 302,40a | 6,80  | 0,05    | 0,05 | 0,53      |
| Cinzas            | 93,00              | 85,43    | 89,21    | 139,33     | 105,51     | 102,61    | 20,30 | 94,28      | 110,75  | 11,73 | 0,47    | 0,33 | 0,45      |
| Proteína bruta    | 73,13 a            | 33,46 d  | 45,23 c  | 66,38 a    | 55,86 b    | 49,11 c   | 3,90  | 56,08      | 51,64   | 0,22  | <0,01   | 0,17 | 0,12      |
| FDN               | 598,56 b           | 645,23 a | 651,76 a | 595,50 b   | 614,90 b   | 623,06 b  | 12,90 | 613,14     | 629,78  | 7,45  | 0,02    | 0,12 | 0,09      |
| FDA               | 355,48 b           | 410,56 a | 402,45 a | 355,23 b   | 370,45 b   | 372,41 b  | 11,06 | 370,54     | 384,98  | 6,38  | <0,01   | 0,12 | 0,12      |
| Hemicelulose      | 243,10             | 234,68   | 249,33   | 240,01     | 244,46     | 250,65    | 7,85  | 242,61     | 244,80  | 4,50  | 0,72    | 0,73 | 0,86      |
| Celulose          | 302,50             | 327,05   | 300,85   | 271,81     | 279,95     | 273,63    | 15,60 | 298,79     | 286,47  | 9,01  | 0,13    | 0,34 | 0,02      |
| Lignina           | 87,81              | 83,50    | 89,98    | 83,43      | 90,51      | 81,55     | 4,26  | 86,76      | 85,50   | 2,45  | 0,56    | 0,71 | 0,41      |
| CHTO              | 802,76             | 850,01   | 834,44   | 763,20     | 807,50     | 817,15    | 20,50 | 818,53     | 806,49  | 11,83 | 0,09    | 0,47 | 0,33      |
| CNF               | 204,20             | 204,80   | 182,66   | 167,93     | 192,58     | 194,06    | 20,60 | 205,38     | 176,70  | 11,87 | 0,80    | 0,10 | 0,32      |
| NDT               | 509,43             | 494,26   | 488,80   | 493,55     | 499,30     | 493,00    | 9,06  | 504,48     | 490,06  | 5,23  | 0,69    | 0,06 | 0,35      |
| DIVMS             | 505,81             | 486,85   | 480,01   | 485,95     | 493,15     | 491,90    | 11,31 | 499,61     | 481,61  | 6,53  | 0,70    | 0,07 | 0,34      |

438 MS – Matéria seca; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido; CHTO – Carboidratos totais; CNF – Carboidratos não fibrosos; NDT  
 439 – Nutrientes digestíveis totais; DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

440 EPM- Erro padrão da média

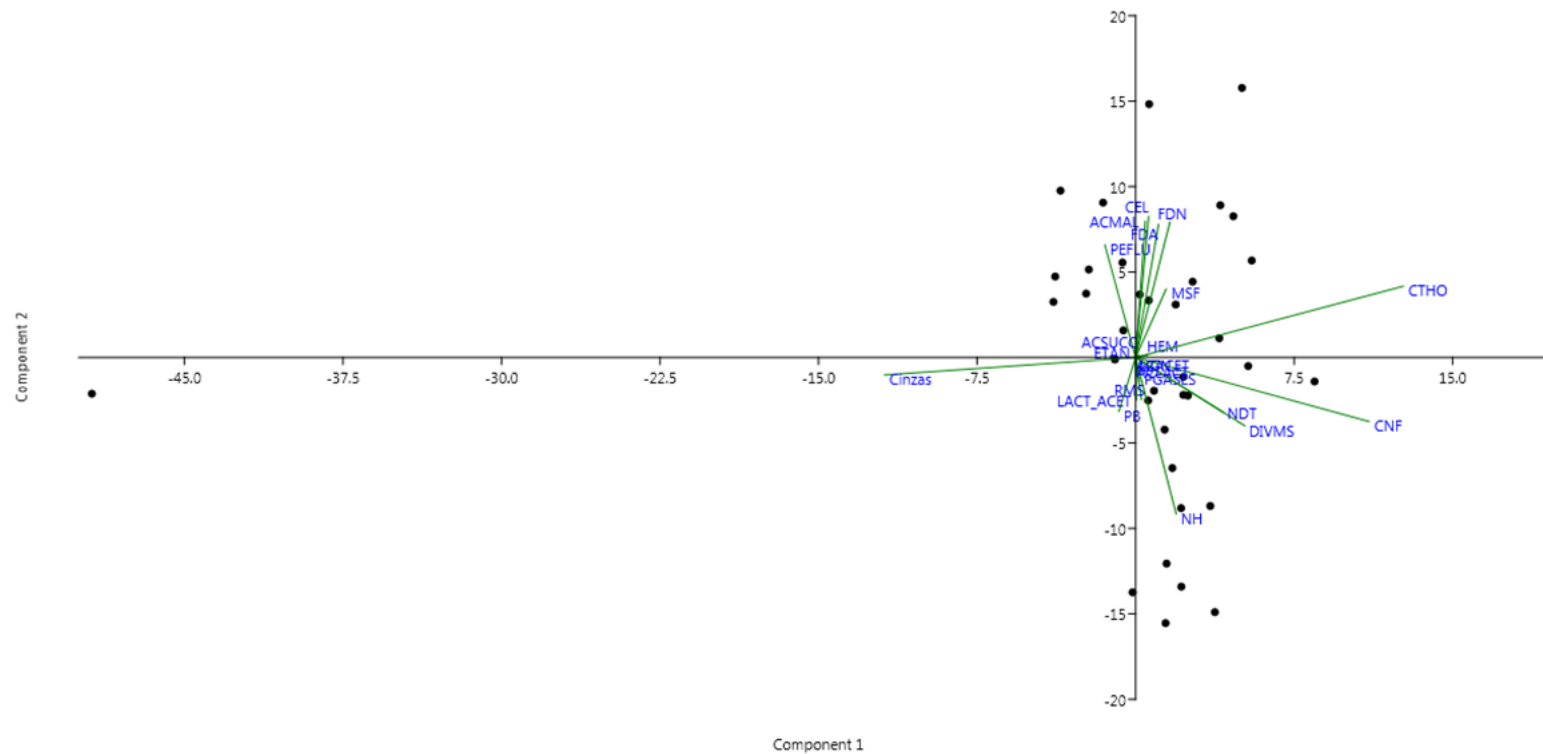
441 P – Probabilidade

442

443 Não houve interação ( $P>0,05$ ) dos fatores genótipos de sorgo e ausência e presença  
444 do inoculante sobre a composição química e digestibilidade das silagens produzidas, exceto  
445 para o teor de celulose. Por essa razão, os fatores estão apresentados isoladamente (Tabela  
446 5). Silagens de sorgo BRS 716 e AGR1002E apresentaram teor de MS 9,46% superior ( $P=0,05$ )  
447 às demais silagens (média de 285,1 g/kg de MS). Não houve diferença no teor de cinzas  
448 ( $P=0,47$ ), hemicelulose ( $P=0,72$ ), lignina ( $P=0,56$ ), carboidratos totais ( $P=0,09$ ), carboidratos  
449 não fibrosos ( $P=0,80$ ), NDT ( $P=0,69$ ) e digestibilidade *in vitro* da MS ( $P=0,69$ ) das silagens dos  
450 diferentes genótipos de sorgo, média de 294,58; 102,5; 243,70; 812,51; 191,03; 496,4 e  
451 490,61 g/kg, respectivamente. A ausência ou presença do inoculante não modificou a  
452 composição química e digestibilidade *in vitro* da MS das silagens (Tabela 5).

453 Com base na análise exploratória de dados, verifica-se que os componentes  
454 principais (CP) 1 e 2 explicam a maior variação dos resultados dentro dos tratamentos  
455 genótipos de sorgo e ausência e presença do inoculante. Foram observados oito CP com  
456 variância acima de 1%, sendo os maiores o CP 1 e CP2 que explicaram 52,49% da variação  
457 total dos resultados. Conforme a Figura 3, as variáveis carboidratos totais (0,5776) e  
458 carboidratos não fibrosos (0,5037) contribuem com maiores autovalores no CP, em seguida  
459 da digestibilidade *in vitro* da MS (0,2359) e teor de NDT (0,1889).

460



461

462 **Figura 3.** Scatterplot das componentes principais das variáveis analisadas nos diferentes genótipos de sorgo forrageiro e biomassa cultivados na região  
 463 semiárida sem e com inoculante microbiano-enzimático.



## 464 **DISCUSSÃO**

465 O sorgo forrageiro Volumax tem sido tradicionalmente cultivado na região semiárida  
466 do Brasil por diversos motivos. Dentre eles destaca-se a acessibilidade na aquisição de  
467 sementes, bem como tolerância dessa cultivar à escassez de umidade no solo (Ramos et al.,  
468 2020; Cordeiro et al., 2023; Hora et al., 2023). Contudo, tem-se observado que a cultivar  
469 Volumax apresenta baixa produtividade de massa por unidade de área em comparação aos  
470 sorgos biomassa (Ramos et al., 2021). Como a maior parte dos problemas relacionados à  
471 alimentação dos animais em regiões semiáridas é a produção quantitativa de alimentos,  
472 pesquisas têm surgido com avaliação agrônômica e nutricional dos sorgos biomassa. Nesta  
473 pesquisa foi verificado maior PMV e PMS nos sorgos biomassa BRS 716 e AGRI002E em  
474 comparação ao Volumax. A PMS dos sorgos BRS 716 e AGRI002E foram 114,37% superior à  
475 média verificada para o sorgo forrageiro Volumax (média de 13,04 t/ha).

476 Na região semiárida do Brasil, Ramos et al. (2021) constataram PMS do sorgo  
477 Volumax e BRS 716 colhidos aos 110 e 150 dias na ordem de 15,90t/ha e 29,70 t/ha,  
478 respectivamente, o que destaca o potencial forrageiro do sorgo biomassa, também  
479 observado nesta pesquisa. O sorgo Volumax tem a vantagem do menor tempo de floração  
480 em relação ao sorgo biomassa. Entretanto, o manejo da rebrota ou um novo plantio na área  
481 não justifica pela menor produtividade de MS e, possivelmente, maior custo de produção,  
482 respectivamente.

483 Quanto à composição química, constatou-se que não houve diferença no teor de MS  
484 entre os genótipos antes da ensilagem. Quando se trata de ensilar uma planta forrageira, o  
485 teor de MS foi destacado por Kung Jr et al. (2018) como importante fator que melhora a  
486 capacidade de fermentação da massa ensilada, assim como o teor de carboidratos solúveis  
487 em água e capacidade tampão da massa forrageira. Para forrageiras tropicais, os mesmos  
488 autores sugeriram uma faixa de 250 a 380 g/kg de MS como ideal para ensilagem. Nesta  
489 pesquisa, foi observado que todos os genótipos estudados apresentam potencial para  
490 ensilagem, já que alcançaram média de 300 g/kg de MS. O menor teor de proteína bruta  
491 (PB) registrado no sorgo BRS716 está relacionado a maior produtividade e proporção de  
492 fibras desse genótipo.

493 Souza et al. (2021) observaram redução no teor de PB do sorgo BRS 716 à medida  
494 que aumentou a idade de corte. Quando colhido aos 160 dias, esses autores verificaram

495 valores de PB de 4,6 % e PMS de 36,6 t/ha. O sorgo biomassa 202033B011 apresentou maior  
496 digestibilidade *in vitro* da MS e FDA devido ao menor teor de lignina. Souza et al. (2021)  
497 relataram que, no sorgo biomassa BRS 716, e Monção et al. (2020), no capim-BRS-capiaçu  
498 (*Pennisetum purpureum* Schum), à medida que aumenta o teor de lignina na planta, ocorre  
499 redução na digestibilidade da MS. Essa redução é explicada pela formação de ligações do  
500 tipo Éster entre a lignina e a hemicelulose, o que dificulta a ação dos microrganismos  
501 ruminais em degradar os carboidratos presentes nas plantas.

502 Em relação à estabilidade aeróbia das silagens, houve aumento na temperatura da  
503 silagem até 120 horas de exposição ao ar. Esse incremento é decorrente do crescimento de  
504 bactérias e, principalmente, fungos filamentosos e leveduras que catalisam os nutrientes  
505 presentes na silagem para crescimento e reprodução gerando calor (Bernades et al., 2018).  
506 De acordo com os mesmos autores, em regiões de clima quente, o controle do aumento da  
507 temperatura é difícil porque envolve multifatores que variam desde o teor de MS e tamanho  
508 de partícula da forragem no momento da ensilagem até as oscilações de temperatura  
509 ambiental durante o armazenamento. Nesta pesquisa, a silagem de sorgo 202033B008 foi a  
510 única que quebrou a estabilidade aeróbia da silagem com 120 horas. Em silagem de sorgo  
511 forrageiro armazenada por 56 dias, Diepersloot et al. (2022) constataram que a quebra da  
512 estabilidade aeróbia ocorreu após 113 horas de exposição aeróbia. A quebra pode ocorrer  
513 após 191 horas quando se utiliza inoculante bacteriano contendo cepas de *Lactobacillus*  
514 *buchneri*. Assim, a inoculação pode ser considerada essencial para a confecção da silagem de  
515 sorgo (Santos et al., 2022). Um dos fatores que justifica a quebra da estabilidade aeróbia e a  
516 conservação da silagem produzida é a produção de ácidos orgânicos.

517 As silagens de sorgo produzidas sem e com inoculante bacteriano-enzimático tiveram  
518 concentrações de ácido láctico e ácido acético adequadas para a preservação da forragem  
519 (Kung et al., 2018). Esses autores relataram que as bactérias ácido lácticas (BAL) convertem os  
520 açúcares solúveis das silagens em ácido láctico cujo pKa é 3,86, favorecendo a redução rápida  
521 do pH da massa ensilada. À medida que aumenta o tempo de armazenamento da silagem, o  
522 ácido láctico é convertido em ácido acético (Muck et al., 2018), explicando as menores  
523 concentrações observadas na silagem de sorgo Volumax, 202033B008 e 202033B011.

524 O inoculante bacteriano-enzimático utilizado contém *Lactobacillus buchneri*, e o  
525 efeito deste sobre a síntese de ácido acético na silagem após abertura pode ser observada.  
526 Silagens de sorgo BRS 716 apresentaram maiores concentrações de ácido acético. Após

527 abertura do silo, concentrações moderadas de ácido acético entre 1 e 3% da MS são  
528 desejáveis para inibir o crescimento de leveduras, resultando em maior tempo para quebra  
529 da estabilidade aeróbia da silagem. A baixa concentração de ácido acético na silagem de  
530 sorgo 202033B008 sem inoculante pode explicar a quebra precoce da estabilidade em  
531 relação aos demais tratamentos. Santos et al. (2021) avaliaram a silagem de sorgo associado  
532 com inoculante *Lactobacillus buchneri* e concluíram que o uso de inoculante reduziu a  
533 temperatura durante a exposição aeróbia da silagem e prolongou a quebra da estabilidade.

534 Não foi detectado presença de ácido butírico nas silagens avaliadas. O ácido butírico  
535 é considerado um indicador de fermentação indesejável na silagem e resulta da fermentação  
536 de algumas bactérias como espécies do gênero *Clostridium* (Kung et al., 2018).

537 Nas silagens de sorgo com inoculante, foram observadas maiores concentrações de  
538 etanol nos genótipos BRS 716, 202033B008 e 202033B011 com valores variando entre 1-  
539 1,5% da MS. Vale ressaltar que o etanol é um álcool comumente encontrado em silagens de  
540 milho e sorgo na concentração de 0,5-3% da MS. Pode ser produzido por uma variedade de  
541 bactérias, enterobactérias e leveduras e, geralmente, é baixo em planta inteira de milho,  
542 sorgo e silagens de leguminosas.

543 As silagens de sorgo BRS 716 e AGR1002E apresentam maiores valores de MS, que  
544 pode ser explicado pela maior proporção de parede celular. Kung Jr et al. (2018) afirmaram  
545 que o teor de MS de plantas forrageiras quando adequado reduz perdas por efluentes e  
546 gases. Nesta pesquisa, verificou-se que a silagem de sorgo 202033B011 com inoculante  
547 apresentou menor perda por gases. Ainda, o uso de inoculante bacteriano-enzimático  
548 reduziu em 31,51% as perdas por efluentes, o que é explicável pela melhoria no teor de MS.  
549 A colheita do sorgo Volumax na fase de floração justifica o menor teor de MS.

550 Também foram observadas nesse genótipo e na silagem de 202033B008 maiores  
551 perdas de nitrogênio expresso na forma de nitrogênio amoniacal. Segundo Van Soest (1994),  
552 maiores concentrações de nitrogênio amoniacal nas silagens são decorrentes da  
553 fermentação secundária por microrganismos específicos que atuam em microambientes  
554 favoráveis ao seu desenvolvimento no silo. Os maiores teores de nitrogênio amoniacal foram  
555 observados para as silagens de sorgo Volumax e 202033B008 com valores variando de 13,48  
556 a 15,17 % do NT. Esses valores não são considerados aceitáveis para silagem de boa  
557 qualidade. McDonald et al. (1991) recomendam concentrações de nitrogênio amoniacal  
558 inferiores a 10%.

559 Em geral, todos os genótipos de sorgo analisados apresentam potencial de cultivo na  
560 região semiárida do Brasil, com destaque para os sorgos biomassa BRS 716 e AGRIO02E  
561 devido à maior PMS. As silagens produzidas com esses genótipos com o uso de inoculante  
562 apresentaram variáveis com maiores autovalores (CP 1 e CP2) na análise exploratória. Essa  
563 visão holística das variáveis sobre a composição química e digestibilidade das silagens  
564 orienta o produtor na escolha do melhor genótipo de sorgo para ensilagem e destaca a  
565 relevância do uso de inoculantes bacteriano-enzimático.

566 A justificativa para o estudo da utilização dos inoculantes em silagem de sorgo  
567 biomassa decorre do seu potencial de uso na alimentação animal, embora seja desenvolvido  
568 para geração de energia, em razão do seu alto potencial de produção de matéria seca em  
569 comparação com outras culturas tradicionais, principalmente em condições de baixa  
570 fertilidade do solo e em locais com ocorrências de veranicos, período de estiagem  
571 acompanhado por calor intenso, forte insolação e baixa umidade relativa, característico da  
572 região semiárida (Perazzo et al.,2013; Vendruscolo et al.,2020).

573 A problemática relacionada à sazonalidade climática no semiárido, que afeta  
574 diretamente a produção de forragem, uma vez que, na estação chuvosa, são encontrados  
575 pastos em abundância e de boa qualidade, enquanto na estação seca ocorre diminuição na  
576 disponibilidade e qualidade das plantas forrageiras, impacta a produção animal local  
577 (Nóbrega et al., 2011). Assim, o uso do sorgo biomassa poderia ajudar na mitigação desse  
578 problema, já que, devido à sua alta produtividade, é uma excelente forrageira para ser  
579 utilizada na forma de silagem e fornecida aos animais no período seco do ano, comprovada  
580 pelas características adequadas de composição química e qualidade fermentativa  
581 apresentadas neste estudo.

582

## 583 **CONCLUSÃO**

584

585 Todos os genótipos de sorgo avaliados neste estudo apresentam potencial para  
586 ensilagem. Os genótipos de sorgo com melhores respostas em produtividade e com bom  
587 valor nutritivo da silagem foram os sorgos biomassa BRS 716 e AGRIO02E. Mesmo sem  
588 apresentar diferenças significativas entre o uso ou não de inoculantes, não significa que sua  
589 utilização não traga benefícios para a silagem, faz-se necessária a realização de mais

590 pesquisas para comprovar ou não a melhora no perfil fermentativo e redução de perdas  
591 fermentativas na ensilagem do sorgo.

592

## 593 **AGRADECIMENTOS**

594

595 Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais  
596 (FAPEMIG) pelo apoio financeiro da pesquisa; à Unimontes; ao Instituto Nacional de Ciência  
597 e Tecnologia (INCT); e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
598 (CNPq), pelo auxílio com bolsas de estudo. Este estudo foi financiado em parte pela  
599 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código  
600 Financeiro 001.

601

## 602 **REFERÊNCIAS**

603

604 ALMEIDA, L. G. F.; PARRELLA, R. A. C.; SIMEONE, M. L. F.; RIBEIRO, P. C. O.; SANTOS, A. S.;  
605 COSTA, A. S. V.; GUIMARÃES, A. G.; SCHAFFERT, R. E. **Composition and growth of sorghum**  
606 **biomass genotypes for ethanol production**. Biomass and Bioenergy, 2019. – DOI:  
607 10.1016/j.biombioe.2019.01.030

608

609 BERNARDES, T.F.; DANIEL, J.L.P.; ADESOGAN, A.T.; MCALLISTER, T.A.; DROUIN, P.; NUSSIO,  
610 L.G.; HUHTANEN, P.; TREMBLAY, G.F.; BÉLANGER, G.; CAI, Y. **Silage review: Unique**  
611 **challenges of silages made in hot and cold regions**. J. Dairy Sci., 2018. DOI:  
612 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13703>

613

614 CORDEIRO, M. W. S.; JÚNIOR, V. R. R.; MONÇÃO, F. P.; PALMA, M. N. N.; RIGUEIRA, J. P. S.;  
615 DA CUNHA, S. C. C.; DA COSTA, M. D.; D'ANGELO, M. F. S. V.; COSTA, N. M.; DE OLIVEIRA, L. I.  
616 S. **Tropical grass silages with spineless cactus in diets of Holstein-x-Zebu heifers in the**  
617 **semiarid region of Brazil**. Tropical Animal Health And Production, 2023. DOI:  
618 <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03506-6> 2023.

619

620 CRUZ, F. N. F.; MONÇÃO, F. P.; ROCHA, J. V. R.; ALENCAR, A. M. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; SILVA,  
621 A. F.; MIORIN, R. L.; SOARES, A. C. M.; CARVALHO, C. C. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B.  
622 **Fermentative losses and chemical composition and in vitro digestibility of corn grain silage**  
623 **rehydrated with water or acid whey combined with bacterial-enzymatic inoculant**. Semina.  
624 Ciências Agrárias (Online), V. 42, P. 3497-3514, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p3497>

625

626  
627 DETMANN, E.; SILVA, L. F. C.; ROCHA, G. C.; PALMA, M. N.; RODRIGUES, J. P. P. **Métodos para**  
628 **análise de alimentos**. 2ª Edição, 2021, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 350p.

629

630 DIEPERSLOOT, E.C.; PUPO, M.R.; GHIZZI, L.G.; GUSMÃO, G.O.; HEINZEN JR. C.; MCCARY, C.L.;  
631 WALLAU, M. O.; FERRARETTO, L. F. **Effects of Microbial Inoculation and Storage Length on**

632 **Fermentation Profile and Nutrient Composition of Whole-Plant Sorghum Silage of**  
633 **Different Varieties.** *Front. Microbiology*, 2021. 12, 1-16. DOI:  
634 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.660567>  
635  
636 DONG, M.; LI, Q.; XU, F.; WANG, S.; CHEN, J.; LI, W. **Effects of microbial inoculants on the**  
637 **fermentation characteristics and microbial communities of sweet sorghum bagasse silage.**  
638 *Scientific Reports*, 2021. 10:837. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57628-0>  
639  
640 HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P.D. **PAST: Paleontological Statistics software**  
641 **package for education and data analysis.** *Palaeontol Electronica*, 2001. 4(1), 1-9. DOI:  
642 [retrievedfromhttps://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://doi.org/10.1038/s41598-020-57628-0)  
643  
644 HORA, F. F.; ROCHA JÚNIOR, V. R. R.; MONÇÃO, F. P.; RIGUEIRA, J. P. S.; CORDEIRO, M. W. S.;  
645 CALDEIRA, L. A.; CRUZ, F. N. F.; ALENCAR, A. M. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; LEAL, D. B.;  
646 CARVALHO, C. C. S.; COSTA, M. D. 2023. **Nutritional parameters and performance of**  
647 **crossbred heifers fed with millet and BRS 716 biomass sorghum silages.** *Journal of Applied*  
648 *Animal Research*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2155172>.  
649  
650 Jesus, M. A.; Monção, F. P.; Rigueira, J. P. S.; Rocha Júnior, V. R.; Gomes, V. M.; Delvaux  
651 Junior, N. A.; Pires, D. A.; Sales, E. C. J.; Carvalho, C. C. S. e Santos, A. S. 2021. **Effects of**  
652 **microbial inoculant and fibrolytic enzymes on fermentation quality and nutritional value of**  
653 **BRS capiaçu grass silage.** *Semina: Ciências Agrárias*, 42:1837-1852. DOI: 10.5433/1679-  
654 0359.2021v42n3Supl1p1837  
655  
656 JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. **Avanços metodológicos na avaliação da**  
657 **qualidade da forragem conservada.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2007. 36:101-119. DOI:  
658 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>  
659  
660 JOHNSON, R. A. E.; WICHERN, W. D. **Applied multivariate statistical analysis** (6nd ed.) New  
661 Jersey Editora, 2007.  
662  
663 KAISER, H.F. **The application of electronic computers to factor analysis.** *Educational and*  
664 *Psychological Measurement*, 1960. 20(1), 141-151. DOI:  
665 <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>  
666  
667 KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de La tierra.** Fondo de Cultura  
668 Econômica. México, 1948.  
669  
670 KUNG JR L.; SHAVER R. D.; GRANT R. J.; SCHMIDT R. J. **Silage review: interpretation of**  
671 **chemical, microbial, and organoleptic components of silages.** *Journal Dairy Science*, 2018.  
672 101:4020–4033.  
673  
674 MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage.** 2. ed.  
675 Aberystwyth, UK: Chalcombe Publications, 1991. p. 81-152.  
676  
677 MONÇÃO, F.P.; COSTA, M. A. M. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; SALES, E. C. J.; LEAL, D. B.; SILVA, M. F.  
678 P.; GOMES, V. M.; CHAMONE, J. M. A.; ALVES, D. D.; CARVALHO, C. C. S.; MURTA, J. E. J.;

679 ROCHA JÚNIOR, V. R. **Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum***  
680 ***purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region.** Tropical Animal Health  
681 and Production, 2020. 52:235–241. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>  
682

683 MORAN, J. P.; WEINBERG, Z. G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. E.; OWEN, T. R. **Acomparison of two**  
684 **methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage.** In:  
685 International Silage Conference, 11. Aberystwyth: University of Wales Aberystwyth, p.162-  
686 163, 1996.  
687

688 MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; GOVEA, F. E. C.; SANTOS, M. C, KUNGJR.L.  
689 **Silage review: recent advances and future uses of silage additives.** Journal Dairy Science,  
690 2018. 101:3980–4000. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>  
691

692 NÓBREGA, G. H.; DA SILVA, E. M. N.; DE SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. **A produção animal**  
693 **sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino.** Revista Verde, 2011.  
694 ISSN 1981-8203. Mossoró – RN – Brasil, v.6, n.1, p. 67 – 73.  
695

696 NOEL, R. J.; HAMBLETON, L. G. **Collaborative study of a semiau to mated method for**  
697 **determination of crude protein in animal feeds.** Journal AOAC, 1976. Int. 59:134-140.  
698

699 PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. D. F.; AQUINO,  
700 M. M. D.; BEZERRA, H. F. C. **Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em**  
701 **cultivares de sorgo no semiárido.** Ciência Rural, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1590/S0103-](https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001000007)  
702 [84782013001000007](https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001000007)  
703

704 PRYCE, J.D. **A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic**  
705 **acid.** Analyst, 1969. 94:1151-1152.  
706

707 QUEIROZ, F. E.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MONÇÃO, F. P.; RIGUEIRA, J. P. S.; SILVA, F. V.;  
708 ALENCAR, A. M. S.; CORDEIRO, M. W. S.; GOMES, V. M.; CARVALHO, C. C. S; COSTA, M. D.  
709 **Effect of replacement of forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for**  
710 **dairy heifers.** Semina. Ciências Agrárias, 2021. 43:121-140. DOI:  
711 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n1p121>  
712

713 QUEIROZ, F. E.; JUNIOR, V. R. R.; MONÇÃO, F. P.; RIGUIERA, J. P. S.; SILVA, F. V.; ALENCAR, A.  
714 M. S.; GOMES, V. M.; CARVALHO, C. C. S.; COSTA, M. D. **Effect of replacement of forage**  
715 **sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for dairy heifers.** Semina: Ciências  
716 Agrárias, 2022. Londrina, v. 43, n. 1, p. 121-140, jan./fev. DOI: [https://doi.org/10.5433/1679-](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n1p121)  
717 [0359.2022v43n1p121](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n1p121).  
718

719 RAMOS, J. C. P.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MONÇÃO, F. P.; PARRELA, R. A. C.; CAXITO, A. M.;  
720 CORDEIRO, M. W. S.; HORA, F. F.; PIRES, D. A. A. **Effect of replacing forage sorghum silage**  
721 **with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein × Zebu lactating cows.** Tropical animal  
722 health and production, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02503-3>  
723

724 RIBAS, W. F. G.; MONÇÃO, F. P.; ROCHA, V. R.; MARANHÃO, C. M. A.; FERREIRA, H. C.;  
725 SANTOS, A. S.; GOMES, V. M; RIGUEIRA, J. P. S. **Effect of wilting time and enzymatic-**

726 **bacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of**  
727 **BRS capiaçu grass silage.** Revista Brasileira de Zootecnia, 2021.  
728

729 SANTANA, A. S.; ALBURQUERQUE, C. J. B.; MONÇÃO, F. P.; RIGUEIRA, J. P. S.; JUNIOR, V. R.  
730 R.; PARRELLA, R. A. C.; VIEIRA, E. M.; GOMES, M. L. R.; LEAL, D. B.; LIMA, R. P. **Yield and**  
731 **nutritional value of sorghum genotype silages using *Azospirillum brasilense* in the northern**  
732 **region of the state of Minas Gerais.** Semina: Ciências Agrárias, 2022. Londrina, v. 43, n. 4, p.  
733 1721-1736, jul./ago. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v43n4p1721  
734

735 SANTOS, A. C. P.; SANTOS, E. M.; CARVALHO, G. G. P.; PERAZZO, A. F.; ARAÚJO, M. L. G. M. L.;  
736 OLIVEIRA, J. S.; PEREIRA, G. A.; MACÊDO, A. J. S.; SÁ, W. C. C. S.; PEREIRA, D. M.  
737 **Fermentation profile, microbial populations and aerobic stability of sorghum silages**  
738 **enriched with urea and *Lactobacillus buchneri*.** New Zealand Journal of Agricultural  
739 Research, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288233.2021.2000437>  
740

741 SOUZA, I. D. A. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MONÇÃO, F. P.; PARRELLA, R. A. C.; CORDEIRO, M. W.  
742 S.; CARVALHO, C. C. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; SILVA, F. V.; DELVAUX JUNIOR, N. A. **Yield and**  
743 **nutritional value of biomass sorghum (BRS 716) managed in different row spacing and**  
744 **maturity at harvest in the semiarid region of Brazil.** Semina: Ciências Agrárias, 2021. DOI:  
745 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p346>  
746

747 TERLER, G.; RESCH, R.; GAPPMAIER, S.; GRUBER, L. **Nutritive value for ruminants of different**  
748 **fresh and ensiled sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties harvested at varying**  
749 **maturity stages.** Archives of Animal Nutrition, 2021. DOI:  
750 <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.1924016>  
751

752 VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press,  
753 1994.476 p.  
754

755 VENDRUSCOLO, T. P. S.; DA SILVA, V. P.; FELIPIN-AZEVEDO, R.; DA SILVA, R. S.; CASTRILLON,  
756 M. D. S.; CORRÊA, C. L.; BARELLI, M. A. A. **Genetic divergence in biomass sorghum**  
757 **genotypes through agronomic and physical chemical characters.** Embrapa Milho e Sorgo -  
758 Artigo em periódico indexado, 2020.  
759



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo teve como objetivo avaliar os genótipos de sorgo biomassa quanto suas características agronômicas e nutricionais das silagens associados ou não à inoculante bacteriano-enzimático. Diante das análises, todos os genótipos de sorgo avaliados apresentam potencial para ensilagem.

Os genótipos de sorgo com melhores respostas em produtividade e valor nutritivo das silagens equivalente às silagens dos demais genótipos foram o sorgo biomassa BRS 716 e AGRI002E. Durante a pesquisa, constatou-se que a utilização do inoculante reduziu as perdas fermentativas, melhorando o perfil fermentativo da silagem.

Mediante aos resultados, as silagens de sorgo biomassa é um grande potencial como fonte alimentação para ruminantes. Devido sua alta produção de matéria seca e grande potencial forrageiro o sorgo biomassa vem ganhando grande visibilidade. A utilização de inoculante na silagem promoveu maior estabilidade e reduziu as perdas fermentativas.