



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal  
BR 222, Km 04, Bairro Boa Vista, Chapadinha – MA  
Telefone (98) 3272-9902 E-mail: [ppgca@ufma.br](mailto:ppgca@ufma.br)  
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PRODUTIVAS E QUALIDADE DA  
SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO UTILIZANDO POLÍMEROS  
RETENTORES DE UMIDADE NO SOLO NA ENTRESSAFRA AGRÍCOLA**

CLOTILDE DE MORAIS COSTA NETA

CHAPADINHA-MA  
2023



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal  
BR 222, Km 04, Bairro Boa Vista, Chapadinha – MA  
Telefone (98) 3272-9902 E-mail: [ppgca@ufma.br](mailto:ppgca@ufma.br)  
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



CLOTILDE DE MORAIS COSTA NETA

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PRODUTIVAS E QUALIDADE DA SILAGEM  
DO SORGO FORRAGEIRO UTILIZANDO POLÍMEROS RETENTORES DE UMIDADE  
NO SOLO NA ENTRESSAFRA AGRÍCOLA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Ciência Animal da Universidade  
Federal do Maranhão, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestra em Ciência Animal.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Daniele de Jesus Ferreira  
Coorientador(a): Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine

CHAPADINHA-MA  
2023



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal  
BR 222, Km 04, Bairro Boa Vista, Chapadinha – MA  
Telefone (98) 3272-9902 E-mail: [ppgca@ufma.br](mailto:ppgca@ufma.br)  
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>

CLOTILDE DE MORAIS COSTA NETA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS PRODUTIVAS E  
QUALIDADE DA SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO  
UTILIZANDO POLÍMEROS RETENTORES DE UMIDADE  
NO SOLO NA ENTRESSAFRA AGRÍCOLA**

Aprovada em --/--/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Daniele de Jesus Ferreira (Orientadora)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine (Coorientador)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Dr. Fleming Sena Campos (Avaliador interno)

---

Dr. Francisco Naysson de Sousa Santos (Avaliador interno)

---

Dr. Guilherme Ribeiro Alves (Avaliador externo)



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de pós-Graduação em Ciência Animal  
BR 222, Km 04, Bairro Boa Vista, Chapadinha – MA  
Telefone (98) 3272-9902 E-mail: [ppgca@ufma.br](mailto:ppgca@ufma.br)  
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>

## **EPIGRAFE**

“Sede alegres na esperança, pacientes na tribulação e perseverantes na oração”  
Romanos 12:12

Universidade Federal do Maranhão  
Programa de pós-Graduação em Ciência Animal  
BR 222, Km 04, Bairro Boa Vista, Chapadinha – MA  
Telefone (98) 3272-9902 E-mail: [ppgca@ufma.br](mailto:ppgca@ufma.br)  
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>

Neta, Clotilde de Morais Costa.

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PRODUTIVAS E  
QUALIDADE DASILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO UTILIZANDO  
POLÍMEROS RETENTORES DE UMIDADE NO SOLO NA  
ENTRESSAFRA AGRÍCOLA /**

Clotilde de Morais Costa Neta. - 2023.

50 p.

Coorientador(a): Anderson de Moura Zanine.

Orientador(a): Daniele de Jesus Ferreira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência  
Animal/ccch, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do  
Maranhão, Chapadinha - MA, 2023.

1. Fermentação. 2. Produção. 3. Silagem de ração  
completa. 4. Sorghum bicolor. I. Ferreira, Daniele de Jesus.  
II. Zanine, Anderson de Moura. III. Título.



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de pós-Graduação em Ciência Animal  
BR 222, Km 04, Bairro Boa Vista, Chapadinha – MA  
Telefone (98) 3272-9902 E-mail: [ppgca@ufma.br](mailto:ppgca@ufma.br)  
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>

*In memoriam*

Maria das Dores Cardoso Silva

## AGRADECIMENTOS



À Deus por ser minha alegria e esperança, meu sustento em todos os momentos, meu grande amor que não passa, à Virgem Maria, minha mãezinha que sempre intercede pelos meus planos e escolhas, ao meu anjo da guarda por todo livramento e por sua proteção constante.

Agradeço à minha orientadora prof. Dra. Daniele de Jesus Ferreira e meu coordenador prof. Dr. Anderson de Moura Zanine pela oportunidade e disponibilização de me orientar.

Ao pesquisador visitante/FAPEMA Danilo Marte Pereira e DCR/CNPQ Francisco Naysson pela ajuda e apoio na realização dos experimentos e análises e correções.

À fundação de fomento CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio com bolsa de estudo durante o período do mestrado.

À toda minha família, em especial minha mãe Maria Célia Lima Costa e meu pai Osmano da Costa Filho, por toda apoio e ajuda durante esse período. À minha avó Maria do Socorro por me acolher em sua casa.

Agradeço também a minha irmã Mayanna Karlla , minha tia Maria do Socorro e minha prima Karliane Lima Costa por sempre estarem prontas pra ajudar nas minhas necessidades e ao grupo dos primos por me incentivarem.

Ao meu professor de jiu jitsu Leandro Farias, pela empatia, apoio e amizade.

Ao meu amigo Leonel Duarte pela sua amizade e ajuda durante todo o tempo.

Ao meu namorado Murillo por me apoiar e me incentivar a ser melhor.

A toda a equipe de laboratório que ajudou nas análises, em especial Mayara de Sousa, Renata Sousa, Francisca Claudia e Carlos Rodolfo. À todos os professores do Campus Chapadinha pelos ensinamentos diários. Ao Tomaz de Melo Neto por todas as caronas no decorrer do curso, obrigada.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
<i>2.1 A Cultura do sorgo</i>	<i>13</i>
<i>2.2 Sorgo na alimentação de ruminantes</i>	<i>14</i>
<i>2.3 Retentores de Umidade</i>	<i>16</i>
<i>2.4 Silagem de ração completa</i>	<i>17</i>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>19</b>
<i>3.1 Local e tratamentos</i>	<i>19</i>
<i>3.2 Plantio e adubação</i>	<i>21</i>
<i>3.3 Aplicação do polímero retentor de umidade</i>	<i>22</i>
<i>3.4 Tratos culturais</i>	<i>22</i>
<i>3.5 Avaliação das características agronômicas</i>	<i>22</i>
<i>3.6 Sanidade de grãos dos grãos e colmo da planta</i>	<i>23</i>
<i>3.7 Ensilagem</i>	<i>23</i>
<i>3.8 Perfil fermentativo</i>	<i>24</i>
<i>3.9 Perdas durante o processo fermentativo e recuperação de matéria seca</i>	<i>25</i>
<i>3.10 Estabilidade aeróbia</i>	<i>26</i>
<i>3.11 Análises bromatológicas</i>	<i>26</i>
<i>3.12 Estatística</i>	<i>27</i>
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>27</b>
<i>4.1 Avaliação agronômica</i>	<i>27</i>
<i>4.2 Qualidade das silagens</i>	<i>30</i>
<b>5 DISCUSSÃO</b>	<b>35</b>
<i>5.1 Avaliação das características agronômicas</i>	<i>35</i>
<i>5.2 Avaliação da produção de grãos de sorgo com uso de retentores de umidades no solo</i>	<i>36</i>
<i>5.3 Avaliação da sanidade dos grãos e colmo da planta</i>	<i>37</i>
<i>5.4 Qualidade das silagens</i>	<i>37</i>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>42</b>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIÇÕES



CEL = celulose  
CNF = carboidratos não fibrosos  
CT = carboidratos totais  
EE = extrato etéreo  
EPM = erro padrão da média  
FDA = fibra em detergente ácido  
FDAp = fibra em detergente ácido corrigida para proteína  
FDN = fibra em detergente neutro  
FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína  
PIDIN = Proteína insolúvel em detergente neutro  
CIDIN = cinzas indigestível em detergente neutro  
PIDA = proteína indigestível em detergente ácido  
HEM = hemicelulose  
LIG = lignina  
MS = matéria seca  
MM = matéria mineral  
PB = proteína bruta  
CHO'S = carboidratos solúveis  
MO = matéria orgânica  
NDT = nutrientes digestíveis totais  
PB = proteína bruta  
PT = poder tampão  
PRU: polímero retentor de umidade

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Características químicas da análise de solo .....	22
<b>Tabela 2.</b> Composição percentual dos ingredientes das dietas de vaca de leite .....	24
<b>Tabela 3.</b> Composição química dos ingredientes e das dietas de vaca de leite.....	24
<b>Tabela 4.</b> Avaliação morfológica e agrônômica do sorgo forrageiro com uso de retentores de umidades no solo.....	28
<b>Tabela 5.</b> Avaliação da produção de biomassa do sorgo forrageiro com uso de retentores de umidade no solo.....	29
<b>Tabela 6</b> Avaliação da produção de grãos de sorgo com uso de retentores de umidades no solo.....	29
<b>Tabela 7.</b> Características dos grãos de sorgo com uso de retentores de umidades no solo .....	30
<b>Tabela 8.</b> Características fermentativas das silagens de sorgo forrageiro com e sem mistura concentrada.....	31
<b>Tabela 9.</b> Perdas durante o processo de ensilagem e recuperação de matéria secas das silagens.....	32
<b>Tabela 10.</b> Composição bromatológica das silagens de sorgo puro e SRC (g/kg-1).....	33

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Dados de precipitação semanal e mensal (mm) durante o período experimental.....	20
<b>Figura 2</b> Dados de temperaturas (°C) durante o período experimental.....	20
<b>Figura 3</b> Dados de umidade relativa do ar, insolação e nebulosidade durante o período experimental.....	21
<b>Figura 4</b> Valores médios do tempo de estabilidade aeróbia das silagens sem (A) e com mistura concentrada (B) quando expostas ao ar.....	36

## RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar as características agronômicas, produtivas e qualidade do sorgo forrageiro para produção de silagem, utilizando polímeros retentores de umidade no solo na entressafra agrícola. Foram realizados dois ensaios experimentais: No primeiro ensaio utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos representados pelos polímeros retentores de umidade no solo (PRU) com diferentes intervalos de hidratação: controle (sem hidratação); hidratação apenas no primeiro dia (1d); hidratação a cada cinco dias (5d); hidratação a cada dez dias (10d) e quatro repetições totalizando 16 unidades experimentais. Avaliou-se as seguintes características agronômicas: peso da planta inteira (PPI), peso de folhas vivas (PFV) e mortas (PFM), produção de folhas vivas (PRFV) e mortas (PRFM), Produção de biomassa total (PBT), relação folhas vivas e senescentes (RFVS), relação biomassa total e folhas vivas (BTFV). Determinou-se os aspectos relacionados a integridade do colmo e folha, tal como, a cor e dureza dos grãos. No segundo experimento realizou-se um esquema fatorial 4x2, submetendo os 4 tratamentos de PRU a dois tipos de silagem: silagem de sorgo de forma exclusiva e na forma de ração completa. Avaliou-se as perdas fermentativas e composição químico-bromatológica. Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para todas as variáveis da avaliação morfológica e agronômica do sorgo forrageiro, exceto para o número de folhas morta. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) para PFM e PFM com resultados superiores para os tratamentos que utilizaram os PRU (0, 5, 10 dias). Observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) de interação entre os dias de hidratação do PRU X SRC no momento da ensilagem para teores de perdas por gases e recuperação de matéria seca das silagens. Em relação as variáveis de composição bromatológica, houve efeito ( $P < 0,05$ ) de interação apenas para extrato etéreo. A utilização de polímeros retentores de umidade conferiu bons resultados nas avaliações agronômicas e produtivas do sorgo, sendo o tratamento hidratado a cada 5 dias (H5) o mais indicado segundo os resultados.

**Palavras-chave:** fermentação, produção, silagem de ração completa, *sorghum bicolor*

## GENERAL ABSTRACT

The objective was to evaluate the agronomic and productive characteristics and quality of forage sorghum for silage production, using polymers that retain moisture in the soil in the agricultural off-season. Two experimental tests were carried out: In the first test, an experimental design in randomized blocks (DRB) was used with four treatments represented by soil moisture retaining polymers (MRP) with different hydration intervals: control (without hydration); hydration only on the first day (1d); hydration every five days (5d); hydration every ten days (10d) and four repetitions totaling 16 experimental units. The following agronomic characteristics were evaluated: weight of the entire plant (WEP), weight of live (WL) and dead (WD) leaves, production of live (PRL) and dead (PRD) leaves, total biomass production (TBP), live and senescent leaves ratio (SLR), total biomass and live leaves ratio (TBLL). Aspects related to stem and leaf integrity were determined, such as grain color and hardness. In the second experiment, a 4x2 factorial scheme was carried out, submitting the 4 PRU treatments to two types of silage: sorghum silage exclusively and as a complete feed. Fermentative losses and chemical-bromatological composition were evaluated. Differences ( $P<0.05$ ) were observed for all variables of the morphological and agronomic evaluation of forage sorghum, except for the number of dead leaves. There was an effect for Weight of dead leaves/plant and production of dead leaves with superior results for the treatments that used the MRP (0d, 5d, 10d). There was an effect ( $P<0.05$ ) of interaction between the days of hydration of the MRP X CRS at the time of ensiling for gas losses (LP) and dry matter recovery (DMR) levels of the silages. Regarding the bromatological composition variables, there was an interaction effect ( $P<0.05$ ) only for EE, expressed in g/Kg of DM. It is concluded from the present study that the use of moisture-retaining polymers provided good results in the agronomic and productive evaluations of sorghum, with the hydrated treatment every 5 days (5d) being the most indicated according to the results.

**Keywords:** complete feed silage, *sorghum bicolor*, fermentation, production



## 1 INTRODUÇÃO

A fronteira agrícola do MATOPIBA é constituída pelos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia. Os biomas predominantes são Cerrado, Amazônia e Caatinga, que caracterizam-se por possuir duas estações bem definidas: período chuvoso e seco, sendo este um fator limitante para produção equilibrada de grãos e forrageiras durante todo o ano (CONCEIÇÃO, 2022).

Nesse contexto, o sorgo forrageiro apresenta-se como uma cultura promissora, devido seus mecanismos de adaptação a altas temperaturas e ao déficit hídrico (CRUZ et al., 2021). Contudo, em regiões de solos arenosos e de elevada evapotranspiração, a exemplo da região leste do Maranhão, seus mecanismos de adaptativos a seca não são suficientes para assegurar sua produção de grãos e biomassa durante a entressafra.

Dessa maneira, tem-se utilizado amplamente uma tecnologia conhecida como polímero retentor de umidade, estes são constituídos por redes poliméricas tridimensionais formada por macromoléculas que permite a absorção de quantidade significativa de água e à mantém retida dentro de sua estrutura para posterior liberação, o que proporciona maior reposição de água no solo, reduzindo os efeitos do estresse hídrico sobre a planta (BREDEMEIER et al., 2022).

Ademais, a utilização de polímeros retentores umidade podem otimizar o uso racional da água, minimizando os custos de produção na propriedade, uma vez que reduz a frequência de irrigação nas áreas de cultivo.

Contudo, o uso do polímero retentor de umidade aliado a espécies forrageiras mais resistentes ao déficit hídrico torna-se uma opção estratégica para equilibrar o fornecimento de grãos e biomassa para produção de silagem de ração completa (SRC) durante todo o ano, pois estas podem reduzir os custos das dietas utilizadas na terminação de animais, o que contribui para uma maior oferta de produtos de origem animal, como: carne e leite no mercado consumidor.

Em busca de aprimorar os conhecimentos e expandir os estudos quanto a utilização de polímeros em culturas forrageiras este estudo tem como objetivo avaliar as características agrônomicas, produtivas e nutricionais do sorgo forrageiro para produção de silagem, utilizando polímeros retentores de umidade no solo com diferentes períodos de hidratação na

entressafra agrícola.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A Cultura do sorgo**

Este cereal aparece nas estatísticas sendo o quinto cereal mais produzido no mundo, em que os três maiores produtores são Estados Unidos, Nigéria e Sudão, já o Brasil ocupa a sétima posição no ranking (FAO, 2020).

De acordo com dados do levantamento de safras da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) a produção de sorgo no Brasil atingiu 2,85 milhões de toneladas na safra 2021/2022, um aumento de 36,9% em relação à safra 2020/2021 (CONAB, 2022).

Estudando alguns híbridos de sorgo na Paraíba, Perazzo et al. (2017) relataram que a produção variou entre 9 e 17 t MS ha<sup>-1</sup>, constatando o seu potencial produtivo.

Com relação as vantagens do sorgo, ele apresenta baixa exigência hídrica, alta tolerância a ambientes secos, elevado rendimento forrageiro e baixa exigência quanto a fertilidade do solo, também apresenta boa capacidade de rebrota, permitindo colheitas futuras em uma mesmo período de crescimento (CRUZ et al., 2020). Dessa forma, essa cultura é opção viável de volumoso em regiões que apresentam longos períodos de baixa disponibilidade hídrica.

O sorgo apresenta elevada capacidade fotossintética e biomassa, diversificando assim o seu uso, desde a alimentação animal até a produção de biocombustível, demonstrando assim sua grande importância (ZHU et al., 2019). A silagem de sorgo forrageiro é utilizada por muitos produtores que visam aumentar a produtividade e manter a alimentação adequada dos animais no período mais quente, uma vez que esta cultura apresenta melhor eficiência do uso da água (FERNANDES, 2020).

A Índia se destaca como um dos maiores países produtores de grãos de sorgo do mundo, com uma área plantada, em torno de 11 milhões de ha. Os Estados Unidos lideram a produção mundial, com quase 14 milhões de t numa área de pouco mais de 3 milhões de ha. Na América do Sul, Argentina é o maior produtor, seguido pelo Brasil. A produção brasileira está crescendo rapidamente com uma área cultivada de 842,4 mil hectares e produção de 2,76 milhões de toneladas de grãos na safra 2020/21 (CONAB, 2021), podendo ainda nesta década, se igualar ou superar a posição da Argentina no Continente (RIBAS, 2008).

O sorgo tem sido apontado como um excelente substituto ao milho por apresentar menor custo de produção, alto potencial produtivo McCary et al. (2020) e maiores teores de proteína bruta no grão (MORAES et al., 2013).

É uma cultura conveniente ao processo de ensilagem, por conta de suas características fenotípicas, fácil semeadura, manejo, colheita e armazenamento, combinadas ao alto valor nutritivo e concentração de carboidratos solúveis, importantes para uma fermentação láctica bem sucedida, assim como aos rendimentos significativos de massa seca por unidade de área (NEUMANN et al., 2002; CHIEZA et al., 2008).

Se dispõe de açúcares solúveis, frutanas, teor de fibras em volta de 6%, o teor de proteína varia entre 7 a 15%, o valor energético do sorgo fica em média de 356 kcal/100g (INGREDIENTS BRASIL, 2017). Entretanto, devido ao tamanho reduzido dos grãos de sorgo, uma porcentagem grande pode passar alheia pelo sistema digestório de animais ruminantes (MARTIN; PEEL, 2013), o que reduz seu aproveitamento.

## ***2.2 Sorgo na alimentação de ruminantes***

Na tentativa de suprir o déficit nutricional dos animais, muitos criadores utilizam suplementação à base de concentrados o que acarreta em elevado incremento nos custos de produção. Nessa perspectiva, é necessário o desenvolvimento de estratégias para obter maior rendimento na produção de forragens e uma alternativa acessível para contornar o problema da escassez de alimentos no período de entressafra é a conservação de forragens na forma de silagem (QUINTINO et al., 2016).

O Brasil se destaca em primeiro lugar no ranking de 187 países em produção agropecuária, de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2021). Os rebanhos do Brasil são alimentados com pasto, pela economia e praticidade na oferta da forragem (ROCHA, et al., 2020). Devido a baixa na produção de forragem em épocas secas o planejamento e implementação de práticas voltadas à conservação de forragem, como a silagem, é uma alternativa que tem sido amplamente utilizada na alimentação de ruminantes (RIBEIRO et al., 2015, 2017).

O sorgo com suas atribuições de resistência ao déficit hídrico e acelerado crescimento é de grande importância para os sistemas de produção da bovinocultura brasileira, quando a umidade do solo é suficiente, essa cultura possui altas taxas fotossintéticas e rápida elongação de colmos, sendo dessa forma, utilizada para a produção de silagem (Buso et al., 2020). O destaque em silagens com sorgo se deve as características agrônômicas e bromatológicas, devido a produtividade elevada, composição química de alto valor nutritivo, permitindo um bom consumo pelos animais (VERIATO et al., 2018).



A fim de garantir bons resultados na produção forrageira, é importante a realização de técnicas apropriadas, como a utilização de genótipos produtivos e adaptados, manejo cultural eficiente assim como um bom arranjo espacial entre linhas (LIMA et al., 2016).

Existem diversos híbridos de sorgo no mercado, contudo nem todos atendem as exigências para produção de silagem de excelência. A digestibilidade do colmo, qualidade dos grãos, resistência a doenças, adaptabilidade ao ambiente e produção de matéria seca são preceitos que afetam a qualidade da silagem e o desempenho animal (REZENDE et al., 2011).

Em estudo de Silva et al. (2017) foi quantificada a produção de duas cultivares de sorgo (crioulo e BRS Ponta Negra) sob diferentes arranjos populacionais (1, 2 ou 3 plantas por cova) onde se concluiu que a cultivar BRS Ponta Negra apresentou os melhores resultados, e o melhor arranjo quando se utilizaram duas plantas por cova. Além disso essa variedade apresenta características interessantes como boa proporção de panículas na massa total, tolerância à toxicidade de Al e a seca, o que vem a contribuir para produção de silagens, tendo em vista o período seco.

O sorgo tem uma características inerente de apresentar teores de carboidratos solúveis maiores que os teores mínimos necessários para uma boa fermentação (NEUMANN et al., 2010). Desse modo, o excesso de carboidratos solúveis e de ácido láctico serve de substrato para o desenvolvimento e predominância de fungos filamentosos e leveduras, que em contato com o oxigênio deterioram o material ensilado (Reação de Maillard), podendo resultar em baixa estabilidade aeróbica, perdas de nutrientes e MS e nutrientes (JOBIM et al., 2007).

De modo geral, silagem de sorgo forrageiro apresenta boa composição e valor nutritivo atrativo, consequência de uma rápida queda do pH e do teor de matéria seca do material. Ocorre a queda do pH até o terceiro dia ao atingir 3,75 m, onde se estabiliza até os 60 dias (ROSA et al., 2004).

Contudo, o sorgo possui fatores antinutricionais que podem prejudicar a digestibilidade dos animais, como o tanino, substância que precipita a proteína causando efeitos adversos na sua digestibilidade (SOUZA et al., 2019). As plantas desenvolveram os fatores antinutricionais como via de proteção, reprodução e perpetuação da espécie, tornando os grãos de sorgo menos palatáveis já que no seu período de enchimento os grãos estão sujeitos a ataques de pássaros.

### ***2.3 Polímeros Retentores de Umidade***

Cada cultura consome uma quantidade de água para realizar suas atividades fisiológicas e metabólicas. A água presente na solução do solo é disponibilizada para as plantas de acordo

com a necessidade da mesma, contudo o solo necessita dos volumes pluviais, que geralmente não segue uma distribuição uniforme, tendo seu volume variado (DRANSKI, 2010).

O uso dessa tecnologia no solo tem contribuído para uma melhor germinação de sementes, melhor desenvolvimento radicular, crescimento e desenvolvimento das culturas, redução de perdas de água, de irrigação por percolação, entre outros (AZEVEDO-B et al., 2002; CÂMARA et al., 2011; NAVROSKI et al., 2015).

O polímero retentor de umidade tem sido avaliado no setor agrícola pelo seu potencial de promover a eficiência do uso de água por meio da liberação gradual da água, tornando-se importante aliado à irrigação, possibilitando que o manejo da água aconteça em intervalos maiores. No entanto, é preciso destacar que a eficiência do polímero hidrorretentor está diretamente relacionada às propriedades físicas e químicas do substrato e possivelmente a outros fatores como forma e volume do recipiente, estratégias de manejo de irrigação, entre outros aspectos (PINTO, 2016; NERES et al., 2019).

A utilização desses polímeros já vem sendo utilizada a cerca de trinta anos na agricultura, os estudos com polímeros hidrorretentores são recentes, em que muitos setores agrônômicos buscam tal tecnologia com o intuito de reduzir custos e otimizar o uso da água durante o manejo das culturas (CROUS, 2017).

Os polímeros hidrorretentores se encontram na forma natural, derivado de amido, celulose e quitosana, biodegradáveis com baixa taxa de absorção; e sintéticos, geralmente derivados de petróleo, estes apresentam alta taxa de absorção de água, entretanto uma lenta degradação o que favorece efeitos adversos ao ambiente e até mesmo ao crescimento das plantas (CHANG et al., 2021).

Alves et al. (2015) avaliou o pegamento e desenvolvimento inicial de mudas de cana-de-açúcar cultivadas em condições de estufa e concluiu que o uso de polímeros hidrorretentores contribuiu para que as mudas obtivessem maior crescimento vegetativo das mudas, influenciando positivamente no número de perfilhos.

Essa tecnologia apresenta a vantagem de reduzir a perda de umidade e nutrientes incorporados ao meio de cultivo, dessa forma o mesmo pode vir a melhorar de maneira significativa o meio em que a cultura é desenvolvida (MELO et al., 2005). Levando em consideração que as plantas absorvem pelas raízes não apenas água, mas também nutrientes, é interessante saber a capacidade desses polímeros de reservar e suprir fertilizantes também

(MELO et al., 2005).

Estes apresentam consistência quebradiça quando seco, contudo se tornam macios e elásticos depois de expandidos em água. São capazes de armazenar muitas vezes o próprio peso em água e produzem numerosos ciclos de secagem irrigação, por um longo período (MELO et al., 2005).

Muito embora, exteriormente, um polímero hidroretentor possa parecer semelhante a outro, a sua construção química e sua estrutura física podem ser diferentes, o que afeta a maneira como ele absorverá, reterá e liberará água (MORAES et al., 2001). O tempo de liberação da água varia com o tamanho das partículas e de acordo com o meio, ou seja, o clima, o solo, o tipo de planta e a qualidade da água.

Além de elevar a umidade do solo, reduzem as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes, ocasionando em uma drenagem eficaz e aeração do solo, estugando o crescimento das raízes e a parte aérea da planta. (AOUADA, 2009).

#### ***2.4 Silagem de ração completa***

A silagem é bastante utilizada para alimentação de animais nos sistemas de produção em confinamento no Brasil. É um alimento conservado por meio de fermentação anaeróbia e utilizada como um dos planos para contornar a sazonalidade de produção de forragem (CAVALCANTE et al., 2020).

Em países asiáticos, o uso de silagens de ração total é algo que tem se tornado comum entre produtores. No processo de produção, forragem, alimentos energéticos e protéicos, minerais, vitaminas e aditivos são balanceados, a fim de atender a demanda nutricional de determinado grupo de animais, e ensilados de forma conjunta (YUAN et al., 2015).

Como principais benefícios da ensilagem da SRC destacam-se: a otimização e/ou a viabilização do uso de subprodutos úmidos (ou secos); a possibilidade de utilização de um grande número de ingredientes em uma única fórmula e a incorporação de ingredientes com baixa palatabilidade (NISHINO et al., 2003; NISHINO et al., 2004; ABDOLLAHZADEH et al., 2010); a homogeneidade da ração ofertada aos animais (WEINBERG et al., 2011); e podendo-se estocar a ração por períodos longos, sendo utilizada conforme a demanda; a possibilidade de comercialização (quando estocada em unidades menores como em silos tipo fardo, bags e sacos) (WEINBERG et al., 2011; SCHMIDT et al., 2017).

O teor de matéria seca (MS) da SRC pode alterar o curso da fermentação de silagens. Por exemplo, Weinberg et al. (2011) observaram menor recuperação de MS (98,8% vs. 99,9% em

SRCensilada com maior umidade sem alterações significativas na digestibilidade *in vitro* da MS (~79%).

Hao et al. (2015) ao avaliarem teores de umidade (40, 45 ou 50%) não observaram alterações no conteúdo de PB, carboidratos solúveis, FDN e digestibilidade *in vitro* da MS. No entanto, apesar do conteúdo de proteína não ser alterado em função da umidade, é esperado que haja alterações no fracionamento proteico, em função da maior concentração de amônia geralmente observado em silagens mais úmidas (GOMES et al., 2020).

O uso de alimentos regionais em silagens de ração total pode ser uma saída para a escassez de forragem durante o ano e a fonte de uma dieta equilibrada, atentando-se para a utilização de alimentos com alto teor de MS, como palhadas, pois estas afetam as características fermentativas das silagens, que podem ser melhoradas com o uso de aditivos (YUAN et al., 2017).

Países onde as áreas de pastagens são amplas e com eminente produção durante um período do ano, a silagem de ração total pode se tornar uma alternativa cabível e promissora. Ademais, pequenos produtores possuem dificuldades em formular e fornecer dietas balanceadas, necessitando práticas mais simples (GUSMÃO, 2017).

Comparado a outros sistemas de alimentação convencionais, o uso das silagens de ração total pode oferecer algumas vantagens, uma vez que o alimento é oferecido aos animais de forma única e homogênea, o que reduziria custos com mão de obra diária para se misturar rações.

Comumente, as silagens de TMR contêm 40 a 60% de MS, com níveis ótimos entre 50 e 55% de MS. Entre esse período ocorre uma boa fermentação. É válido notar que, silagens de TMR com umidade excessiva tendem a apresentar maiores concentrações de ácido acético, que pode deprimir o CMS (GERLACH et al., 2021).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### ***3.1 Local e tratamentos***

O experimento foi realizado em área pertencente ao Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão – UFMA/CCCh, Campus IV no Município de Chapadinha, Região do Baixo Parnaíba, situada a 03°44'33" S de latitude, 43°21'21" W de longitude.

De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima predominante do tipo Aw- tropical úmido, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa que se estende

entre novembro e junho, e uma estação com déficit hídrico de julho a novembro. A temperatura média anual é de 27°C com temperatura máxima de 39°C e mínima de 23°C e precipitação anual média (1990-2015) de 1740 mm (NOVAIS, 2016).

O experimento teve duração de 120 dias, onde a variedade do sorgo BRS Ponta Negra se desenvolveu durante o período de 1 de Maio a 23 de Agosto. O estudo foi dividido em duas partes :

#### **Experimento I:**

O sorgo foi plantado em área experimental ,onde o delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC) e os tratamentos apresentados da seguinte forma: Controle; 0d: sorgo + polímero retentor hidratado no dia do plantio ; 5d: sorgo + polímero retentor hidratado a cada 5 dias; 10d: sorgo +polímero retentor hidratado a cada 10 dias, totalizando 4 tratamentos e 4 repetições. Nesse etapa foram coletados os dados das características agronômicas e produtivas do sorgo.

#### **Experimento II:**

Foi realizada a confecção de silagem do sorgo em blocos casualizados (DBC) com esquema fatorial 4x2, onde os quatro tratamentos foram submetidos a dois tipos de silagem: sem a mistura concentrada (sorgo puro) e com a mistura concentrada (silagem de ração completa SRC).

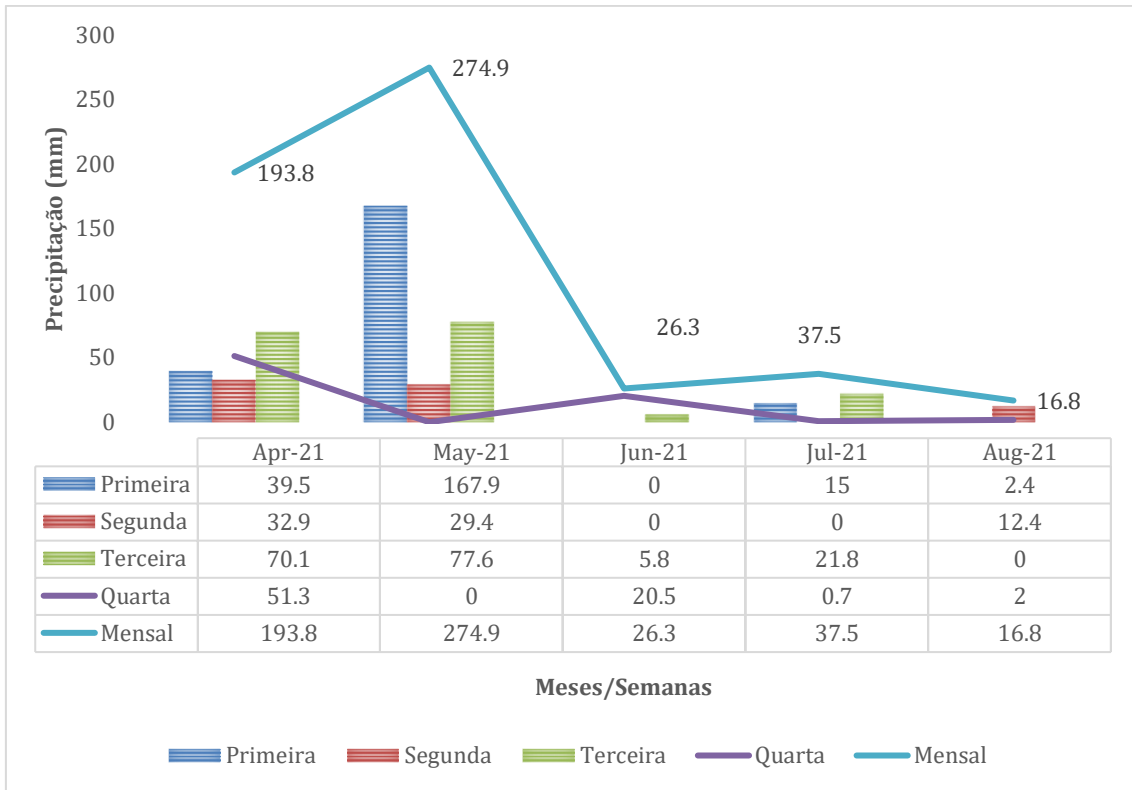


Figura 1. Dados de precipitação semanal e mensal (mm) durante o período experimental

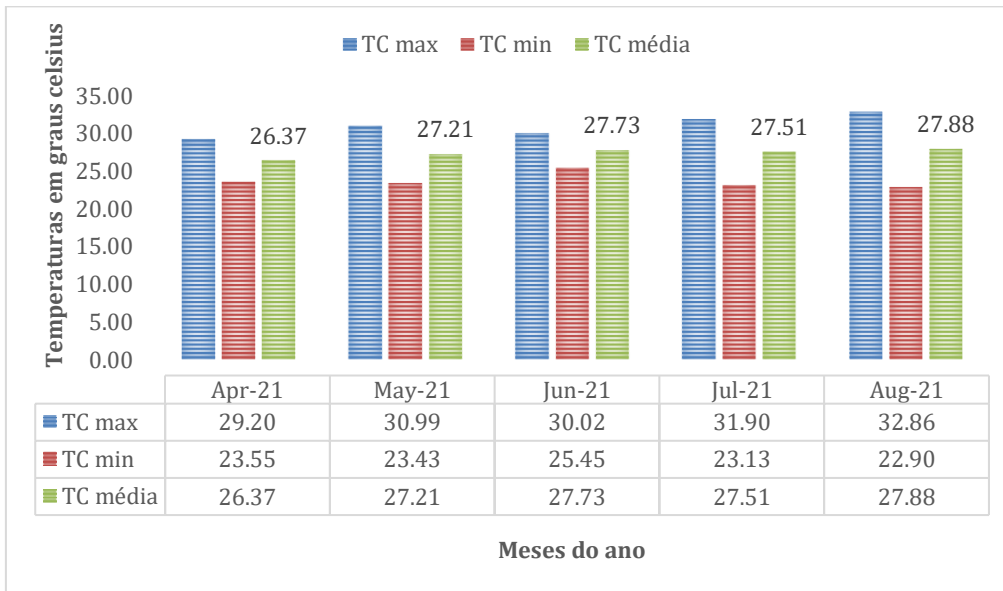
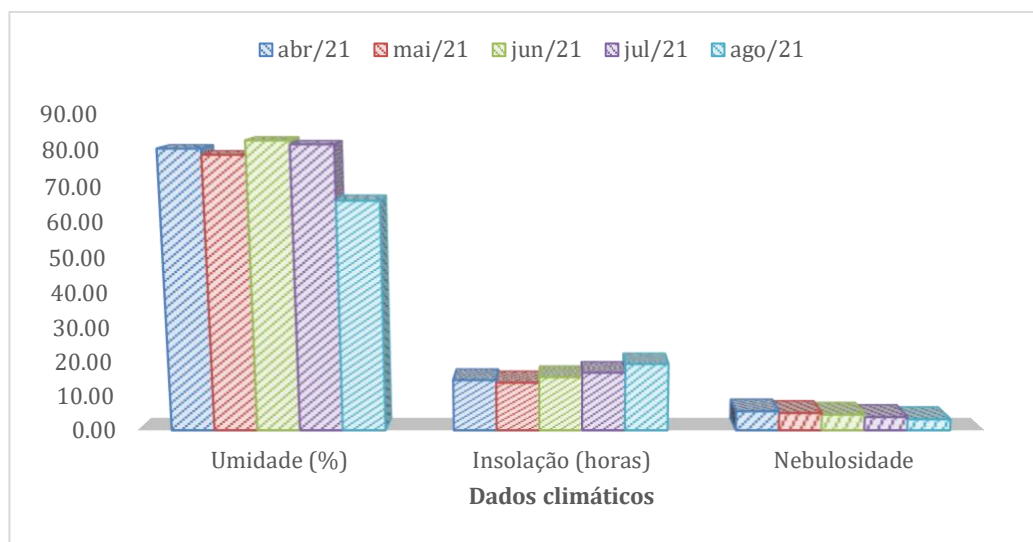


Figura 2. Dados de temperaturas (°C) durante o período experimental.



**Figura3.** Dados de umidade relativa do ar, insolação e nebulosidade durante o período experimental.

### 3.2 Plantio e adubação

O solo da área experimental é classificado como Argissolo vermelho-amarelo, com textura franco-argilosa. A área experimental corresponde a 5.000 m<sup>2</sup> (0,5 ha), onde procedeu-se a retirada de amostras de solo na camada de 0-20 cm para caracterização química e textural. A correção do solo foi realizada com calcário dolomítico, com o PRNT de 115,10%, sendo recomendado 2,3t/ha<sup>-1</sup>, quantidade recomendada para elevar a saturação de base para 60%, que é recomendada para elevar a cultura do sorgo.

A semeadura ocorreu manualmente em 1 de maio de 2021, em parcelas de 12m<sup>2</sup> (4,0 × 3,0 m), com um espaçamento de 0,6 m entre as linhas e 0,5 entre covas, obedecendo a um espaçamento entre parcelas de 1,0m e espaçamento entre blocos de 1,5m. Cada parcela foi constituída por 40 plântulas resultando em total de 640 plântulas.

A adubação de plantio de macronutrientes NPK foram realizadas de forma manual, calculadas com base na análise de solo (Tabela 1), nas recomendações e quantidades de 150kg de N ha<sup>-1</sup>, 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha e 60kg de k<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. As características granulométricas registradas foram de 70% de areia; 21% de argila e 9% de silte.

**Tabela 1.** Características químicas da análise de solo.

Ph	P	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>		Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sb	CTC	V	MO
H <sub>2</sub> O	— mg/dm <sup>3</sup> —		—————cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> —————							%	g/kg
5.0			4.03	2.19	20	0,74		1.06	5.09	28.4	0.63
	0.08	16,59	0.25								

Nota: pH: hidrogênio potencial; P: fósforo; K<sup>+</sup>: potássio; Na<sup>+</sup>: sódio; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: acidez potencial; Al<sup>3+</sup>: alumínio; Ca<sup>2+</sup>: cálcio; Mg<sup>2+</sup>: magnésio; V%: saturação base; CTC: capacidade de troca de cátion; MO: matéria orgânica; SB: soma de bases.

### 3.3 Aplicação do polímero retentor de umidade

As doses do polímero retentor de umidade foram pesadas em balança de precisão e aplicadas junto com as sementes no momento da semeadura. Para todos os tratamentos foram utilizados 5g do produto por cova. O polímero foi previamente hidratado, com auxílio uma caixa d'água de 1.000 litros, utilizando-se uma proporção de 1 litro de água para cada 5 g de polímero. A mistura foi homogeneizada até assumir a forma de gel, em seguida foi aplicado 1 litro do polímero hidratado por cova. As sementes foram acomodadas no polímero hidratado. No tratamento 0 dia o polímero foi hidratado no dia do plantio, nos tratamentos 5 dias (5d) e 10 dias (10d), o polímero foi hidratado a cada 5 dias e a cada 10 dias, respectivamente.

### 3.4 Tratos culturais

Para o controle de lagartas foi utilizado inseticida de contato, de acordo com a recomendação do fabricante. Foi realizado capinas periódicas no intuito de reduzir o crescimento de plantas daninhas. Como medida de impedir o ataque de pássaros nos grãos, as panículas foram cobertas com sacos de papel, e monitoradas até o dia da colheita.

### 3.5 Avaliação das características agronômicas

Foram selecionadas 2 plantas de cada parcela para a realização da morfogênese, totalizando 32 plantas, onde foram mensuradas a altura da planta inteira, altura da lígula, número e comprimento das folhas e número de perfilhos, com o auxílio de uma fita métrica, a cada 7 dias.

Foi realizada a colheita do sorgo 120 dias após o plantio e coletada duas plantas localizadas nas linhas centrais de cada unidade experimental para realizar análises agronômicas onde foram mensuradas as variáveis: Peso da planta inteira (kg); Peso de folhas vivas/planta (g); Peso de folhas mortas/planta (g); Produção de folhas vivas/planta (kg/ha); Produção de folhas mortas/planta (kg/ha), Produção de biomassa total (kg/ha); Relação folha viva:folhas



senescentes; Relação biomassa total:folhas vivas. Para a obtenção do peso das folhas e colmo foi utilizada uma balança digital de precisão, para peso da planta inteira uma balança digital tolerante a 15 kg e um paquímetro digital para mensurar os diâmetro do colmo e da panícula.

Para estimar a produção de biomassa foi utilizado os valores da massa de forragem aos 120 dias após plantio, Foram colhidas quatro plantas por parcela, localizadas nas linhas centrais, levando em considerando seu tamanho médio.

As amostras coletadas foram pesadas individualmente com auxílio de balança digital com peso tolerante de 15 kg, os pesos obtidos com as pesagens foram transformados para quilos de matéria verde por cova e em seguidos convertidos para 10.000 m<sup>2</sup> para obtenção da produção por hectare. Após isso, duas destas mesmas amostras foram utilizadas para as avaliações agrônômicas e duas para mensurar a produtividade.

Para mensuração da produtividade as panículas recolhidas ficaram expostas ao sol, por três dias consecutivos, onde foram contabilizado os grãos, peso da espiga com grãos, peso dos grãos, peso da panícula e peso seco da panícula.

### ***3.6 Sanidade de grãos dos grãos e colmo da planta***

Para determinar a integridade sanidade de colmo e folha foi realizada a avaliação visual a partir de notas de 1-5 onde: 1- excelente; 2- bom; 3- médio; 4- pobre; 5- ruim. Para sanidade de folhas foi sugerida as notas de 1 – 9 onde: nota 1 = altamente resistente (0%); nota 2 = resistente (1%); nota 3 = resistente (10%); nota 4 = medianamente (20%); nota 5 = medianamente susceptível (30%); nota 6 = medianamente susceptível (40%); nota 7 = susceptível (60%); nota 8 = susceptível (80%); nota 9 = altamente susceptível (>80%).

A partir da avaliação visual foi determinada a cor e dureza dos grãos em: marrom, marrom claro verde e pastoso, duro, semiduro respectivamente. Para número de grãos ardidos foram atribuídas notas onde: Nota 1 = sem grão ardidos; Nota 2 = grãos ardidos 1 a 25%; Nota 3 = grãos ardidos 25 a 50%; Nota 4 = grãos ardidos 51 a 75%; Nota 5 = grãos ardidos 76 a 100%.

### ***3.7 Ensilagem***

Para o processo de ensilagem o sorgo foi cortado a aproximadamente 20 cm do solo, quando os grãos da porção central da panícula apresentaram aspecto pastoso a farináceo. O material colhido foi processado através de uma forrageira estacionária acoplada ao trator até que fossem obtidas partículas de tamanho médio de 2,0 cm .

As silagens de ração total foram compostas por 60% de volumoso (sorgo puro) e 40% de concentrado (Tabela 2), os concentrados foram compostos por farelo de soja, milho moído,

uréia e sal mineralizado. As silagens foram formuladas para atender as exigências de vacas de leite com peso médio de 450 kg e produção média de leite: 15 litros/dia de acordo com a NRC (2001). Em seguida, a mistura foi condicionada em silos experimentais, material do silo com capacidade de 3,6 L (comprimento:191,4mm, altura:156,5mm e largura:193,6mm).

Após isso foram realizadas a mistura dos ingredientes de forma manual, durante essa etapa foram coletadas amostras da mistura in natura, para avaliação da composição química das dietas. Todos os silos experimentais foram adaptados com válvula tipo Bunsen para eliminação dos gases resultantes da fermentação. No fundo de cada silo foi adicionado 1 kg de areia seca, cuja camada foi coberta com tecido de algodão evitando o contato da silagem com a areia. Ao final deste processo, os silos foram fechados, pesados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até os momentos de abertura dos silos experimentais.

**Tabela 2.** Composição percentual dos ingredientes das dietas de vaca de leite.

Ingredientes (%)	Dietas	
	Sorgo	SRC
Milho moído	0,0	19,5
Farelo de soja	0,0	19,0
Ureia	0,0	0,5
Sal mineral	0,0	1,0
Silagem de sorgo	100,0	60

SRC: silagem de ração completa

**Tabela 3.** Composição química dos ingredientes e das dietas de vaca de leite.

Composição química (%)	Sorgo	SRC	Milho	Soja
Matéria seca	15,65	38,50	8,90	8,86
Matéria mineral	3,700	5,80	14,00	6,48
Proteína bruta	6,12	15,17	8,22	48,79
Fibra em detergente neutro	53,89	44,8	20,98	14,78
Fibra em detergente ácido	28,63	20,15	16,00	8,71
Extrato etéreo	11,58	3,20	5,34	9,40

SRC: silagem de ração completa

### 3.8 Perfil fermentativo

Os silos foram condicionados em uma sala em temperatura ambiente durante 45 dias, após esse período os mesmos foram pesados, abertos e a silagem resultante do processo fermentativo foi removida manualmente, havendo descarte das extremidades onde o material

sofreu deterioração, logo após foi homogeneizada e amostrada para avaliações quanto ao seu perfil fermentativo e composição bromatológica.

Para determinação do pH, foram coletadas subamostras de 25g para análise, às quais foram adicionados 100 mL de água destilada, e, após repouso por 1h, efetuou-se a leitura do pH, utilizando-se um potenciômetro (BOLSEN et al., 1992).

Para a determinação da capacidade tampão (CT) utilizaram-se aproximadamente 15 g de amostra macerada juntamente com 250 mL de água destilada. Com ajuda de um potenciômetro, o material foi titulado primeiro até pH 3,0 com HCL 0,1 N para liberar os bicarbonatos como dióxido de carbono. Em seguida, titulado até pH 6,0 com NaOH 0,1 N, registrando o volume gasto de NaOH para mudar o pH de 4,0 até 6,0 conforme descrito por (PLAYNE; McDONALD, 1966).

Para determinação do teor dos carboidratos solúveis em água (CHO`S) utilizou-se a metodologia proposta por Dubois et al. (1956) e adaptações de Corsato et al. (2008).

Foi realizada diluição de 800 ml de água absoluta em 200 ml de água destilada em uma proveta de 1000 ml, após foi pesado 0,050 g da amostra, adicionado em um balão volumétrico de 50 ml e completado com solução de álcool etílico a 80% até a marca, o recipiente foi vedado com papel filme, em seguida foi levado para banho-maria durante 30 minutos a 80 °C. O conteúdo foi homogeneizado e filtrado com auxílio de TNT, em seguida transferido para uma proveta de 100 ml onde o conteúdo foi completado até o limite da proveta. Após isso o extrato etanólico foi transferido para um frasco com tampa, evitando a volatilização do mesmo. Em seguida, foram retiradas alíquotas de 1 ml de extrato etanólico e transferido para tubos de ensaio com tampa rosqueável. Posteriormente, adicionou-se 0,5 ml de solução de fenol a 5% e 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Após essa pipetagem, os tubos devem ser homogeneizados com auxílio de vórtex e deixado esfriar a temperatura ambiente. Construiu-se uma curva padrão com concentrações crescentes de solução de glicose a 0,01%, (0,0015; 0,0030; 0,0045; 0,0060; 0,0075; 0,0090; 0,0105g/ml) conduzindo as leituras em espectrofotômetro a 490 nm de absorvância.

O teor de nitrogênio amoniacal como parte do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>%) foi determinado utilizando-se 15g de silagem fresca. Essa amostra foi transferida para liquidificador, juntamente com 100 mL de solução de cloreto de potássio 15% e processada durante 5 minutos, sendo filtrados e coletados 10 mL. O material foi colocado em um tubo digestor contendo 250 mg de óxido de magnésio calcinado e posteriormente destilado para determinação do nitrogênio pelo

método de Kjeldahl e expresso em percentual do nitrogênio total da silagem (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

### **3.9 Perdas durante o processo fermentativo e recuperação de matéria seca**

As perdas nas silagens sob as formas de gases e efluentes e recuperação de matéria seca foram quantificadas por diferença de peso, segundo metodologias propostas por Jobim et al. (2007). As perdas por gases, foram obtidas pela equação abaixo. Equação esta que baseia-se na pesagem dos silos no fechamento e na abertura, em relação à massa de forragem armazenada.

**PG = [(PSf – PSa)]/[(MFf x MSf)] x100**, em que:

PG = perda de gases durante o armazenamento (% da MS inicial);

PSf = peso do silo na ensilagem;

PSa = peso do silo na abertura;

MFf = massa de forragem na ensilagem;

MSf = teor de MS da forragem na ensilagem.

Perdas por Efluentes:

**PE = (Pab – Pen)/(MVfe) x 1000**, em que:

PE = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pab = Peso do conjunto (silo+areia+ pano+tela) na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto (silo+areia+pano +tela) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

A recuperação da matéria seca foi estimada através da equação abaixo:

**RMS = (MFab x MSab)/(MFfe x MSfe) x 100**, em que:

RMS = índice de recuperação de matéria seca;

MFab= massa de forragem na abertura;

MSab= teor de MS na abertura;

MFfe = massa de forragem no fechamento;

Msfe = teor de MS da forragem no fechamento.

### **3.10 Estabilidade aeróbia**

O ensaio de estabilidade aeróbia foi avaliado por meio de monitoramento da temperatura interna das silagens expostas ao ar, cerca de 500g de amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C).

As temperaturas das silagens foram obtidas através de sensores de temperatura

encapsulados, faixa de temperatura operacional de -55 a 125 °C, precisão de  $\pm 0.5$  °C) interligados a um microcontrolador específico ATmega2560 (Arduino<sup>®</sup>, Mega 2560, Itália), programado para aquisição da temperatura minuto a minuto, durante 120 horas. Os sensores foram alocados a 5 cm de profundidade do silo, no centro da massa ensilada e foi considerado a quebra da estabilidade após a temperatura interna das silagens alcançarem 2°C acima da temperatura ambiente.

### ***3.11 Análises bromatológicas***

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA) e no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, ambos pertencentes a UFMA-CCAA. As amostras de subprodutos foram divididas em duas partes, sendo uma para a realização das análises da composição química, onde estas amostras foram submetidas à pré-secagem por 72 horas, em estufa de ventilação forçada a 65°C. Em seguida, essas amostras foram moídas em partículas de 1 mm em um moinho de facas com peneiras de crivo e analisadas quanto às concentrações de matéria seca (MS), matéria orgânica (MM) pelo método 942.05, extrato etéreo (EE) pelo método 920.29 e proteína bruta (PB) pelo método 981.10 de acordo com AOAC (2016).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas amostras foram determinados seguindo a metodologia descrita por Mertens (2002). O teor de matéria orgânica (MO) foi obtida pela equação,  $MO = 100 - MM$ . A concentração de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>; Mertens, 2002; Licitra, Hernandez, & Van Soest, 1996) foi determinada pela equação:  $\%FDN_{cp}MS = \%FDN - (\%PIDNMS + \%CIDNMS)$ . A fibra em detergente ácido corrigida para proteína (FDA<sub>p</sub>) foi calculada a partir da subtração do FDA pela PIDA.

A lignina foi determinada de acordo com Van Soest et al. (1963). O teor de hemicelulose (HEM) foi calculado a partir da subtração do FDN<sub>cp</sub> pela FDA<sub>p</sub>, e a celulose (CEL) a partir da subtração do FDA<sub>p</sub> pela lignina. Os carboidratos totais (CT) foram calculados a partir da equação:  $CT = 100 - (\%PB + \%MM + \%EE)$ , de acordo com Sniffen et al. (1992). A concentração dos carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtida pela equação,  $CNF = 100 - (\%PB + \%FDN_{cp} + EE + MM)$ , conforme proposto por (Detmann et al. 2012) e conforme Hall (2000) obtida pela equação  $CNF = (\%PB - \%PB + \%ureia) + FDN_{cp} + \%EE + \%MM$ .

### ***3.12 Estatística***

No primeiro experimento utilizou-se o delineamento utilizado foi em blocos casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições DBC ( $y_{ij} = \mu + T_i + B_{lj} + e_{ij}$ ), onde as médias foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade utilizando procedimento do PROC MIXED do software estatístico SAS (2004), para avaliar os dados da parte agrônômica e produtiva.

No segundo experimento as silagens foram submetidas ao arranjo fatorial 4x2, com três tratamentos com diferentes intervalos de hidratação do polímero, divididas em silagem de sorgo de forma exclusiva e silagem de ração completa com mistura concentrada.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliação agrônômica

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para todas as variáveis da avaliação morfológica e agrônômica do sorgo forrageiro, exceto para o número de folhas mortas. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) do polímero retentor de umidade do solo (PRU) para as variáveis de comprimento da inflorescência (número de folhas, diâmetro do colmo da planta e altura da planta até inserção da inflorescência) com resultados superiores nos tratamentos que utilizaram o PRU (0, 5 e 10 dias) em relação ao tratamento controle. Observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) do PRU para o diâmetro da inflorescência, com média superior no tratamento que realizou-se a hidratação em intervalos de 5 dias, em relação aos demais tratamentos. Os resultados encontrados para o diâmetro do colmo da planta foram superiores ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos que receberam os maiores intervalos de hidratação (5d e 10d) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Avaliação morfológica e agrônômica do sorgo forrageiro com uso de retentores de umidades no solo.

Variáveis	Controle	0d	5d	10d	EPM	P-valor
Comprimento da inflorescência (cm)	24,66b	26,55a	27,26a	27,16 <sup>a</sup>	1,819	<0,0001
Diâmetro da inflorescência (mm)	58,60c	68,69b	77,57a	69,25b	4,880	<0,0045
Número de folhas vivas	6,37b	6,62ab	7,50a	7,75 <sup>a</sup>	0,532	<0,0021
Número de folhas mortas	3,12	3,11	2,75	3,00	1,374	<0,1887
Diâmetro do colmo da planta (mm)	16,40b	17,42ba	19,34a	19,45 <sup>a</sup>	0,617	<0,0071
Altura da planta até inserção da inflorescência (cm)	1,62b	1,91a	2,04a	2,03 <sup>a</sup>	0,736	<0,0001
Altura da planta (cm)	1,97b	2,04ba	2,26a	2,11ba	0,845	<0,0001

Controle: sorgo; 0d: sorgo + polímero hidratado no dia do plantio; 5d: sorgo + polímero hidratado a cada 5 dias; 10d: sorgo + polímero hidratado a cada 10 dias. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade (P<0,05).

Observou-se na Tabela 5, efeito (P<0,05) no Peso de folhas mortas/planta e Produção de folhas mortas com resultados superiores para os tratamentos que utilizaram os PRU (0d, 5d, 10d). As variáveis de PPI, PBT e BTFV foram superiores quando se utilizou intervalos de hidratação do PRU a cada 5 dias (5d) e inferiores na ausência dos mesmos (controle). Houve efeito (P<0,05) para os valores de PFV com resultados superiores para os tratamentos que obtiveram maiores intervalos de hidratação do PRU (5 e 10 dias), já a relação RFVS os maiores valores médios foram observados apenas no tratamento 5d e menores no controle.

**Tabela 5.** Avaliação da produção de biomassa do sorgo forrageiro com uso de retentores de umidade do solo.

Variáveis	Controle	0d	5d	H10	EPM	P-Valor
PPI (kg)	0,58c	0,68b	0,80a	0,68b	0,018	<0,0001
PFV (g)	85,37b	90,75b	97,50a	95,87a	1,096	<0,0042
PFM (g)	24,87b	21,62a	21,00a	21,05a	0,368	<0,0098
PRFV(kg/ha)	2842,98c	3021,97ba	3246,78a	3192,63ba	36,566	<0,0053
PRFM(kg/ha)	828,27b	720,11a	699,32a	700,96a	12,281	<0,0015
PBT (kg/ha)	19513,8c	22644,9b	26673,3a	22650,6b	586,87	<0,0001
RFVS	3,43c	4,19b	4,64a	4,55ba	0,110	<0,0001
BTFV	6,86c	7,49b	8,22	7,01b	0,122	<0,0001

Controle: sorgo; 0d: sorgo + polímero hidratado no dia do plantio; 5: sorgo + polímero hidratado a cada 5 dias; H10: sorgo + polímero hidratado a cada 10 dias. Peso da planta inteira (PPI), peso de folhas vivas (PFV) e mortas (PFM), produção de folhas vivas (PRFV) e mortas (PRFM), Produção de biomassa total (PBT), relação folhas vivas e senescentes (RFVS), relação biomassa total e folhas vivas (BTFV). Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade (P<0,05).

Observou-se diferença (P<0,05) para todas as variáveis de avaliação agrônômica dos grãos, com peso da panícula com grão apresentando as maiores médias no 5d, e a menor no controle (0d). Para produção de panícula, constatou-se a maior média no 0d e a menor no controle. Já para produção de grãos a maior média foi observada no 5d e menor no controle (Tabela 6).

**Tabela 6.** Avaliação da produção de grãos de sorgo com uso de retentores de umidades no solo

Variáveis (Kg/ha)	Controle	Dias			EPM	P-Valor
		0	5	10		
Peso da panícula com grãos	922,41c	1223,15b	1774,15a	1473,14ba	72,474	<0,0098
Produção de panícula	25,90c	104,07a	102,33b	49,35cb	7,811	<0,0023
Produção de grãos	896,52c	1119,08d	1671,82a	1422,67b	68,002	<0,0001

Controle: sorgo; 0d: sorgo + polímero hidratado no dia do plantio; 5d: sorgo + polímero hidratado a cada 5 dias; 10d: sorgo + polímero hidratado a cada 10 dias. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Em relação às características dos grãos do sorgo ao grau de maturidade observadas na Tabela 6, não houve diferença de acordo com a análise visual, com os grãos apresentando textura semiduro, cor marrom claro e nota 1 para o número de grãos ardidos para todos os tratamentos (Tabela 7).

**Tabela 7.** Características dos grãos de sorgo com uso de retentores de umidades no solo.

Variáveis	Controle	0d	5d	10d
Características do grão				
Dureza do grão	Semiduro	Semiduro	Semiduro	Semiduro
Cor do grão	Marrom claro	Marrom claro	Marrom claro	Marrom claro
No de grãos ardidos*	1	1	1	1
Sanidade do colmo e das folhas do sorgo				
Sanidade de ataque do colmo	2	2	2	2
Sanidade de ataque nas folhas	3	3	3	3

Controle: sorgo; 0d: sorgo + polímero hidratado no dia do plantio; 5d: sorgo + polímero hidratado a cada 5 dias; 10d: sorgo + polímero hidratado a cada 10 dias. \*Nota 1 = sem grão ardidos; \*Nota 2 = grãos ardidos 1 a 25%; \*Nota 3 = grãos ardidos 25 a 50%; \*Nota 4 = grãos ardidos 51 a 75%; \*Nota 5 = grãos ardidos 76 a 100%.

Em relação a sanidade do colmo e das folhas não houve diferença entre os tratamentos avaliados, onde o colmo apresentou boa sanidade e as folhas apresentaram boa resistência com relação aos critérios utilizados (Tabela 7).

#### 4.2 Qualidade das silagens

Houve efeito ( $P < 0,05$ ) de interação entre os dias de hidratação do polímero retentor de umidade e a utilização da mistura concentrada no momento da ensilagem para teores de CHO`S ( $P < 0,0001$ ) das silagens. Observou-se diferença para CHO`S nas silagens de sorgo (SS), com



a maior média sendo observada no tratamento 10d e as menores nos 0d e 5d, não diferindo entre si. Contudo, não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os períodos de hidratação do polímero retentor de umidade (PRU) para as silagens de ração completa (SRC), apresentando média geral de 5,68% na MS. Em relação à inclusão da mistura concentrada no momento da ensilagem, constatou-se diferença ( $P<0,05$ ), com as maiores médias sendo observadas nas silagens de sorgo e as menores com a silagem de ração completa (Tabela 8).

Houve efeito isolado do polímero para CT, com as maiores médias sendo observadas nos tratamentos controle, 0d e 5d, não diferindo entre si, e a menor no 10d. Para o efeito isolado da mistura concentrada, observou-se diferença CT ( $P<0,05$ ) e N-NH<sub>3</sub> ( $P<0,05$ ), constatando-se a maior média com a SRC e a menor para os tratamentos SS (Tabela 8).

**Tabela 8.** Características fermentativas das silagens de sorgo forrageiro com e sem mistura concentrada.

Variáveis	pH	CT	CHO`S	N-NH <sub>3</sub>
	Silagem de sorgo			
Cont.	3,830	0,102	10,180Ba	0,122
0 dias	3,820	0,092	9,550bcA	0,077
5 dias	3,870	0,092	8,177Ca	0,072
10 dias	3,890	0,090	13,657Aa	0,065
Silagem de ração completa				
Controle	3,83	0,127	5,380aB	1,717
0 dias	3,85	0,125	6,247aB	1,037
5 dias	3,89	0,120	5,840Ab	1,317
10 dias	3,91	0,092	5,275Ab	1,197
Efeito isolado do Polímero retentor de umidade				
Controle	3,833	0,115a	7,780	0,920
0 dias	3,836	0,107a	7,890	0,557
5 dias	3,883	0,106ba	7,008	0,695
10 dias	3,905	0,091b	9,466	0,631
EPM	0,0199	0,0038	0,2773	0,1185
Efeito isolado da silagem de sorgo e da ração completa				
Silagem de ração completa	3,873	0,115a	5,685	1,317 <sup>a</sup>
Silagem de sorgo	3,856	0,094b	10,391	0,084b
EPM	0,0140	0,0027	0,1961	0,0838
P-valor				
PRU	0,4610	0,0027	<0,0001	0,1892
SRC	0,4062	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PRU×SRC	0,9758	0,0759	<0,0001	0,3073

EPM = erro padrão da média; CT: capacidade tampão, CHO`S: carboidrato solúvel em água, N-NH<sub>3</sub>: N amoniacal. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade. PRU: polímero retentor de umidade; SRC: Silagem de ração completa

Observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) de interação entre os dias de hidratação do PRU X SRC no momento da ensilagem para teores de PG e RMS das silagens. Constatou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para PG nas SS, com a maior média sendo observada no tratamento 0d e as menores nos controle, 5d e 10d, não diferindo entre si, no entanto, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os período de hidratação do PRU para as SRC, apresentando média geral de 11,974% na MS (Tabela 9). Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para RMS nas silagens de sorgo, com a maiores médias sendo constatadas nos tratamentos controle, 5d e 10d, não diferindo entre si, e a menor no 0d. Contudo, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os período de hidratação do PRU para as SRC, apresentando média geral de 879,54 g/Kg<sup>-1</sup>. Em relação a inclusão da mistura concentrada no momento da ensilagem, constatou-se diferença ( $P < 0,05$ ), com as maiores médias sendo observadas nas SS e as menores com SRC para PG. Para RMS foi observado o contrário, com as maiores médias sendo verificadas nas SRC e as menores para as SS (Tabela 9).

Não houve efeito isolado do PRU para as variáveis de perdas por efluentes ( $P = 0,063620$ ), perdas por gases ( $P = 0,2583$ ) e RMS ( $P = 0,3296$ ) durante o processo fermentativo, apresentando médias gerais de 4,92 Kg/ton de MN, 16,01% e 834,36 g/Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o efeito isolado da SRC, houve diferença para PE ( $P < 0,0001$ ), constatando-se a maior média para as SS e a menor para SRC (Tabela 8). Contudo, não observou-se efeito ( $P < 0,0001$ ) da SRC no momento da ensilagem para RMS das silagens, apresentando média geral de 834,38 g/Kg<sup>-1</sup>. Em relação a inclusão da mistura concentrada no momento da ensilagem, constatou-se diferença ( $P < 0,05$ ), com as maiores médias sendo observadas nas silagens de sorgo e as menores com a silagem de ração completa para PG (Tabela 9).

**Tabela 9.** Perdas durante o processo de ensilagem e recuperação de matéria secas das silagens

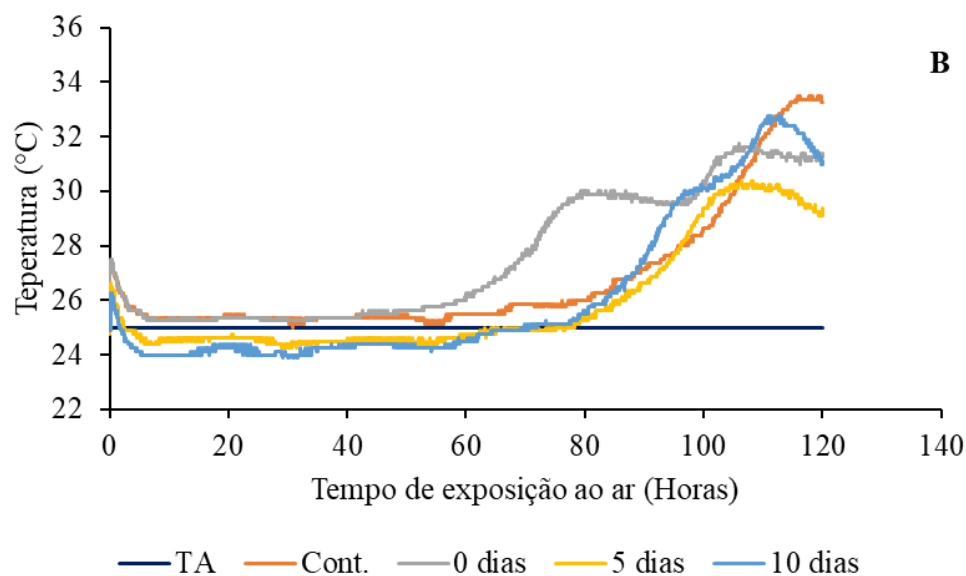
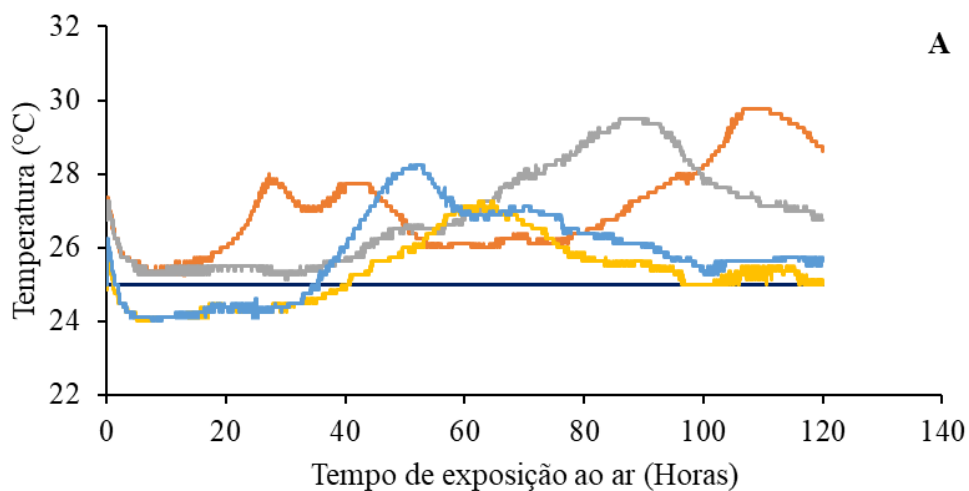
Variáveis	PE (kg/ton)	PG (%MS)	RMS( g/Kg-1)
<b>Silagem de sorgo</b>			
Controle	11,68	17,970bA	808,62aB
0 dias	8,42	24,857aA	742,97bB
5 dias	8,747	18,875bA	802,52abB
10 dias	5,87	18,500bA	809,12aB
<b>Silagem da ração completa</b>			
Controle	0,94	10,732aB	896,75aA
0 dias	1,592	10,217aB	896,22aA
5 dias	0,62	12,87aB	868,45aA
10 dias	1,532	14,08aB	856,75aA
<b>Efeito isolado do Polímero retentor de umidade</b>			
Controle	6,310	14,351	849,52

0 dias	5,006	17,537	819,6
5 dias	4,683	15,875	835,4
10 dias	3,701	16,290	832,93
EPM	1,417	1,0936	1,113
Efeito isolado da silagem de sorgo e da ração completa			
Silagem da ração completa	1,171b	11,976	877,96
Silagem de sorgo	8,679 <sup>a</sup>	20,05	790,81
EPM	1,0023	0,7732	0,7874
P-valor			
Polímero retentor de umidade	0,6362	0,2583	0,3296
Silagem de ração completa	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PRU × SRC	0,4648	0,0166	0,0162

EPM = erro padrão da média; PE: perdas por efluentes; PG: perdas por gases; RMS: recuperação de matéria seca. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade. PRU: polímero retentor de umidade; SRT: Silagem de ração completa.

Observou-se que o tempo de estabilidade aeróbia (EA) das silagens de sorgo e na forma de ração completa diferiu em função do intervalo de hidratação do polímero retentor de umidade. Dessa maneira, as silagens de sorgo, sem mistura concentrada, apresentaram baixo tempo de EA, com o tratamento controle mantendo-se estável durante 20 horas. Os maiores tempos de EA foram observados nos tratamentos com intervalo de hidratação de 0 e 5 dias, permanecendo estáveis durante 60 horas, contudo, o tratamento hidratado a cada 10 dias apresentou quebra da sua EA as 40 horas de exposição ao ar (Figura 1 – A).

As silagens na forma de ração completa mantiveram-se mais estáveis durante o ensaio de EA de 120 horas, quando comparado as silagens de sorgo sem adição de concentrado, com o tratamento controle permanecendo estável durante 65 horas. Já os tratamentos com o intervalo de 0, 5 e 10 dias de hidratação do polímero retentor de umidade mantiveram-se estáveis durante 85 horas de exposição ao ar (Figura – B).



Em relação as variáveis de composição bromatológica, houve efeito ( $P < 0,05$ ) de interação apenas para EE, expressa em g/Kg de MS. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) para EE nas SRC com a maior média sendo observada no tratamento controle e as menores nos tratamentos 0d, 5d e 10d, não diferindo entre si, no entanto, não observou-se diferença ( $P > 0,05$ ) entre os período de hidratação do PRU para as SS, apresentando média geral de 56,78 g/Kg na MS. Em relação a inclusão da mistura concentrada no momento da ensilagem, constatou-se diferença ( $P < 0,05$ ), com as maiores médias sendo observadas nas SS e as menores com SRC para EE (Tabela 10).

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) isolado do PPRU para as variáveis de composição bromatológica das silagens, apresentando médias de 334,87, 55,26, 104,54, 528,11 e 243,59

g/Kg para MS, MM, PB, FDN e FDA, respectivamente. Para o efeito isolado da SRC, houve diferença para MS ( $P < 0,0001$ ), PB ( $P < 0,0001$ ) e FDA ( $P < 0,0001$ ), com as maiores médias para MS e PB sendo observadas nas silagens com a mistura concentrada. Já para o FDA das silagens, constatou-se a maior média para as SS e a maior para SRC. Entretanto, não observou-se efeito da mistura concentrada no momento da ensilagem para MM e FDN das silagens, apresentando médias gerais de 54,01 e 528,81 g/Kg de MS (Tabela 10).

**Tabela 10.** Composição bromatológica das silagens de sorgo puro e silagem de ração completa ( $\text{g/kg}^{-1}$ ).

Variáveis	MS	MM	PB	EE	FDN	FDA
Silagem de sorgo						
Controle	263,55	43,95	83,17	116,42aA	606,02	277,97
0 dias	260,75	36,6	81,82	84,20bA	495,12	290,10
5 dias	303,05	97,35	65,57	73,30bA	580,52	289,15
10 dias	272,17	32,07	65,73	91,87bA	546,0	285,25
Silagem de ração completa						
Controle	391,4	56,37	179,50	66,52aB	542,40	197,95
0 dias	381,9	53,75	108,17	49,40aB	568,50	201,95
5 dias	406,7	55,15	164,24	54,70aB	558,27	202,42
10 dias	399,5	56,85	169,12	56,52aB	528,07	203,92
Efeito isolado do Polímero retentor						
Controle	327,47	55,17	131,33	91,47	574,21	237,96
0 dias	321,32	45,175	95,00	66,80	531,81	246,02
5 dias	354,87	76,25	95,56	64,00	469,40	245,78
10 dias	335,83	44,46	96,28	74,20	537,03	244,58
EPM	1,0984	1,6709	1,2897	0,3429	4,5323	0,9293
Efeito isolado da Silagem de ração completa e de sorgo						
SRC	394,87a	55,53	14161 <sup>a</sup>	56,78	499,31	20,156b
SS	274,88b	52,49	67,48b	91,45	556,91	285,61a
EPM	0,7665	1,1815	0,9119	0,2425	3,2048	0,6571
P-valor						
PRU	0,1756	0,5024	0,1574	<0,0001	0,4486	0,9171
SDC	<0,0001	0,8575	<0,0001	<0,0001	0,2176	<0,0001
PRU x SRC	0,8447	0,4884	0,2239	0,0342	0,6784	0,9868

EPM = erro padrão da média; Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Fibra em Detergente Neutro (FDN), e Fibra em Detergente Ácido (FDA). Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade. PRU: polímero retentor de umidade; SDC: Silagem de ração completa; SS: Silagem de sorgo.

## **5 DISCUSSÃO**

### ***5.1 Avaliação das características agronômicas***

Os resultados das avaliações agronômicas podem ser associados a capacidade de retenção de água e nutrientes do polímero, o que disponibiliza estes de forma gradual no solo, reduzindo dessa forma as perdas por lixiviação.

Silva et al. (2018) na utilização do polímero e níveis de irrigação descreve que altura máxima da planta contribui para o aumento da massa fresca apresentou eficiência produtiva.

Os polímeros também atuam na condição física (aeração) do solo criando um ambiente propício para o desenvolvimento da planta. Portanto, possivelmente o crescimento e desenvolvimento foi incrementado em relação à utilização do polímero na qual causou eficiência na utilização da adubação e da água.

De acordo com Marques et al. (2015) a permanência da umidade no solo contribuiu para o aproveitamento da água pela planta, diminuindo seu estresse hídrico, durante a entressafra. Isso foi observado no presente estudo, tendo em vista que o uso do polímero retentor de umidade propiciou a preservação da umidade do solo, além de reduzir a evapotranspiração da cultura, o que garantiu o crescimento e desenvolvimento do sorgo forrageiro.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram observados por Sousa et al. (2017) avaliando lâminas de irrigação para o sorgo forrageiro, enfatizando a eficiência de utilização do retentor no solo na época de variação de amplitudes térmicas (Tabela 3).

Esses resultados evidenciam a relevância da utilização do polímero para ciclo da cultura durante a entressafra, em função da diminuição do estresse hídrico e da evapotranspiração da forrageira, pois um dos eventos que pode ser observado para aclimatação da planta é a diminuição da expansão celular, limitação da fotossíntese resultando na diminuição da produção de biomassa e no acúmulo de folhas senescentes pela tentativa de sobrevivência (TAIZ; ZEIGER, 2006). Diferindo dos resultados observados por Fonseca et al. (2014), que não constataram influência do polímero no crescimento da planta, apenas na sobrevivência.

### ***5.2 Avaliação da produção de grãos de sorgo com uso de retentores de umidades no solo***

Na cultura do sorgo forrageiro a panícula é o principal componente para delimitar o ponto de colheita da planta, principalmente quando seu cultivo tem por finalidade a produção de silagem, devido sua contribuição no aumento dos teores de matéria seca da planta, além do mais, a panícula possui um maior teor de proteína bruta conferindo maior valor nutritivo em

comparação aos demais componentes da planta, como: folha e colmo (NEUMANN et al., 2002).

Em relação a produção de grãos (kg/ha) tratamento H0 (não hidratado) apresentou a menor produção de grão, quando comparado aos tratamentos hidratados, evidenciado a importância da disponibilidade de água no solo para produção de grãos. Divergindo dos resultados de Conte et al. (2014) que verificou o uso do polímero em diferentes doses em pó (não hidratado) e determinou que não houve efeito significativo no crescimento da parte aérea. Dessa maneira, pode-se determinar que o modo de aplicação do polímero também influencia no desenvolvimento da panícula .

### **5.3 Avaliação da sanidade dos grãos e colmo da planta**

O sorgo forrageiro é considerado precoce e a maioria dos híbridos apresentam ponto de ensilagem de farináceo a duro e os constituintes da planta podem variar em detrimento da colheita com influência no estágio de desenvolvimento.

A cultivar BRS Ponta Negra apresenta médio porte, cor do grão marrom claro, características pertinentes à produção de forragem (DOS SANTOS et al. 2007). Além disso, estudos com diferentes cultivares de sorgo com propósito de avaliar a dureza dos grãos, concluíram que essa variável é determinante para estimar os teores de matéria seca da planta no momento da ensilagem .

Os fatores abióticos como clima e temperatura, além da época de estabelecimento da cultura favoreceram a planta quanto a diminuição da população de insetos através do controle natural (COELHO et al., 2002).

Assim, os resultados obtidos podem ser oriundos das características genéticas do sorgo forrageiro cv. BRS Ponta Negra que conferem alta resistência a doenças como antracnose (*Colletotrichum graminicola*), ferrugem (*Puccinia purpúrea*) e cercosporiose (*Cercospora fusimaculans*) (DOS SANTOS et al., 2007). Ademais, a suscetibilidade a doenças irá depender da raça do agente patógeno, da severidade do local de plantio e a resistência do híbrido. Portanto, podemos concluir que a resistência do ataque ao colmo e as folhas foi estabelecida, conferindo maior qualidade da produção, visto que atende a um dos critérios para silagem de qualidade.

### **5.4 Qualidade das silagens**

O pH é altamente dependente da concentração e do tipo de ácidos orgânicos que é produzido durante o curso da fermentação. O ácido láctico, por exemplo, é um dos principais

responsáveis pela redução do pH (KUNG JUNIOR et al., 2018). No presente estudo, as silagens tiveram os valores de pH muito próximos na escala de 3,82 a 3,91, o que indica boa fermentação pois apresentaram valores entre 3,7 e 4,2 segundo as recomendações propostas por (MCDONALD, 1991). Machado et al. (2012), ao avaliarem a fermentação em silagens de sorgo forrageiros, também observaram valores de pH abaixo 4,2, entretanto o pH isoladamente não deve ser considerado como um critério de qualidade fermentativa, já que seu efeito inibitório sobre as bactérias depende da rapidez com que ocorre o declínio pH e da umidade do meio.

Contudo a avaliação do pH é de extrema importância para determinar a qualidade da silagem, pois valores acima dos recomendados indicam menor produção de ácido lático e favorecimento de um ambiente para crescimento de clostrídios e fungos (BERNARDES, 2006; BARBOSA et al., 2011).

Quanto a capacidade tampão as silagens não apresentaram diferenças entre si, no entanto, as silagens com adição de concentrados apresentaram maiores médias em relação a silagem exclusiva de sorgo (Tabela 7), o que pode ser explicado pela presença de ureia nas silagens de ração completa, conforme mencionado por Carvalho et al. (2006), a elevação do pH em materiais submetidos a amonização pode ser atribuída ao fato de a amônia ser uma base com alta capacidade tamponante, que atua evitando, portanto, que a produção de ácido butírico provoque queda acentuada do pH.

Contudo os valores de CT estão baixos e toleráveis o que contribuiu para uma boa estabilização do pH em todas as silagens. É importante que a forrageira a ser ensilada apresente baixa capacidade tampão (CT) para minimizar as perdas por efluentes e fermentação aeróbica (ANDRADE JÚNIOR et al., 2014).

Para variável nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) as silagens apresentaram as maiores médias nos tratamentos controle e com polímero hidratado a cada 10 dias, entretanto os valores apresentados estão na faixa aceitável menores que 10%, o que condiz com Costa et al (2016) que afirma que silagens bem fermentadas devem fornecer níveis de N-NH<sub>3</sub> abaixo de 100 g/kg de nitrogênio total.

Em relação ao parâmetro CHO`S com valores variando de 5,24 a 13,65 os tratamentos com silagem de sorgo apresentaram maiores médias em relação as SRC. Os carboidratos solúveis em água (principalmente sacarose, glicose e frutose) são os principais substratos para o crescimento microbiano durante a fermentação da silagem (ROOKE et. al., 2003).

Algumas forrageiras como o sorgo forrageiro possuem elevados teores de açúcares



(FERNANDES et al., 2009; RIBEIRO et al., 2010). Após a ensilagem, os produtos finais da fermentação se acumulam à custa de uma diminuição nos carboidratos solúveis.

Os valores de CHO'S da silagem de sorgo apresentaram maiores valores quando comparados a SRC, pois a adição de ingredientes na SRC eleva o teor de matéria seca promovendo uma boa fermentação, uma vez que o sorgo apresenta valores altos de carboidratos solúveis, o que condiz com McDonald et al., (1991) que alega que os teores de CHO'S influencia na qualidade da fermentação, pois estes são a principal fonte de substrato que os microrganismos (especialmente bactérias do ácido lático) utilizam convertendo em ácidos e preservando assim a silagem. Dessa forma pressupõe-se que o teor de CHO'S seja reduzido após a fermentação de uma silagem de ração completa.

As perdas por gases (PG) e efluentes (PE) (kg/t de MV) foram mais elevadas nos tratamentos de silagem pura de sorgo em relação as silagens de ração total (Tabela 8), fato que pode ser explicado pela maior atividade de microrganismos produtores de gás, como enterobactérias, bactérias clostrídicas e leveduras (MCDONALD et al., 1981).

Com a adição de uréia nas silagens de ração completa resultou-se em menores perdas, uma vez que a amônia possui ação antimicrobiana, atuando de forma inibitória sobre o desenvolvimento de leveduras e bolores, o que consequentemente reduz a produção de etanol (ou álcool etílico,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), reduzindo as perdas na matéria seca e carboidratos solúveis (SCHMIDT, 2006), além de estimular a fermentação láctica, que é essencial para a conservação de forragens, pois esta permite que o pH se estabilize na faixa aceitável.

A taxa de recuperação de matéria seca reflete quanto (em termos percentuais) pode-se recuperar do material ensilado na forma de silagem. Em decorrência do bom padrão fermentativo as perdas foram baixas em todas as silagens, observando-se maior recuperação de matéria seca nas silagens de ração total. Tais resultados demonstram que a adição de ingredientes concentrados permite uma boa fermentação, menores perdas e maior recuperação de matéria seca.

Além do problema fermentativo, a alta umidade aumenta bastante as perdas por efluentes, que carregam nutrientes para o fundo do silo, tornando-os indisponíveis. Para resolver os problemas fermentativos e das perdas por efluentes, é necessário utilizar aditivos na ensilagem, de forma que tais problemas sejam resolvidos e se tenha uma adequada fermentação e redução das perdas.

Os valores de matéria seca (MS) do estudo nas silagens de sorgo apresentam valores

menores que 30%, com exceção do tratamento hidratado a cada 5 dias, que se destaca alcançando valor de MS de 30,30% que condiz com a informação de que o sorgo possui alta umidade e alguns autores têm descrito que mesmo na idade de corte ideal, os valores de MS, na sua maioria não chegam aos 30% (PERAZZO et al., 2017; PINHO et al., 2015).

O teor de matéria seca é considerado como o fator de maior importância no processo de fermentação, e está diretamente associado ao estágio da planta durante a colheita (MCDONALD et al., 1991).

De acordo com Kung Jr (2018) o alto teor de MS dificulta a compactação, dificultando a expulsão do ar da massa de forragem, o que retarda o processo fermentativo, devido ao crescimento das bactérias do ácido láctico ser reduzido, e a acidificação ocorrer de forma mais lenta pela menor quantidade de ácido produzido (KUNG JR. 2018).

Já o baixo teor MS pode colocar em risco a conservação, pois podem favorecer a ocorrência de fermentações secundárias, resultando em maiores perdas de matéria seca (VILELA, 1998). Segundo Santin et al., (2020) o sorgo produz silagens com boas características fermentativas.

O teor de proteína bruta (PB) apresentou incremento expressivo nas silagens TMR em função do alto teor de PB dos ingredientes adicionados, (milho= 8,73%, farelo de soja=46%). Comportamento parecido foi estudado por Freitas et al. (2006), em que acrescentou um aditivo absorvente (resíduo de soja), e obteve valor 12,8 vezes superior a composição proteica da massa a ser ensilada.

O nível de umidade pode afetar o padrão de fermentação e o fracionamento de nutrientes (por exemplo, a proteína), isso implica que a proteólise nas SRC foi reduzida devido a adição de ingredientes absorventes que reduzem a umidade do meio e conseqüentemente diminui a ação de microorganismos indesejáveis, responsáveis pela quebra da proteína. O que condiz com Huhtanen et al.(2008) e Hymes-Fecht et al.(2013) que afirmam que a ocorrência da proteólise em forragens de alto PB (por exemplo, leguminosas, gramíneas temperadas) é indesejável e leva a uma pior eficiência de uso de N.

De acordo com Neumann et al. (2017) a variável FDN é uma importante fonte de nutrientes para ruminantes, uma vez que estimula a ruminação favorecendo a saúde do rúmen. Ainda segundo o autor, os teores de FDA não devem ser elevados já que esta é composta por lignina de porção indigestível, celulose parcialmente digestível e hemicelulose, com maior digestibilidade.

Contudo os resultados estudados neste experimento corroboram com os com Moura et al (2016) que avaliou 12 híbridos de sorgo para silagem determinou valores de FDN semelhantes ao presente estudo.

Os valores de EE apresentaram interação, obtendo maior média no tratamento controle, sem adição de concentrados e sem utilização do polímero, isso pode ser explicado pelo estresse hídrico gerado na planta, levando a mesma a acionar mecanismos fisiológicos que reduzem a produção de fotoassimilados, o que faz com que as plantas de sorgo consumam suas reservas de carboidratos (aumento de os açúcares solúveis), efeito este que condiz com Blum (2017) que afirma que uma das principais respostas à seca nas plantas envolve a manutenção de equilíbrio osmótico. Para compensar a perda de pressão de turgor, as células vegetais utilizam-se de ajustamento osmóticos, aumentando o acúmulo de solutos compatíveis (BLUM, 2017).

As silagens de sorgo sem adição de concentrados obtiveram menor tempo de estabilidade aeróbia quando comparados as silagens de ração completa, o que se explica pelo menor teor de matéria seca nas silagens de sorgo, efeito este que pode estar atribuído a um aumento de calor associado aos teores de matéria seca das silagens avaliadas pois há uma necessidade maior de calor para alterar temperaturas com menores teores de matéria seca (MCDONALD et al., 1991; WILKINSON e DAVIES, 2012).

De acordo com Andrade et al. (2012) o aumento da temperatura pode ser explicado pela ação de microrganismos oportunistas que iniciaram suas atividades metabólicas produzindo e consumindo os carboidratos solúveis. O excesso de carboidratos solúveis presente no sorgo pode resultar em uma fermentação alcoólica, possibilitando uma faixa de pH que promova o desenvolvimento de leveduras, implicando em aumento das perdas fermentativas e a uma baixa estabilidade aeróbia após abertura do silo, principalmente porque o ácido lático produzido e os carboidratos solúveis residuais são utilizados como substratos por microrganismos indesejáveis que deterioram a silagem (SANTOS et al., 2018).

Os ingredientes tamponantes retardam a redução do pH e evitando a rápida acidificação da silagem, dificultando assim, a proliferação de leveduras, as quais necessitam de meio ácido para se tornarem predominantes na silagem (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

## **6 CONCLUSÃO**

Conclui-se com o presente estudo, que a utilização de polímeros retentores de umidade conferiu bons resultados nas avaliações morfológicas, agronômicas e produtivas do sorgo, sendo o tratamento hidratado a cada 5 dias o mais indicado segundo os resultados.

## REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHZADEH, F., PIRMOHAMMADI, R., FARHOOMAND, P., FATEHI, F., Pazhoh, F. F. **The effect of ensiled mixed tomato and apple pomace on Holstein dairy cow.** Italian J. Animal Sci. 9: e41. 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C., Pereira, R. C., Dornas, M. F. S., Ribeiro, K. G., Valadares, N. R., Santos, A. A., & Castro, B. M. C. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira.** 32(1), 91-97. 2014.
- ANDRADE, A.P.; QUADROS, D.G.; BEZERRA, A.R.G.; ALMEIDA, J.A.R.; SILVA, P.H.S.; ARAÚJO, J.A.M. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, maio/jun. 2012.
- AOUADA, Fauze Ahmad. Síntese e caracterização de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose para liberação controlada de pesticidas. 2009. 141p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2009.
- BREDEMEIER, C. Desenvolvimento da planta e exigências edafoclimáticas. In: Eicholz, Eberson Diedrich; Christian Bredemeier, Felipe Bermudez, Jane Rodrigues de Assis Machado, Marcos Garrafa, Noryam Bervian Bispo, Rogério Ferreira Aires. **Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21.** 21 Ed. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020. p. 62-91.
- BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- CAVALCANTE, A. C. R., SILVA, G. L. & OLIVEIRA, L. E. V. Perdas na produção e utilização de silagens. In: Cândido JDC, Furtado RN. **Estoque de forragem para a seca: Produção e utilização de silagem.** Imprensa Universitária. 122-142. 2020.
- CHAVES, B. W., STEFANELLO, F. S., BURIN, A. P., RITT, L. A. & NORNBORG, J. L. Utilização de resíduos industriais na dieta de bovinos leiteiros. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** 18, 150-156. 2014.
- CONCEIÇÃO, M. da S. da.. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Logística, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/3971>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- COSTA, RF , PIRES, DAA , MOURA , MMA , SALES , ECJ , RODRIGUES , JAS e Riguei

ra, JPS. Características agronômicas de genótipos de sorgo e valores nutricionais de silagem. *Acta Scientiarum Zootecnia* 38, 127 – 133. 2016.

CROUS, J. W. **Use of hydrogels in the planting of industrial wood plantations.** *Southern Forests*, v. 79, n. 3, p. 197–213. DOI: 10.2989/20702620.2016.1221698. 2017.

CRUZ, Natan T. *et al.* **Fatores que afetam as características morfológicas e estruturais de plantas forrageiras.** *Research, Society and Development, Bahia*, v. 10, n. 7, p. e5410716180-e5410716180, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16180>.

CRUZ, S. S., ANDREOTTI, M., PASCOALOTO, I. M., Lima, G. C., Soares, C. de A. Production in forage sorghum intercropped with grasses and pigeon pea at crop cutting. *Revista Ciência Agronômica* 51. 2020.

DA SILVA, Dagma Dionísia et al. Mollicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução?. **COORDENAÇÃO NEFIT/GESTÃO 2017**, p. 32, 2017.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. V. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*, vol. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

DRANSKI, J. A. LOPES.; **Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-manso em função da época de plantio e do uso de hidrogel.** 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356. 1956.

ENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid, v 21, n. 04, 1986.

EVANGELISTA, A. M. et al. Características de produção e crescimento de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. *Nutritime Revista Eletrônica*, v. 13, n. 03, 2016.

FAO., FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Food and Agricultural Data. 2020.

FERNANDES, L. O.; REIS, R. A. e PAES, J. M. V. Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência e Agrotecnologia* 34:240-248. 2010.

FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2111-2115, 2009.

FERNANDES, P. B. et al. Aspectos relacionados ao potencial forrageiro do sorgo: Revisão. **PUBVET** v.14, n.7, a603, p.1-7, Jul., 2020.

FERNANDES, T., PAULA, E. M., SULTANA, H., & FERRARETTO, L. F. Influence of sorghum cultivar, ensiling storage length, and microbial inoculation on fermentation profile, N fractions, ruminal in situ starch disappearance and aerobic stability of whole-plant sorghum silage. **Animal Feed Science and Technology**, 114535. 2020.

FIDELIS, R. R.; GONZAGA, L. A. M.; SILVA, R. R.; ANDRADE, C. A. O. Desempenho produtivo e nutricional de sorgo forrageiro consorciado com soja em doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, vol. 7, n. 2, p. 204-208, 2016.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. SORGO Características Tecnológicas e nutricionais. Nº 42. **Revista oficial da Fi South America**- revista-fi.com.br. 2017.

GOMES, A. L., BUENO, A. V., JACOVACI, F. A., DONADEL, G., FERRARETTO, L. F., NUSSIO, L. G., JOBIM, C. C., DANIEL, J. L. P. Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. **Journal Animl of Scienc**. 98:skaa332. 2020.

HAO, W., WANG, H. L., NING, T. T., YANG, F. Y., XU, C. C. Aerobic stability and effects of yeasts during deterioration of non-fermented and fermented total mixed ration with different moisture levels. **Asian-Australasian Journal Animl of Scienc**. 28: 816. 2015.

HALL, M.B., 2000. Neutral detergent-Soluble Carbohydrates. Nutritional Relevance and Analysis, a Laboratory Manual, 339. University of Florida Extension Bulletin. April. **HORTSCIENCE**, Alexandria, v.21, n. 4, p. 991-992, 1993.

HUHTANEN, P.; RINNE, M.; NOUSIAINEN, J. Efeitos dos componentes de nitrogênio solúvel da silagem na concentração de proteína metabolizável: uma meta-análise de experimentos de produção de vacas leiteiras. **Journal Dairy Science**, 91, 1150–1158. 2008.

HYMES-FECHT, U.; BRODERICK, G.; MUCK, R.; GRABBER, J. Substituir alfafa ou silagem de trevo vermelho por silagem de trifólio em rações mistas totais aumenta a produção de vacas leiteiras em lactação. **Journal Dairy Science**, 96, 460–469. 2013.

GERLACH, K., DANIEL, J. L. P., JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G. 2021. A data analysis on the effect of acetic acid on dry matter intake in dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**. 272:114782

LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., & VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**, 57, 347–358. 2019.

MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.1470-1478, 2011.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses dehidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 53-57, 2010.

MCDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**. 2nd. ed. Marlow, Bucks, UK: Cambridge University Press, 1991.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley & Sons, 218p. 1991.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The bio chemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

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

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation and utilization. 1994.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, 85, 1217–1240. 2002.

FAHEY JR. (Ed.). Madison: **American Society of Agronomy**, p.450-493. 1994.

MORAES, S. D. D., JOBIM, C. C., SILVA, M. S. D., & MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 14(4), 624-634. doi: 10.1590/S1519-99402013000400002. 2013.

MOURA, M.M.A.; PIRES, D.A.A.; RODRIGUES, J.A.S.; SALES, E.C.J.; COSTA, R.F.;

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M. H.; DE OLIVEIRA PEREIRA, M.; FIOR, C. S. Influence of a water retaining polymer on the characteristics of a commercial substrate for the production of forest seedlings. **Interciencia**, v. 41, n. 5, p. 357–361, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirement of dairy cattle**. Washington DC.: National Academy Press. 2001.

NEUMANN, M., e tal. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de Zootecnia**, 66, 51-58,2017.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G.; FREITAS, A.K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002.

NERES, Y.X.C.; AZEVEDO, G. T.O.S.; SOUZA, A.M.; AZEVEDO, G.B.; TEODORO, P. E. Effect of the hydrogel incorporation on diferente substrates on the rooting and quality of clonal Eucalyptus seedlings. **Scientia Forestalism**, v.47. n. 122, p. 336-345. 2019.

NISHINO, N., HARADA, H., SAKAGUCHI, E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination of various feeds as a total mixed ration. **Science of Food and agriculture**. 83:557–563. 2003.

NISHINO N., WADA, H., YOSHIDA, M., SHIOTA, H. Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Dairy Science**. 87: 2563–2570. 2004.

OLIVEIRA, A.C.; QUEIROZ, K.S.; HELBIG, E. O processamento doméstico do feijão comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos, taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiase e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, 2001.

OLIVEIRA, N. SOARES. SANTOS. **Características bromatológicas de genótipos de sorgo submetidos a diferentes densidades de plantas em diferentes épocas de corte**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de São João Del Rei. 2015.

PAIVA, C. L. et al. Características tecnológicas, sensoriais e químicas de massas secas sem glúten à base de farinhas de sorgo e milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, p. 1–9, 2019.

PARRELLA, R. A. C.; MENEZES, C. B.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Sorgo do plantio à colheita. Viçosa: **Editora UFV**, 2014. 275p.



PEDROSO, A. M. & CARVALHO, M. P. (2006). Polpa cítrica e farelo de glúten de milho. In: PEDROSO, A. M.; Treinamento online: Subprodutos para ruminantes: estratégias para reduzir o custo de alimentação. Piracicaba: **AgriPoint**; 2006. v.2, p. 1-35.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.

PERAZZO, A. F. et al. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1771–1776, out. 2013.

PERAZZO, A. F. et al. Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silage Production Cultivated in Semiarid Conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. June, 2017.

PINHO, B.D.; PIRES, A.J.V.; RIBEIRO, L.S.O.; CARVALHO, G.G.P. Ensilagem de capim elefante com farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, p.641-645, 2008.

PLAYNE, M.J.; MCDONALD, P.T. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.

QUINTINO, A. C. et al. Valor nutritivo de silagem de capim-piatã em monocultivo e em consórcio com sorgo de corte e pastejo. **Ciência animal brasileira**, Goiânia, v. 17, n. 2, p. 185, abr./jun. 2016.

REZENDE, G.M.; PIRES, D.A.A.; BOTELHO, P.R.F.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SALES, E.C.J.; JAYME, D.G.; REIS, S.T.; PIMENTEL, L.R.; LIMA, L.O.B.; KANEMOTO, E.R.; MOREIRA, P.R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p.171-179, 2011.

RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, A.R.; BONOMO, P.; SILVA, F.F. Composição química e perdas fermentativas de silagens de cana de açúcar tratadas com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1911-1918. 2010.

RIBEIRO, M. G., COSTA, K. A. P., SILVA, A. G., SEVERIANO, E. C., SIMON, G. A., CRUVINEL, W. S., SILVA, V. R., & SILVA, J. T. Grain sorghum intercropping with *Brachiaria brizantha* cultivars in two sowing systems as a double crop. **African Journal of Agricultural Research**, 10(39), 3759–3766. 2015.

ROCHA, A. K. P., ALVES, C. P., SILVA, J. C., SILVA, T. G. F., LEITE M. L. M. V.

& JUNIOR, B. C. Main ecosystems used as native pasture in Brazil: a review. **Society and Development Research**. 9(10), 10-22. 2004.

ROOKE, JA; HATFIELD, RD BIOQUÍMICA DA ENSILAGEM. ciência e tecnologia da silagem; buxton, DR, MUCK, RE, HARRISON, JH, EDS.; **American Society of Agronomy**, Crop Science Society of America e Soil Science Society of America: Madison, WI, EUA, 2003; pp. 95–139.

ROSA, R.B.; DIAS, M.; PATRIZI, W.L.; GATASS, C.A.B.; FRANÇA, L.R.; SALCEDO, B.C.; OKUDA, G.A.; DETMANN, E.; MORAIS, M.G. Composição Química e Valor Nutritivo da Silagem da Parte Aérea de Sorgo Forrageiro. **Reunião Anual Brasileira de Zootecnia**. Campo Grande, MS. 2004.

SANTOS, A. P. M. dos; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. de; RIBEIRO, O. L.; PERAZZO, A. F.; PINHO, R. M. A.; SILVA MACÊDO, A. J. da; PEREIRA, G. A. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2018.

SCHINGOETHE, D. J. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 100: 10143-10150. 2017.

SCHMIDT, P., SOUZA, C. M. & BACH, B. C. Uso estratégico de aditivos em silagens: quando e como usar? In: Jobim CC, Cecato U, Canto MW & Bankuti FI (eds.), **Simpósio: Produção e utilização de forragens conservadas**, (5a ed.), Anais...Maringá: UEM, 243-264. 2014.

SILVA, T. G. F., ARAÚJO, G. G. L., MOURA, M. S. B., SOUZA, L. S. B. Agrometeorological research on forage cactus and its advances in Brazil. **Amazonian Journal of Plant Research** 2, 45-68. 2017.

SOUZA, C.G; MOURA, A.K.B; SILVA, J.N.P; SOARES, K.O; SILVA, J.V.C; VASCONCELOS, P.C. Fatores anti-nutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **PUBVET medicina veterinária e zootecnia**. v. 13, p.1-19, 2019.

TABOSA, J. N. et al. Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste, Sertão e afins do Semiárido Brasileiro. **XIMENES, Luciano Feijão Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019.

TOLENTINO, D.C. Chemical composition of sorghum genotypes silages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 38, 4, p. 369-373, 2016.

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, 2018.

VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: **Simpósio sobre aditivos na produção de ruminantes e não-ruminantes**, Botucatu, 1998. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.73-108.

WANISKA, R. D. Structure, phenolic compounds, and antifungal proteins of sorghum caryopses. In: CHANDRASHEKAR, A.; BANDYOPADHYAY, R.; HALL, A. **J. Technical** and institutional options for sorghum grain mold management.:

YANG, C. M. J. et al. Fermentation Acids, Aerobic Fungal Growth, and Intake of Napier grass Ensiled with Non fiber Carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, v.87, p. 630- 636, 2004.

YUAN, X.; WEN, A.; WANG, J.; LI, J.; DESTA, S. T.; UNDERSANDER, D. J.; TAO SHAO. Fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of total mixed ration silages prepared with whole-plant corn (*Zea mays* L.) and hulless barley (*Hordeum vulgare* L.) straw. **Animal Production Science**, 2017.

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

ZHANG, S. J. et al. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p. 29-38, 2015.

ZHU, L., WANG, D., SUN, J., MU, Y., PU, W., MA, B., REN, F., YAN, W., ZHANG, Z., LI, G., PAN, Y. Phenotypic and proteomic characteristics of sorghum (*Sorghum bicolor*) albino lethal mutant *sbe6-a1*. **Plant Physiology and Biochemistry** 139, 400–410. 2019.

