



**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**POTENCIAL FORRAGEIRO DA SILAGEM DE SORGO  
BIOMASSA**

**FAUSTO EXPEDITO DE QUEIROZ**

**2020**

**FAUSTO EXPEDITO DE QUEIROZ**

**POTENCIAL FORRAGEIRO DA SILAGEM DE SORGO BIOMASSA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador**

**Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior**

**Janaúba  
2020**

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

Queiroz, Fausto Expedito de

Q3p      Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa. [manuscrito] / Fausto Expedito de Queiroz – 2020. 71p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior

1. Forragem. 2. Novilhas leiteiras. 3. Sorgo forrageiro. 4. Sorgo silagem. I. Rocha Júnior, Vicente Ribeiro. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62


Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

FAUSTO EXPEDITO DE QUEIROZ

POTENCIAL FORRAGEIRO DA SILAGEM DE SORGO BIOMASSA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 20 de FEVEREIRO de 2020.

  
Dr. Vicente Ribeiro Rocha Junior  
UNIMONTES  
(Orientador)

  
Dr. Flávio Pinto Monção  
UNIMONTES

  
Dra. Leidy Darmony de Almeida Rufino  
EPAMIG

  
Dra. Rafael Augusto da Costa Parrella  
EMBRAPA

JANAÚBA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2020

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, pela oportunidade, capacidade e força para estar aqui realizando este trabalho;

A Nossa Senhora, por sua interseção e proteção em todos os momentos que aqui precisei;

À minha família, pelo apoio incondicional, pela força e por entender que era importante a realização deste trabalho para minha vida profissional;

À minha noiva, Bruna, o melhor presente que Deus podia me dar: pelo apoio, paciência e dedicação;

À Universidade Estadual de Montes Claros e ao Programa de Pós-graduação, pela formação e ensino;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior, pelos inúmeros ensinamentos, companheirismo, dedicação, esforço, qualidade no ensino, paciência, conversas e ajuda em todas as etapas de todo o mestrado;

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Flávio Pinto Monção e ao Dr. João Paulo Sampaio Rigueira, pelo auxílio, companheirismo, paciência, dedicação e contribuição com este trabalho;

Aos funcionários da Fazenda Experimental da Unimontes e aos alunos da iniciação científica, pela ajuda e contribuição para execução do trabalho;

À EMBRAPA-CNPMS, em especial ao Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella.

À FAPEMIG, CAPES e CNPq, pelo auxílio de bolsas e ao INCT – Ciência Animal.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

<b>NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA .....</b>	<b>07</b>
<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>08</b>
<b>GENERAL ABSTRACT .....</b>	<b>09</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1 Silagem de sorgo .....	11
2.2 Sorgo biomassa .....	12
2.3 Criação de novilhas .....	13
2.4 Consumo de nutrientes .....	14
2.5 Comportamento ingestivo .....	15
<b>3 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>17</b>
<b>NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA .....</b>	<b>20</b>
<b>4 CAP[ITULO 1: Efeito de espaçamento de plantio e idade de corte sobre a fermentação, estabilidade aeróbia e características nutricionais da silagem de sorgo biomassa .....</b>	<b>21</b>
Resumo.....	21
4.1 Introdução .....	22
4.2 Material e Métodos.....	24
4.3 Resultados .....	30
4.4 Discussão .....	39
4.5 Conclusão .....	41
4.6 Referências .....	41
<b>NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA .....</b>	<b>45</b>
<b>5. CAPÍTULO 2: Substituição da silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo biomassa em dietas para novilhas leiteiras .....</b>	<b>46</b>
Resumo.....	46
5.1 Introdução .....	47
5.2 Material e métodos.....	49
5.3 Resultados .....	57
5.4 Discussão .....	65
5.5 Conclusão .....	66

5.6 Declaração do direito dos animais .....	67
5.7 Declaração de conflito de interesses .....	67
5.8 Referências .....	67
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>

## **NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA**

A revisão de literatura a seguir está redigida conforme normas de publicação da *Tropical Animal Health and Production*, exceto a formatação das tabelas e idioma. Link: <https://link.springer.com/journal/11250>.



## RESUMO GERAL

QUEIROZ, Fausto Expedito de. **Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa**. 2020. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.<sup>1</sup>

O sorgo biomassa BRS 716 é uma forrageira com elevado potencial de produtividade de massa, sendo uma importante cultura para ser cultivada na região semiárida do Brasil. Contudo, os aspectos relacionados ao manejo de plantio, colheita e ensilagem ainda são deficitários. Experimento 1: objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional da silagem de sorgo biomassa BRS 716 colhido em diferentes idades de corte e manejado em três espaçamentos de plantio. O teor de matéria seca e carboidratos totais da silagem apresentaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ), e proteína bruta e cinzas reduziram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o avanço da idade de corte. Considerando-se o perfil fermentativo, as perdas da ensilagem e as características nutricionais, recomenda-se a ensilagem do sorgo biomassa BRS 716 com 160 dias após o plantio com espaçamento de 90 cm. Experimento 2: objetivou-se avaliar a substituição da silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo biomassa em dietas para novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu, sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca (MS) e nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo e desempenho animal. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para consumo de matéria seca ( $P = 0,45$ ) e NDT ( $P = 0,76$ ). As digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra em detergente neutro aumentaram linearmente com a inclusão da silagem de sorgo biomassa. Os animais apresentaram ganho médio diário de peso de  $1,30 \pm 0,025$ kg. Portanto, a silagem de sorgo biomassa pode substituir em até 100% a silagem de sorgo forrageiro nas dietas de novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos, BRS 716, cinética ruminal, novilhas, sorgo forrageiro

---

<sup>1</sup> **Comitê de Orientação:** Prof. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Departamento de Ciências Agrárias /UNIMOTES (Orientador).

## GENERAL ABSTRACT

QUEIROZ, Fausto Expedito de. **Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa**. 2020. 72p. Dissertation (Master's Degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.<sup>2</sup>

The biomass sorghum BRS 716 is a forage with high potential for mass productivity, being an important crop to be cultivated in the semiarid region of Brazil. However, aspects related to the management of planting, harvesting and silage are still deficient. Experiment 1: the objective was to evaluate the fermentative profile, aerobic stability and nutritional value of the biomass sorghum silage BRS 716 harvested at different cutting ages and managed in three planting spacing. The dry matter and total carbohydrate content of the silage showed an increasing linear effect ( $P < 0.05$ ), and crude protein and ash reduced linearly ( $P < 0.05$ ) with advancing cutting age. Considering the fermentative profile, ensilage losses and nutritional characteristics, it is recommended to ensilage the biomass sorghum BRS 716 160 days after planting with 90 cm spacing. Experiment 2: the objective was to evaluate the replacement of forage sorghum silage by biomass sorghum silage, in diets for  $\frac{3}{4}$  Holstein / Zebu heifers, on the consumption and digestibility of dry matter (DM) and nutrients, nitrogen balance, ingestive behavior and animal performance. The “b” fraction of the dry matter was higher with biomass sorghum silage. There was no difference ( $P > 0.05$ ) for dry matter intake ( $P = 0.45$ ) and TDN ( $P = 0.76$ ). The digestibility of dry matter, crude protein, ether extract and neutral detergent fiber increased linearly with the inclusion of biomass sorghum silage. The animals showed an average daily weight gain of  $1.30 \pm 0.025$ kg. Therefore, biomass sorghum silage can replace up to 100% forage sorghum silage in the diets of  $\frac{3}{4}$  Holstein / Zebu heifers.

**Key words;** organic acids, BRS 716, ruminal kinetics, heifers, forage sorghum

---

<sup>2</sup> **Guidance committe:** Prof. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Department of Agrarian Sciences/UNIMOTES (Adviser).

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A ensilagem de plantas forrageiras é uma estratégia de conservação de alimentos utilizada no mundo inteiro para suprir as deficiências ou a falta de nutrientes para os animais ruminantes em diferentes sistemas de produção (Bernardes et al. 2018). A cultura de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem sido cultivada em diversas regiões do mundo para produção de silagem. Isso ocorre porque o sorgo apresenta elevada produtividade de massa por unidade de área, bom valor nutricional, tolerância ao déficit hídrico e a pragas e doenças e, se colhido na idade correta, apresenta adequada capacidade de fermentação no silo.

O sorgo biomassa cv. BRS 716, lançado em 2014 pela EMBRAPA Milho e Sorgo com a finalidade de cogeração de energia elétrica pela queima direta de biomassa em indústrias termoelétricas e sucroalcooleira apresenta potencial para ensilagem e uso na dieta de ruminantes, destacando-se pela elevada produtividade. Contudo, de acordo com Bernardes et al. (2018), a idade de corte da planta para ensilagem pode modificar os processos envolvidos com a fermentação da massa ensilada e o valor nutricional da silagem produzida. Sob este aspecto, não há na literatura informações sobre o manejo do sorgo biomassa visando a ensilagem do mesmo, assim como, relatos da utilização da silagem de sorgo biomassa na alimentação animal.

Objetivou-se por meio deste trabalho avaliar os efeitos da idade de corte e espaçamento de plantio sobre as características nutricionais e fermentativas da silagem de sorgo biomassa e potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa em substituição à silagem de sorgo forrageiro na alimentação de novilhas leiteiras.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Silagem de sorgo

A ensilagem de plantas forrageiras é uma estratégia de conservação de alimentos utilizada no mundo inteiro para suprir as deficiências ou a falta de nutrientes para os animais ruminantes em diferentes sistemas de produção (Bernardes et al. 2018). Diversas forrageiras podem ser ensiladas desde que os fatores associados com a capacidade fermentativa (teor de matéria seca e carboidratos solúveis em água e poder tampão) sejam adequados (Borreani et al. 2018).

A cultura de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem sido cultivada em diversas regiões do mundo para produção de silagem. Isso ocorre porque o sorgo apresenta elevada produtividade de massa por unidade de área, bom valor nutricional, tolerância ao déficit hídrico e a pragas e doenças e, se colhido na idade correta, apresenta adequada capacidade de fermentação no silo. Contudo, existem variações na produtividade de diferentes cultivares e híbridos de sorgo, o que tem requerido a busca constante, por parte de pesquisadores e instituições de pesquisas, pelos materiais com maior produtividade. Isso é importante porque reduz os custos com a alimentação dos animais, principalmente em regiões com déficit hídrico como a região semiárida, apresentando baixos índices pluviométricos e mal distribuídos durante o ano (Borges et al. 2019; Monção et al. 2016).

O sorgo biomassa cv. BRS 716, lançado em 2014 pela EMBRAPA Milho e Sorgo com a finalidade de cogeração de energia elétrica pela queima direta de biomassa em indústrias termoelétricas e sucroalcooleira apresenta potencial para ensilagem e uso na dieta de ruminantes, destacando-se pela elevada produtividade. Contudo, de acordo com Bernardes et al. (2018) e Monção et al. (2019ab), a idade de corte da planta para ensilagem pode modificar os processos envolvidos com a fermentação da massa ensilada e o valor nutricional da silagem produzida. Borreani et al. (2018) e Kung Jr. et al. (2018) destacaram que forragem não colhida na idade ideal de corte podem apresentar perdas de matéria seca durante a fermentação na forma de gases e efluentes, e nutricionais por meio da proteólise e digestibilidade da fibra. Além disso, o espaçamento de plantio modifica a capacidade de captação de luz pela planta alterando as características produtivas, estruturais e nutricionais (May et al. 2016), o que pode interferir no processo de fermentação, bem como no

balanceamento de dieta para os animais ruminantes. Não há na literatura informações sobre o espaçamento de plantio e a melhor idade de corte do sorgo biomassa BRS 716, objetivando-se a produção de silagem. De acordo com Monção et al. (2019 b), na região semiárida, a intensa radiação solar ao longo do ano associada com temperaturas elevadas, altera o padrão de crescimento da planta, apontando a necessidade de se conhecer o melhor manejo de corte de forrageiras com a finalidade de produção de silagem.

## **2.2 Sorgo biomassa**

O sorgo biomassa cada vez mais vem ganhando espaço no cenário brasileiro, com alto potencial de produção de matéria seca por ciclo, superando 50 t/ha por ciclo de 6 meses (EMBRAPA, 2014). Outras características que chamam a atenção é a quantidade de massa verde, porte alto e teor de fibra presente no colmo. Sendo sensível ao fotoperíodo, o ciclo vegetativo é ampliado, aumentando assim, a produção de biomassa por área em relação as cultivares menos sensíveis ao fotoperíodo. Entre as vantagens apresentadas pela cultura destaca: cultura totalmente mecanizável, tolerância ao déficit hídrico e propagação por sementes (Parrella et al. 2014).

Como já foi relatado, o sorgo biomassa tem como característica ser sensível ao fotoperíodo, sendo considerada uma planta de dia curto, que floresce apenas quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, período entre 21 de março e 22 de setembro, na maior parte do Brasil. Sendo assim, sua semeadura ocorrendo nos meses de outubro a dezembro, quando o fotoperíodo é maior que 12 horas e 20 minutos, o desenvolvimento da gema floral iniciará a partir de 21 de março do ano seguinte, ampliando o ciclo vegetativo e maior produção de biomassa por área ou ciclo, em comparação a cultivares menos sensíveis ao fotoperíodo, que florescem em qualquer época do ano e com ciclo curto (May et al. 2013).

Apesar dos esforços da pesquisa no Brasil em direção ao uso do sorgo biomassa, para geração de energia e alimentação de ruminantes, existem poucas publicações e falta de dados sobre o assunto e seu potencial econômico. A obtenção de híbridos exclusivos de sorgo biomassa teve início em 2008 pela EMBRAPA Milho e Sorgo localizado em Sete Lagoas-MG, levando em consideração as avaliações genotípicas e fenotípicas dos diversos materiais, indicando que o híbrido denominado BRS 716, lançado em 2014 foi o que apresentou as

melhores produtividades e características agronômicas para a agroenergia (Parrella et al. 2014).

É importante considerar que a região semiárida sofre com a falta de alimento para bovinos no período seco do ano, seja por forragem no campo ou alimentos conservados. O sorgo biomassa possui alta capacidade de produção de massa, possibilitando o produtor ter alimento conservado por meio de ensilagem do material para uso principalmente no período seco. Diante do exposto, o sorgo biomassa surgiu como uma alternativa para produtores de bovinos em períodos de seca por meio de alimentos conservados.

### **2.3 Criação de novilhas**

A criação de animais de reposição é uma atividade dentro da fazenda de extrema importância, uma vez que os ganhos genéticos do rebanho dependem da substituição anual de vacas improdutivas por animais jovens de potencial produtivo superior (Santos & Damasceno, 1999). Entretanto, esta categoria animal até entrar na fase produtiva, não gera renda para a propriedade, somente gastos econômicos para o produtor. Segundo Santos & Lopes (2014), a alimentação das novilhas até a fase produtiva representa o maior dos custos chegando a 60% do total, seguido por mão de obra. Pensando nesse aspecto, a nutrição tem papel fundamental na criação de novilhas para reposição, principalmente por reduzir a idade a primeira cria e a quantidade de novilhas que entram no sistema mais cedo para manutenção e estabilidade do rebanho (Freitas et al. 2010).

Os sistemas de criação considerados ideais estipulam valores e metas a serem seguidas para que os animais não percam desempenho produtivo a primeira lactação, valores estes para novilhas mestiças (Holandês/ Zebu) de idade a primeira cobertura com 18 a 20 meses e primeira cria prevista entre 28 a 30 meses. Para isto é essencial que a novilha tenha passado por um adequado sistema de cria e recria (Santos & Lopes, 2014).

Segundo Veigas (2016), ao reduzir a idade ao primeiro parto de 36 para 24 meses, pode-se diminuir em 40% os custos fixos de criação desta categoria, levando em conta o número de animais necessários para a reposição, alimentação e tempo. Ressaltou também que quanto mais adequada for à criação de novilhas, melhores serão os ganhos para a futura vaca.

## 2.4 Consumo de nutrientes

A fibra em detergente neutro (FDN) por apresentar menor fermentação e passagem pelo rúmen e retículo, quando comparado aos outros componentes da dieta, tem sido indicada como principal fator regulador de consumo de matéria seca em dietas com base em forragens (Júnior et al. 2007).

A correlação entre níveis energéticos da dieta e o consumo de matéria seca por bovinos, dietas com baixa energia e alta concentração de fibras, limita o animal ao consumo pelo espaço físico, conhecido como enchimento ruminal. A fibra leva mais tempo para ser digerida, ficando mais tempo no rúmen, implicando em menor taxa de passagem, limitando o consumo de matéria seca. Por outro lado, em dietas com alta energia e baixa fibra, o consumo é limitado pela demanda energética, “centro da saciedade”, e por fatores metabólicos (NRC, 1987).

Devido o grande volume ocupado por fração da parede celular proveniente de forragens, a fibra em detergente neutro tem sido correlacionada como barreira física do consumo de matéria seca, por apresentar características de baixa densidade e degradação lenta, comparada ao conteúdo celular (Van Soest, 1994; NRC, 2001). O efeito de enchimento proporcionado leva a músculos do rúmen e retículo a ficarem sobre fortes estímulos mecânicos e químicos em resposta a distensão, levando o animal a parar o período de alimentação (Allen, 2000).

Sabendo que o teor de FDN não é o único limitante do consumo voluntário em bovinos (Detmann et al. 2014), para se ter melhor predição do consumo voluntário de alimentos, a separação da FDN em relação ao seu poder de degradação ruminal tem que ser levada em conta, representada pela fração FDN potencialmente degradável (FDN<sub>pd</sub>) (Huhtanen et al. 2007; Harper e Mc Neil, 2015). O tempo gasto com ruminação é altamente correlacionado com o consumo de FDN por bovinos, o que vem sendo evidenciado por vários trabalhos (Martins et al. 2012; Sousa et al. 2016).

Outra característica dietética que pode ser levadas em relação ao menor consumo de matéria seca pelos bovinos é a concentração mínima de proteína necessária na dieta para atividade dos microrganismos ruminais na utilização dos carboidratos fibrosos da forragem tropical, teor esse de proteína que não pode ser menor que 8% da matéria seca da dieta (Lazzarini et al. 2009). A deficiência proteica pode limitar a produção animal ocorrendo baixo

consumo de matéria seca, está é caracterizada pela baixa oferta de nitrogênio amoniacal, impactando no crescimento microbiano, e conseqüentemente na menor digestibilidade dos carboidratos fibrosos da forragem (Detmann et al. 2014).

## **2.5 Comportamento ingestivo**

Variações no consumo de matéria seca estão relacionadas também ao comportamento ingestivo dos animais como, número de refeições consumidas por dia, duração média das refeições e pela velocidade de alimentação de cada refeição. De acordo com Antunes et al. (2014), a mastigação tem papel fundamental na digestão do alimento, promovendo quebra de partículas, hidratação da digesta pela maior excreção de saliva, favorecendo a colonização, digestão e taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal.

Os horários de fornecimento das dietas aos animais tendem a interferir nos picos de comportamento ingestivo (Oliveira et al. 2012). Oliveira et al. (2016) observaram maior ocorrência de ingestão de alimentos durante o dia, em que se verificaram dois picos de alimentação bem claros, momentos estes após a dieta ser fornecida, tendo correlação direta com a ingestão total diária de alimentos. O tempo denominado ócio, onde o animal permanece em atividade mínima, sem grandes gastos de energia, e ao mesmo, digerindo o alimento ingerido e produzindo energia, também é influenciado pela forma que o alimento se encontra, principalmente com a efetividade da fibra do alimento (Mousquer et al. 2013).

Os processos de captura de alimento e processamento pelo animal podem aumentar a digestão ruminal e taxa de passagem, favorecendo o aumento de consumo de matéria seca e FDN. Doerzbacher et al. (2012) destacaram que, quanto menor a oferta de forragem, mais tempo e bocados o animal levará para colher o alimento para atender sua necessidade nutricional. Silva et al. (2015) observaram correlações entre tempo de alimentação total é o consumo de FDN, e relataram que este resultado provavelmente ocorreu devido à taxa de passagem da forragem, cuja limitação é o efeito físico causado pelo teor de FDN presente na dieta. De acordo com Pacheco et al. (2013), bovinos mantidos em pastagens são influenciados pelas características qualitativas e quantitativas, aumentando o tempo de pastejo e ruminação quando comparado com o teor de FDN da pastagem, teores maiores



seguidos de baixa qualidade, diminuem a ingestão e aumenta tempo de ruminação dos alimentos.

A regulação fisiológica do animal é dada pelo balanço nutricional, ou seja, por suas exigências de manutenção e produção (Mertens, 1997). Quando são fornecidas ao animal dietas de alta aceitabilidade, baixa capacidade de enchimento e de rápida digestão, o consumo é regulado pela demanda energética do animal, sendo suprido sem haver qualquer desconforto metabólico que possa interferir no consumo da dieta ofertada (Mertens, 1997).

Fox et al. (1988) relataram que, em temperaturas ambientes variando entre 25°C a 35°C, houve uma redução de 10% e acima de 35°C redução de 35% no consumo de matéria seca por animais leiteiros cruzados. A ingestão de matéria seca também sofre interferência do comprimento do dia, com variações de 1,5 a 2% para mais e para menos, em relação a dias mais longos e mais curtos (Ingvarsen et al. 1992).

### 3 REFERÊNCIAS

- Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83, 1598-1624.
- Antunes, A.P.S., Rocha Júnior, V.R. e Ruas, J.R.M., 2014. Characteristics of the ingestive behavior and milk production of F1 Holstein x Zebu cows fed with diets containing increasing levels of urea. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 3, 192-198.
- Bernardes, T.F., Daniel, J.L.P., Adesogan, A.T., Mc Allister, T.A., Drouin, P., Nussio, L.G., Huttanen, P., Trembly, G.F., Belanges, G. e Cai, Y., 2018. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, 101, 4001-4019.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J. e Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101, 3952-3979.
- Detmann, E., Gionbelli, M.P. e Huhtanen, P.A., 2014. Meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 92, 4632-4641.
- Doerzbacher, A.L.C., Reis, R.H.P., Matte, L.C., Balbinot, E., Sousa, F.G., Herrera, D.M., Rizzi, T.S. e Mielke, K.C., 2012. Padrões de deslocamento de bovinos Girolandos em diferentes sistemas de pastejo em pastagem de capim-marandú. *Revista Científica de Produção Animal*, 14, 121-124.
- Freitas, J.A., Pinto, P.H.N., Fronchetti, D.R., Mota, M.F., Lana, R.P. e Souza, J.C., 2010. Influência de diferentes taxas de crescimento de novilhas holandesas sobre a produção de leite e idade ao primeiro parto. *Revista Brasileira Ciências da Veterinária*, 17, 55-58.
- Harper, K.J. e Mc Neill, D.M., 2015. The role of iFDN in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems (the role of iFDN in the regulation of forage intake), *Agriculture*, 5, 778-790, 2015.
- Huhtanen, P., Rinne, M. e Nousiainen, J., 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: A revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal*, 1, 758-770.
- Inguartsen, K.L., Andersen, H.R. e Folda Ger, J., 1992. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B*, 42, 40-46.

- Júnior, G.L., Zanine, A.M. e Borges, I., 2007. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Animal Science*, 17, 7-17.
- Kung, Jr, L., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic componentes of silages. *Journal of Dairy Science*, 101, 4020-4033.
- Lazzarini, I., Detmann, E., Sampaio, C.B., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., Sousa, M.A. e Oliveira, F.A., 2009. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61, 635-647.
- Martins, S.C.S.G. e Rocha Júnior, V.R., Caldeira, L.A., Barros, I.C., Silva, G.W.V., Costa, M.D., Palma, M.N.N. e Sousa, A.S., 2012. Comportamento ingestivo de vacas mestiças alimentadas com dietas à base de diferentes volumosos. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 19, 13-20.
- May, A., Souza, V.F., Gravina, G.A. e Fernandes, P.G., 2016. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciência Rural*, 46, 434-439.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 1463-1481.
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr., G. C., (Ed.), 1994. Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, 450-493.
- Monção, F.P., Oliveira, E.R., Gabriel, A.M.A., Nascimento, F.A., Pedroso, F.W. e Freitas, L.L., 2016. Nutritional parameters of leaf blade from different tropical forages. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.15, p.185-193.
- Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., Moura, M.M.A., Rocha Júnior, V.R., Gomes, V.M., Leal, D.B., Maranhão, C.M.A., Albuquerque, C.J.B. e Chamone, J.M.A., 2019. Yield and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. *Semina Ciências Agrárias*, p.2045-2056.
- National Research Council-NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup>. ed. rev. Washington, D. C.: National Academy Press, p.381.
- National Research Council-NRC, 1987. Nutrient requirements of dairy cattle. 6<sup>th</sup>.ed. rev. Washington, D. C.: National Academy of Sciences, p.157.
- Oliveira, P.T.L. e Turco, S.H.N., 2012. Comportamento ingestivo e parâmetros fisiológicos de bovinos Sindi alimentados com teores crescentes de feno de erva-sal. *Revista Brasileira de Ciência e Agrárias*, 7, 180-188.

- Oliveira, K.M., Castro, G.H.F., Herculano, B.N., Mourthe, M.H.F., Santos, R.A. e Pires, A. V., 2016. Comportamento ingestivo de bovinos leiteiros alimentados com farelo de crumbe. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 439-447.
- Pacheco, R.F., Filho, D.C.A., Borandini, I.L., Restle, J., Pizzuti, L.A.D. e Cattel Man, L., 2013. Parâmetros comportamentais de vacas de descarte em pastagem de milho ou capim sudão. *Ciência Animal Brasileira*, 14, 323-331.
- Parrella, R.A.C.; Menezes, C.B.; Rodrigues, J.A.S.; Tardin, F.D.; Schaffert, R.E., 2014. *Sorgo do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, 275p.
- Santos, G. e Lopes, M.A., 2014. Custos de produção de fêmeas bovinas leiteiras do nascimento ao primeiro parto. *Ciência Animal Brasileira*, 15, 11-19.
- Santos, G.T. e Damasceno, J.C., 1999. Nutrição e alimentação de bezerras e novilhas. Organizado por: Iran Borges de Oliveira; Lúcio Gonçalves Nutrição de Gado de Leite:ed. 1 ed., Anais... Belo Horizonte; Escola de Veterinária da UFMG, 1, 39-64.
- Silva, D.A., Rocha Júnior, V.R., Ruas, J.R.M., Santana, P.F., Borges, L.A., Caldeira, L.A., Reis, S.T., Menezes, J.C. e Lanna, D.P.D., 2019. Chemical and fatty acid composition of milk from crossbred cows subjected to feed restriction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, e000051.
- Silva, R.R.; Oliveira, A.C., Carvalho, G.G.P., Silva, F.F., Mendes, F.B.L., Almeida, V.V.S., Rodrigues, L.B.O., Pinheiro, A.A., Silva, A.P.G. e Prado, R.M., 2015. Correlation between intake and ingestive behaviour of confined Holstein-Zebu crossbred heifers. *American Journal of Experimental Agriculture*, 6, 15-21.
- Souza, C.F., Rocha Júnior, V.R., Reis, S.T., Antunes, C.R., Rigueira, J.P.S., Sales, E.C.J., Soares, C. e Souza, G.R., 2016. Casca de banana em dietas para vacas mestiças em lactação. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17, 86-100.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. (2<sup>nd</sup> ed) Corvallis, O & B Books, p.415.
- Viégas, J., 2016. Alimentação e manejo de novilhas leiteiras. In: Gonzáles, F.H.D., Raimondo, R.F.S. e Rivero, B.R.C. (Ed.), 2016. *Simpósio nacional da vaca leiteira*. 3. Porto Alegre. Anais .... Porto Alegre- RS, 35-64.

## NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

O artigo a seguir está redigido conforme normas de publicação da *Grass and Forage Science*, exceto a formatação das tabelas e idioma. Link: <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/13652494/homepage/forauthors.html>

1 **4 Efeito de espaçamento de plantio e idade de corte sobre a fermentação, estabilidade**  
2 **aeróbia e características nutricionais da silagem de sorgo biomassa**

3  
4 Fausto Expedito de Queiroz<sup>1</sup>, ...

5  
6  
7 **\*Corresponding Author: Vicente Ribeiro Rocha Júnior**

8 Tel: +55-38-99983-8240, Fax: +55- 38-3821-2756, E-mail: [vicente.rocha@unimontes.br](mailto:vicente.rocha@unimontes.br)

9 <sup>1</sup> Department of Animal Science and Technology, State University of Montes Claros, Avenue  
10 Reinaldo Viana, 2630, Janaúba, Minas Gerais, Brazil

11  
12  
13 **Agradecimentos**

14 Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais  
15 (FAPEMIG), Unimontes Pró-Reitoria de Pesquisa, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia  
16 (INCT-Ciência Animal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
17 (CNPq). Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de  
18 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

19  
20  
21 **Conformidade com padrões éticos**

22 Todos os procedimentos de manuseio de animais foram aprovados pelo Comitê de  
23 Cuidado e Uso de Animais da Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil (protocolo  
24 CEBEA-Unimontes 173/2018).

25  
26 **Efeito de espaçamento de plantio e idade de corte sobre a fermentação, estabilidade**  
27 **aeróbia e características nutricionais da silagem de sorgo biomassa**

28  
29 **Resumo**

30 Objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional da  
31 silagem de sorgo biomassa BRS 716 colhido em diferentes idades de corte e manejado em  
32 três espaçamentos de plantio. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em

33 esquema de parcelas subdivididas 3 x 4, sendo três espaçamentos de plantio (45, 70 e 90  
34 cm) e quatro de idades de corte (70, 100, 130 e 160 dias), com oito repetições. Para  
35 produção de silagem, foram usados silos de PVC com peso conhecido e comprimento de 50  
36 cm e 10 cm de diâmetro. Houve interação da idade de corte com espaçamento de plantio  
37 para produção de matéria seca, sendo que a maior produtividade (36611 kg/ha) foi observada  
38 aos 160 dias com o espaçamento de 90 cm. O teor de matéria seca e carboidratos totais da  
39 silagem apresentaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ), e proteína bruta e cinzas reduziram  
40 linearmente ( $P < 0,05$ ) com o avanço da idade de corte. O espaçamento de plantio não  
41 influenciou os valores de pH ( $P = 0,59$ ), nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ;  $P = 0,15$ ), perda por  
42 gases, %MS ( $P = 0,58$ ), perdas por efluentes, kg de MV/ton ( $P = 0,29$ ) e índice de recuperação  
43 da matéria seca ( $P = 0,39$ ). As concentrações de ácido málico, ácido succínico, ácido acético e  
44 etanol, em função da idade de corte, ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão  
45 ( $P < 0,05$ ). Em relação aos componentes fibrosos da silagem de sorgo biomassa, os teores de  
46 fibra em detergente neutro ( $P < 0,01$ ), lignina ( $P < 0,01$ ) e FDNi ( $P = 0,01$ ), ajustaram-se ao  
47 modelo de regressão linear crescente com a idade de corte. A cinética ruminal da matéria  
48 seca das silagens de sorgo biomassa não foi influenciada pelo espaçamento de plantio. Em  
49 função da idade de corte, houve diferença ( $P < 0,01$ ) para fração "a", taxa de degradação c,  
50 degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva, ajustando-se ao modelo de regressão  
51 linear decrescente. Considerando-se a produtividade, o perfil fermentativo, as perdas da  
52 ensilagem e as características nutricionais, recomenda-se a ensilagem do sorgo biomassa  
53 BRS 716 com 160 dias após o plantio e espaçamento de plantio de 90 cm.

54

55 Palavras-chave: ácidos orgânicos, cinética ruminal, efluentes, matéria seca, Ph

56

#### 57 **4.1 Introdução**

58

59 A ensilagem de plantas forrageiras é uma estratégia de conservação de alimentos  
60 utilizada no mundo inteiro para suprir as deficiências ou a falta de nutrientes para os animais  
61 ruminantes em diferentes sistemas de produção (Bernardes et al. 2018). Diversas forrageiras  
62 podem ser ensiladas desde que os fatores associados com a capacidade fermentativa, teor  
63 de matéria seca, carboidratos solúveis em água e poder tampão, sejam adequados (Borreani  
64 et al. 2018).

65 A cultura de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem sido cultivada em diversas  
66 regiões do mundo para produção de silagem. Isso ocorre porque o sorgo apresenta elevada  
67 produtividade de massa por unidade de área, bom valor nutricional, tolerância ao déficit  
68 hídrico e a pragas e doenças e, se colhido na idade correta, apresenta adequada capacidade  
69 de fermentação no silo. Contudo, existem variações na produtividade de diferentes  
70 cultivares e híbridos de sorgo, o que tem requerido a busca constante, por parte de  
71 pesquisadores e instituições de pesquisas, pelos materiais com maior produtividade. Isso é  
72 importante porque reduz os custos com a alimentação dos animais, principalmente em  
73 regiões com déficit hídrico como a região semiárida (Borges et al. 2019; Monção et al 2016).

74 O sorgo biomassa cv. BRS 716, lançado em 2014 pela EMBRAPA Milho e Sorgo com a  
75 finalidade de cogeração de energia elétrica pela queima direta de biomassa em indústrias  
76 termoelétricas e sucroalcooleira apresenta potencial para ensilagem e uso na dieta de  
77 ruminantes, destacando-se pela elevada produtividade de até 50 t/ha de matéria seca.  
78 Contudo, de acordo com Bernades et al. (2018) e Monção et al. (2019ab), a idade de corte  
79 da planta para ensilagem pode modificar os processos envolvidos com a fermentação da  
80 massa ensilada e o valor nutricional da silagem produzida. Borreani et al. (2018) e Kung Jr. et  
81 al. (2018) destacaram que forragem colhida em diferentes idades de corte podem  
82 apresentar perdas de matéria seca durante a fermentação na forma de gases e efluentes, e  
83 nutricionais por meio da proteólise e redução da digestibilidade da fibra. Além disso, o  
84 espaçamento de plantio modifica a capacidade de captação de luz pela planta alterando as  
85 características produtivas, estruturais e nutricionais (May et al. 2016), o que pode interferir  
86 no processo de fermentação, bem como no balanceamento de dieta para os animais  
87 ruminantes. Não há na literatura informações sobre o espaçamento de plantio e a melhor  
88 idade de corte do sorgo biomassa BRS 716, objetivando-se a produção de silagem. De acordo  
89 com Monção et al. (2019 b), na região semiárida, a intensa radiação solar ao longo do ano  
90 associada com temperatura elevada, altera o padrão de crescimento da planta, apontando a  
91 necessidade de se conhecer o melhor manejo de corte de forrageiras com a finalidade de  
92 produção de silagem.

93 Com base no exposto, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, estabilidade aeróbia  
94 e valor nutricional da silagem de sorgo biomassa BRS 716 colhido em diferentes idades de  
95 corte e manejado em três espaçamentos de plantio na região semiárida.



96 **4.2 Material e Métodos**

97

98 Declaração de ética

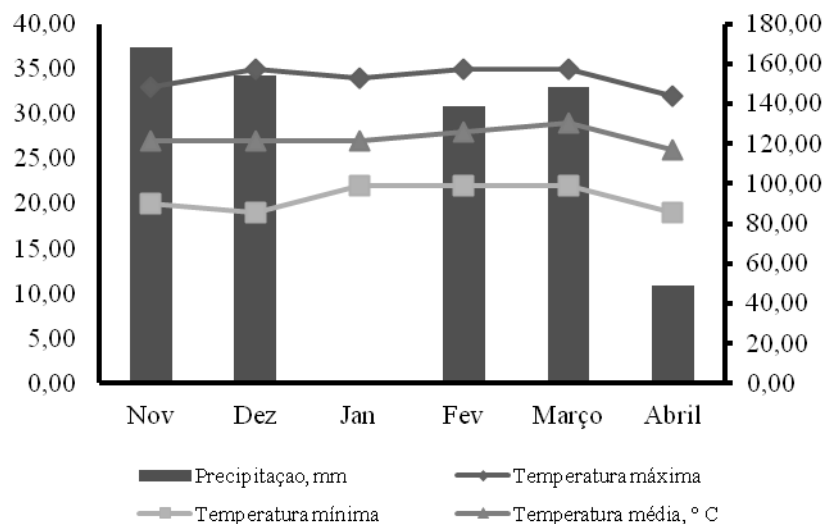
99 Os procedimentos de cuidado e manejo dos animais utilizados no experimento  
100 estavam de acordo com diretrizes do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA)  
101 e foram aprovados pelo Comitê de Ética, Bioética e Bem-Estar Animal (CEBEA) da  
102 Universidade Estadual de Montes Claros, (protocolo nº 173/2018).

103

104 Local do experimento

105 O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES, no município  
106 de Janaúba (coordenadas geográficas: 15 ° 52'38 "S, 43 ° 20'05" W), Minas Gerais. O clima da  
107 região, segundo a classificação de Koppe-Geiger (1948), é do tipo Aw, com chuvas de verão e  
108 períodos de seca bem definidos no inverno. A precipitação média anual é de 876 mm, com  
109 temperatura média anual de 24 °C. O clima é tropical mesotérmico, quase megatérmico,  
110 devido à altitude, sub-úmido e semiárido, com chuvas irregulares, causando longos períodos  
111 de seca. Os dados climáticos durante o período experimental podem ser verificados na  
112 Figura 1.

113



114

115 Figura 1. Dados climáticos durante o período experimental. Fonte: Instituto Nacional de  
116 Meteorologia [INMET] (2020).

117

118 O experimento foi realizado em uma área plana (25 m x 100m) com sorgo biomassa  
119 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), estabelecido em solo vermelho-amarelo distrófico com  
120 textura argilosa com as seguintes características químicas: pH em CaCl<sub>2</sub>, 6,3; P (Mehlich),  
121 21,2 mg dm<sup>-3</sup>; K (Mehlich), 110 mg dm<sup>-3</sup>; Na (Mehlich), 0,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>, 3,9 cmolc dm<sup>-3</sup>;  
122 Mg<sup>2+</sup>, 1,1 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup>, 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; H + A1 (acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>), 1,2  
123 cmolc dm<sup>-3</sup>; soma de bases 5,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions, 6,7 cmolc dm<sup>-3</sup>;  
124 Saturação de base (V), 82%. Amostras de solo foram coletadas para análise 70 dias antes do  
125 plantio.

126

#### 127 Tratamentos e delineamento experimental

128 Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas  
129 subdivididas 3 x 4, sendo três espaçamentos de plantio (45, 70 e 90 cm; parcelas) e quatro  
130 de idades de corte (70, 100, 130 e 160 dias; subparcelas) com oito blocos, perfazendo um  
131 total de 96 parcelas com 5,0 x 25,0 m cada e área útil de 3 x 15 m. As idades de corte foram  
132 definidas em função da alta capacidade de crescimento do sorgo biomassa BRS 716. Os  
133 espaçamentos foram definidos conforme May et al. (2016).

134

#### 135 Plantio e manejo do sorgo

136 O plantio do sorgo biomassa foi realizado com sementes doadas pela Embrapa Milho  
137 e Sorgo. Uma aração e duas gradagens foram realizadas como preparo do solo, antes do  
138 plantio, para uniformização da área. Durante a fase de plantio aplicou-se adubo NPK (4-14-  
139 08) conforme recomendação da análise de solo para cultura do sorgo. O uso de irrigação  
140 suplementar durante o experimento foi feita de acordo com a umidade presente no solo. O  
141 controle de plantas daninhas e insetos foram realizados por meio de capinas manuais e  
142 aplicação de inseticidas, respectivamente, utilizando pulverizador acoplado ao trator. A  
143 avaliação de produtividade de forragem fresca e teor de matéria seca do material ensilado  
144 foram feitas após cada corte nas diferentes idades e espaçamentos.

145

#### 146 Processo de ensilagem

147 Em cada espaçamento de plantio e idade de corte, a forragem foi colhida  
148 manualmente e triturada usando uma colhedora modelo JF-90 Z10 (JF Agricultural  
149 Machinery, SP, Brasil) acoplada ao trator New Holland TL 75 (New Holland Agriculture ®,

150 Paranaíba – PR, Brasil). Para produzir a silagem, foram utilizados silos experimentais de  
151 polyvinyl chloride (PVC) de peso conhecido, com 50 cm de comprimento e 10 cm de  
152 diâmetro. O fundo dos silos continha 10 cm de areia seca (400 g) que foi separada da  
153 forragem por espuma para quantificar o efluente produzido e, após a homogeneização  
154 completa da forragem, o material resultante foi depositado nos silos e compactado com um  
155 êmbolo de madeira. Para cada tratamento, quantificou-se a densidade da silagem (550 kg de  
156 material natural m<sup>-3</sup>) e quantificou-se aproximadamente 4 kg do material picado de cada  
157 forragem fresca, conforme recomendado por Ruppel et al. (1995). Após o enchimento, os  
158 silos foram fechados com tampas de PVC equipadas com válvulas tipo *Bunsen*, seladas com  
159 fita adesiva e pesadas. Os silos foram armazenados à temperatura ambiente nas instalações  
160 do Laboratório de Análise de Alimentos da UNIMONTES, e foram abertos 65 dias após a  
161 ensilagem.

162

### 163 Perdas fermentativas

164 As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram  
165 quantificadas por diferença de peso de acordo com Jobim et al. (2007). Para a perda por  
166 efluente foi utilizada a equação 1.

$$167 E = (P_{ab} - P_{en}) / (MV_{fe}) \times 1000 \quad (\text{Equação 1})$$

168 onde:

169 E: produção de efluentes (kg/tonelada de massa verde); P<sub>ab</sub>: peso do conjunto  
170 (silo+tampa+areia úmida+espuma) na abertura (kg); P<sub>en</sub>: peso do conjunto  
171 (silo+tampa+areia seca+ espuma) na ensilagem (kg); MV<sub>fe</sub>: massa verde de forragem  
172 ensilada (kg).

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

$$176 G = [(P_{Cen} - P_{en}) * MS_{en}] - [(P_{Cab} - P_{en}) * MS_{ab}] \times 100 / [(P_{Cen} - P_{en}) * MS_{en}] \quad (\text{Equação 2})$$

177 Em que:

178 G: perdas por gases (%MS); P<sub>Cen</sub>: peso do silo cheio na ensilagem (kg); P<sub>en</sub>: peso do  
179 conjunto (silo+tampa+areia seca+ espuma) na ensilagem (kg); MS<sub>en</sub>: teor de matéria seca da  
180 forragem na ensilagem; P<sub>Cab</sub>: peso do silo cheio na abertura (kg); MS<sub>ab</sub>: teor de matéria

181 seca da forragem na abertura. A recuperação da MS para cada silo foi calculada com base no  
182 peso inicial e final nos teores de MS das forragens e silagens conforme, Jobim et al. (2007).

183

#### 184 Estabilidade aeróbia

185 A estabilidade aeróbica foi determinada colocando-se uma amostra de silagem  
186 (aproximadamente 2 kg) de cada minisilo em um balde de plástico de 4 L de capacidade e  
187 mantida em uma sala à temperatura ambiente (24,5–25,5 °C). A temperatura da silagem foi  
188 medida a cada hora usando *data logger* colocado no centro da massa por nove dias. A  
189 temperatura ambiente também foi medida a cada hora por um coletor de dados colocados  
190 perto dos baldes. A estabilidade aeróbica foi definida como o número de horas em que a  
191 temperatura da silagem permaneceu estável antes de aumentar mais de 2 °C acima da  
192 temperatura ambiente (Moran et al., 1996).

193

#### 194 Avaliação do pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos

195 A determinação do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e ácidos orgânicos (Pryce,  
196 1969) foram obtidos por meio de extrato da silagem. O pH foi medido com potenciômetro  
197 (DM-22, Digimed, São Paulo, SP, Brasil) e o nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) segundo técnica  
198 descrita por Noel e Hambleton (1976). Os teores de ácidos graxos voláteis foram estimados  
199 em cromatógrafo gasoso com detector de massas (GCMS; GCMS QP 2010 plus, Shimadzu®,  
200 Kyoto, Japan), usando coluna capilar (Stabilwax, Restek®, Bellefonte, USA; 60 m, 0,25 mm Ø,  
201 0,25 µm crossbond carbowax polyethylene glycol) e parâmetros analíticos conforme as  
202 recomendações do fabricante.

203

#### 204 Composição químico-bromatológica e cinética ruminal

205 Uma parte das silagens foi pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C.  
206 Posteriormente, todas as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de malha  
207 com crivos de 1 mm de diâmetro para análises laboratoriais e uma parte das amostras foi  
208 moída em peneira com crivos de 2 mm de diâmetro para incubação *in situ*. As amostras  
209 foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína  
210 bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-005/1), e cinzas (INCT-CA M-001/1),  
211 fibra em detergente neutro (INCT-CA F-002/1) e a fibra em detergente ácido (INCT-CA F-  
212 003/1), com as devidas correções para cinzas (INCT-CA M-002/1) e proteínas (INCT-CA N-

213 004/1), teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em  
214 detergente ácido (NIDA), lignina (INCT-CA F-007/1) e os carboidratos não fibrosos, seguindo  
215 as recomendações descritas em Detmann et al. (2012). O teor de nutrientes digestíveis  
216 totais (NDT) foi estimado de acordo com NRC (2001).

217 Para a avaliação da cinética de degradação ruminal da MS das silagens de sorgo  
218 biomassa, foram utilizados quatro novilhos mestiços, com peso médio de  $500 \pm 70$  kg e  
219 canulados no rúmen. Os animais receberam 4,0 kg de concentrado em duas porções iguais  
220 de manhã e à tarde, além de dietas à base de silagem de sorgo biomassa. A técnica de  
221 degradabilidade *in situ* foi realizada usando sacos de tecido não tecido de 7,5 x 15 cm (TNT,  
222 peso 100) com uma porosidade aproximada de 60  $\mu\text{m}$ , de acordo com Casali et al. (2009); o  
223 número de amostras foi determinado a partir da razão de 20 mg de  $\text{MS}\cdot\text{cm}^{-2}$  de área de  
224 superfície do saco (Nocek, 1988).

225 As amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24,  
226 48, 72, 96, 120 e 144 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à  
227 cânula. Os sacos referentes ao tempo zero não foram incubados no rúmen, mas foram  
228 lavados em água corrente, à semelhança dos sacos incubados. Todas as amostras foram  
229 retiradas e lavadas em água fria, visando paralização da fermentação ruminal.  
230 Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufas a  $55^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas e após,  
231 resfriado em dessecador e pesados. Os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não  
232 tecido (TNT), recolhidos no rúmen foram analisados quanto aos teores de MS conforme  
233 metodologia supracitada. A porcentagem de degradação foi calculada pela proporção de  
234 alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

235 Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de  
236 Gauss-Newton, por meio do software SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC), conforme a  
237 equação proposta por (Orskov; McDonald, 1979):  $Y=a+b(1-e^{-ct})$ , em que: Y = degradação  
238 acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de  
239 degradação quando  $t = 0$ , que corresponde à fração solúvel em água do componente  
240 nutritivo analisado; b = potencial da degradação da fração insolúvel em água do  
241 componente nutritivo analisado;  $a+b$  = degradação potencial do componente nutritivo  
242 analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa de degradação por ação  
243 fermentativa de b; t = tempo de incubação. Depois de calculados, os coeficientes a, b e c  
244 foram aplicados à equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):  $DE=a+(b \times c/c+k)$ , em

245 que: DE = degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = taxa de  
246 passagem do alimento. Assumiram-se taxas de passagem de partículas no rúmen estimadas  
247 em 2, 5 e 8% h<sup>-1</sup>, conforme sugerido pelo AFRC (1993). Os valores de desaparecimento  
248 verificados no tempo zero (“fração a”) foram utilizados para estimar o tempo de colonização  
249 (TC) da MS, FDN e FDA de acordo com Goes et al. (2017), onde os parâmetros “a”, “b”, e “c”  
250 foram obtidos pelo algoritmos de Gauss-Newton:  $TC = [-\ln(a'-a-b)/c]$ .

251

## 252 Análises estatísticas

253 Os dados foram submetidos à análise de variância usando os procedimentos MIXED,  
254 REG e IML do SAS, versão 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). O procedimento  
255 UNIVARIATE foi utilizado para detectar outliers ou valores influentes e examinar a  
256 normalidade dos resíduos. As variáveis referentes ao perfil fermentativo e composição  
257 químico-bromatológica foram analisadas conforme o modelo:

$$258 Y_{k(ij)} = \mu + E_i + B_j + e_{ij} + IC_k + E_i \times IC_j + e_{ijk}$$

259 Em que:

260  $Y_{ijk}$  = A observação referente espaçamento de plantio na subparcela “k” da idade de  
261 corte na parcela “i” no bloco “j”;

262  $\mu$  = constante associada a todas as observações;

263  $E_i$  = Efeito do espaçamento de plantio “i”, com i = 1, 2 e 3;

264  $B_j$  = Efeito do bloco “j”, com j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8;

265  $e_{ij}$  = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição  
266 normal com média zero e variância  $\delta_2$ .

267  $IC_k$  = Efeito da idade de corte “k”, com “k” = 1, 2, 3 e 4;

268  $E_i \times IC_j$  = Efeito da interação do nível “i” do espaçamento de plantio com o nível “k”  
269 da idade de corte;

270  $e_{ijk}$  = erro experimental associado a todas as observações ( $Y_{ijk}$ ), independente, que  
271 por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância  $\delta_2$ .

272 Quando significativas pelo teste de F, as médias dos espaçamentos de plantio e as  
273 interações foram comparadas pelo Teste de Tukey. As comparações entre as idades de corte  
274 foram realizadas pela decomposição da soma dos quadrados em contrastes lineares  
275 ortogonais e efeitos quadráticos, com ajustes subsequentes das equações de regressão. Para

276 todos os procedimentos estatísticos,  $\alpha = 0,05$  foi utilizado como limite máximo tolerável  
277 para erro do tipo III.

278 O ensaio da degradabilidade ruminal da MS foi conduzido em delineamento em  
279 blocos casualizados em parcelas subdivididas sendo 12 tratamentos (parcelas) e 10 tempos  
280 de incubação (subparcelas) e quatro blocos. A variação de peso corporal de cada animal foi o  
281 fator de blocagem. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$282 Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} + P_k + T_i \times P_{ik} + e_{ijk}$$

283 Em que:

284  $Y_{k(ij)}$  = A observação referente ao tempo (P) na subparcela k do tratamento (T) i no  
285 bloco j;

286  $\mu$  = constante associada a todas as observações;

287  $T_i$  = Efeito do tratamento "i", com  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$  e 12;

288  $B_j$  = Efeito do bloco j, com  $j = 1, 2, 3$  e 4;

289  $e_{ij}$  = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição  
290 normal com média zero e variância  $\delta_2$ ;

291  $P$  = Efeito do tempo de incubação k, com  $k=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$  e 10;

292  $TP_{ik}$  = Efeito da interação do nível i de tratamento com o nível k do tempo de  
293 incubação;

294  $e_{ijk}$  = erro experimental associado a todas as observações que por hipótese tem  
295 distribuição normal com média zero e variância  $\delta_2$ .

296 Quando significativas pelo teste de F, as médias dos tratamentos foram comparadas  
297 pelo Scott-Knott. As comparações entre os tempos de incubação foram realizadas pela  
298 decomposição da soma dos quadrados em contrastes lineares ortogonais e efeitos  
299 quadráticos, com ajustes subsequentes das equações de regressão. Para todos os  
300 procedimentos estatísticos,  $\alpha = 0,05$  foi utilizado como limite máximo tolerável para erro do  
301 tipo III.

302

### 303 **4.3 Resultados**

304

305 Houve interação da idade de corte com espaçamento de plantio sobre a altura das  
306 plantas ( $P=0,01$ ). Nas idades de 70 e 160 dias não houve diferença na altura entre os  
307 espaçamentos, com média de 1,13 metros com 70 dias e 3,80 metros com 160 dias. Nas

308 idades de 100 e 130 dias, as menores alturas foram verificadas no espaçamento de 70  
309 cm. Nos espaçamentos de plantio, 45, 70 e 90 cm, à medida que aumentou um dia na idade  
310 de corte, houve incremento linear de 0,0277; 0,0272 e 0,0303 metros na altura das plantas,  
311 respectivamente (Tabelas 1 e 2).

312 Observando a variável produção de massa verde (PMV), houve interação da idade de  
313 corte e espaçamento. Aos 70 dias de idade, o espaçamento de plantio que proporcionou  
314 maior PMV foi o de 45 cm (68291 kg/ha) e aos 100 dias, não houve diferença entre  
315 espaçamentos. À partir dos 130 dias de idade, o espaçamento que sobressaiu foi o de 90 cm,  
316 com 119541 kg/ha aos 130 dias e 141204 kg/ha aos 160 dias (Tabelas 1 e 2).

317 Para produção de massa seca (PMS) (Tabelas 1 e 2), houve interação de idade de  
318 corte com espaçamento de plantio. Aos 70 dias, a menor PMS foi verificada com o  
319 espaçamento de 90 cm (4897 kg/ha). Já aos 100 dias, a PMS foi semelhante  
320 entre espaçamentos, com média de 11861 kg/ha. Aos 130 dias de idade, o espaçamento de  
321 90 cm foi superior ao espaçamento de 45 cm e semelhante ao de 70 cm. Todavia, aos 160  
322 dias, a maior PMS foi observada com o espaçamento de 90 cm (36611 kg/ha;  $p < 0,01$ ) Para o  
323 teor de MS da planta inteira não houve interação da idade de corte com o espaçamento, e o  
324 teor de MS aumentou linearmente com a idade da planta. Maiores teores de MS foram  
325 verificados com os espaçamentos de 45 e 70 cm, em relação ao de 90 cm (Tabelas 1 e 2).

326 Em relação às variáveis da tabela 3, houve efeito de interação de espaçamento de  
327 plantio e idade de corte do sorgo biomassa somente para quebra da estabilidade em  
328 aerobiose (horas) ( $P < 0,01$ ). No espaçamento de 45 cm houve redução linear decrescente de  
329 0,46 horas/dia, com 70 cm o comportamento foi quadrático com ponto de mínima com 124  
330 dias e no espaçamento de 90 cm verifica-se efeito linear crescente de 0,4 horas/dia. O  
331 espaçamento de plantio não influenciou os valores de pH ( $P = 0,59$ ), nitrogênio amoniacal (N-  
332  $\text{NH}_3$ ;  $P = 0,15$ ), perda por gases, %MS ( $P = 0,58$ ), perdas por efluentes, kg de MV/ton ( $P = 0,29$ ) e  
333 índice de recuperação da matéria seca ( $P = 0,39$ ), sendo as médias de 3,09, 5,57%, 10,93%,  
334 39,67 kg de massa verde/tonelada, e 83,89%, respectivamente (Tabela 3). Entre as idades de  
335 corte, os valores de pH e N- $\text{NH}_3$  ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, sendo o  
336 ponto de mínima aos 131 e 134 dias, respectivamente. As perdas por gases e perdas por  
337 efluentes diminuiriam linearmente com o avanço da idade de corte em 0,0922% e 0,0934 kg  
338 MV/ton para cada dia. Ao contrário da recuperação de matéria seca (RMS) que aumentou  
339 linearmente com o avanço da idade de corte em 0,1909 para cada dia.



340 **Tabela 1.** Altura de plantas, produção de massa verde (PMV) e seca (PMS) e teor de matéria seca da planta  
 341 inteira (MS) do sorgo biomassa BRS 716 em diferentes idades (Id) e espaçamentos de plantio (Es)

Item	ESP	Idade de Corte				Média	EPM	P-valor			
		70	100	130	160			Id L	Id Q	Es	Id x Es
Altura, metros	45	1,18 A	2,27 A	2,63 AB	3,83 A	-					
	70	1,15 A	1,77 B	2,40 B	3,66 A	-	0,08	<0,01	0,29	0,01	0,01
	90	1,07 A	2,28 A	2,85 A	3,91 A	-					
PMV, kg/ha	45	68291 A	76360 A	74000 B	77857 B	-					
	70	45130 B	82864 A	86326 B	81481 B	-	5139	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	90	36759 B	79041 A	119541 A	141204 A	-					
PMS, kg/ha	45	9610 A	12122 A	14681 B	20883 B	-					
	70	6549 AB	12172 A	18136 AB	22034 B	-	1061	<0,01	0,85	<0,01	<0,01
	90	4897 B	11288 A	21100 A	36611 A	-					
MS, %	45	14,04	15,87	20,06	26,84	19,20 A					
	70	14,54	14,71	21,38	27,03	19,41 A	0,59	<0,01	<0,01	<0,01	0,10
	90	13,40	14,15	17,55	25,91	17,75 B					

342 Médias seguidas por letras distintas na coluna (efeito de espaçamento) diferem a 5% de probabilidade pelo  
 343 Teste de Tukey.

344

345 **Tabela 2.** Equações de regressão da altura de plantas, produção de massa verde (PMV) e seca (PMS) e do teor  
 346 de matéria seca (MS) do sorgo biomassa BRS 716 em diferentes idades (Id) e espaçamentos de plantio (Es)

Item	ESP	Idade de Corte				R <sup>2</sup>	P<t
		70	100	130	160		
Altura, metros	45	$\hat{Y} = 0,0277x - 0,708$				0,9647	<0,01
	70	$\hat{Y} = 0,0272x - 0,883$				0,9648	<0,01
	90	$\hat{Y} = 0,0303x - 0,957$				0,9835	<0,01
PMV, kg/ha	45	$\hat{Y} = 84,14x + 64366$				0,9881	<0,01
	70	$\hat{Y} = 352,59x + 33050$				0,5408	<0,01
	90	$\hat{Y} = 1128x - 36715$				0,9716	<0,01
PMS, kg/ha	45	$\hat{Y} = 117,38x + 707,32$				0,9561	<0,01
	70	$\hat{Y} = 167,39x - 4694$				0,9862	<0,01
	90	$\hat{Y} = 338,02x - 20736$				0,9735	<0,01
MS, %	45						
	70	$\hat{Y} = 0,1342x + 3,415$				0,8626	<0,01
	90						

347 **Tabela 3.** pH, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e perdas durante a fermentação da silagem de sorgo biomassa manejado em diferentes idades de corte e espaçamentos de  
 348 plantio

Item	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
pH <sup>1</sup>	45	3,45	3,15	2,55	3,30					
	70	3,50	3,13	2,33	3,38	0,06	<0,01	<0,01	0,59	0,18
	90	3,40	3,23	2,30	3,33					
N-NH <sub>3</sub> , %NT <sup>2</sup>	45	11,34	3,20	3,24	4,26					
	70	11,11	3,10	3,72	3,30	0,42	<0,01	<0,01	0,15	0,13
	90	11,85	2,41	4,58	4,78					
Perdas por gases, % da MS <sup>3</sup>	45	18,69	14,47	8,00	6,93					
	70	13,45	10,96	9,44	8,17	2,53	<0,01	0,18	0,58	0,79
	90	15,92	10,63	6,67	7,87					
Perdas por efluentes, kg de MV/ ton <sup>4</sup>	45	40,47	41,25	36,18	37,46					
	70	47,97	44,50	34,22	36,62	2,56	<0,01	0,29	0,52	0,54
	90	42,72	44,83	33,41	36,42					
RMS, % <sup>5</sup>	45	76,04	78,62	80,43	95,23					
	70	76,30	78,91	87,80	97,20	2,53	<0,01	<0,01	0,39	0,54
	90	80,23	78,31	83,99	93,63					
Quebra da estabilidade, horas <sup>6</sup>	45	168 A	138A	126 A	126A					
	70	168 A	96 B	102 A	120A	11,22	0,01	<0,01	0,05	<0,01
	90	108 B	120 AB	114 A	150A					

349 ESP – espaçamento de plantio; NT - nitrogênio total; MV - matéria verde; RMS – índice de recuperação da matéria seca. Equação de regressão:  $\hat{y}^1 = 7,50 - 0,0789X +$   
 350  $0,0003X^2$ ,  $R^2 = 0,6744$ ;  $\hat{y}^2 = 41,25 - 0,5908X + 0,0022X^2$ ,  $R^2 = 0,8773$ ;  $\hat{y}^3 = 21,629 - 0,0922X$ ,  $R^2 = 0,897$ ;  $\hat{y}^4 = 50,51 - 0,0934X$ ,  $R^2 = 0,6544$ ;  $\hat{y}^5 = 61,741 + 0,1909X$ ,  $R^2 = 0,8886$ ;  
 351  $\hat{y}^6_{45} = 192,4 - 0,46X$ ,  $R^2 = 0,8076$ ;  $\hat{y}^6_{70} = 476,9 - 6,21X + 0,025X^2$ ,  $R^2 = 0,9318$ ;  $\hat{y}^6_{90} = 77,0 + 0,4X$ ,  $R^2 = 0,6897$ . EPM – erro padrão da média; P – probabilidade; letras maiúsculas  
 352 na mesma coluna não diferem entre si.

353           As concentrações de ácido málico, ácido succínico e ácido acético (Tabela 4), em  
354 função da idade de corte, ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, apresentando  
355 pontos de mínima com 129, 108 e 98 dias de idade, respectivamente. O teor de ácido láctico  
356 também apresentou efeito quadrático, com ponto de máxima aos 98 dias de idade. A  
357 concentração de etanol na silagem de sorgo biomassa apresentou efeito quadrático  
358 ( $P<0,05$ ), com ponto de mínima aos 98 dias de idade. O espaçamento de plantio influenciou  
359 as concentrações de ácido málico ( $P=0,03$ ), ácido succínico ( $P<0,01$ ) e etanol ( $P<0,01$ ), sendo  
360 que o espaçamento de 70 cm implicou em maiores valores.

361 **Tabela 4.** Concentração de ácidos orgânicos e etanol da silagem de sorgo biomassa manejado em diferentes idades de corte e espaçamentos de plantio na região semiárida

Item, % MS	ESP	Idade de Corte (dias)				Média	EPM	P-valor			
		70	100	130	160			IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Ácido málico <sup>1</sup>	45	21,20	6,27	4,95	7,38	9,95 AB					
	70	19,26	7,73	8,05	7,47	10,62 A	1,88	<0,01	<0,01	0,03	0,06
	90	10,97	4,57	4,02	9,00	7,14 B					
Ácido succínico <sup>2</sup>	45	0,78	0,26	0,34	0,37	0,44 B					
	70	1,03	0,34	0,54	0,56	0,90 A	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,07
	90	0,85	0,28	0,28	0,46	0,46 B					
Ácido láctico <sup>3</sup>	45	1,34	1,55	1,46	1,36						
	70	1,38	1,59	1,48	1,15		0,09	0,06	0,01	0,66	0,47
	90	1,34	1,67	1,25	1,18						
Ácido acético <sup>4</sup>	45	0,36	0,25	0,53	0,70						
	70	0,36	0,25	0,53	0,70		0,05	<0,01	<0,01	0,88	0,44
	90	0,51	0,23	0,48	0,69						
Ácido butírico	45	<0,01	ND	ND	ND						
	70	<0,01	ND	ND	ND		<0,01	0,16	0,28	0,68	0,96
	90	0,01	ND	ND	ND						
Etanol <sup>5</sup>	45	0,65	0,45	0,73	1,68	0,87 B					
	70	0,68	0,52	0,87	1,83	0,97 A	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,07
	90	0,54	0,36	0,52	1,79	0,80 B					

362 ESP – espaçamento de plantio; MS - matéria seca. Equação de regressão:  $\hat{y}^1 = 61,865 - 0,8827X + 0,0034X^2$ ,  $R^2 = 0,9579$ ;  $\hat{y}^2 = 3,0544 - 0,0434X + 0,0002X^2$ ,  $R^2 = 0,8636$ ;  $\hat{y}^3 =$

363  $0,3549 + 0,0217X - 0,0001X^2$ ,  $R^2 = 0,7978$ ;  $\hat{y}^4 = 1,0683 - 0,0156X + 8E-05X^2$ ,  $R^2 = 0,8509$ ;  $\hat{y}^5 = 3,2629 - 0,0587X + 0,0003X^2$ ,  $R^2 = 0,9982$

364 EPM – erro padrão da média; P – probabilidade, ND – não detectável

365 A idade de corte do sorgo biomassa influenciou os teores de matéria seca, cinzas,  
 366 proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos (P<0,05)  
 367 (Tabela 5). A matéria seca e carboidratos totais, ajustaram-se ao modelo de regressão linear  
 368 crescente com aumento de 0,1098 e 0,1119% para cada 1 dia a mais de idade. Cinzas e  
 369 proteína bruta ajustaram-se ao modelo de regressão linear decrescente com redução de  
 370 0,0485 e 0,0468% ao dia, respectivamente. O teor de extrato etéreo apresentou efeito  
 371 quadrático com ponto de mínima aos 117 dias de idade, e os carboidratos não fibrosos  
 372 ponto de máxima com 142 dias de idade.

373  
 374 **Tabela 5.** Composição químico-bromatológica da silagem de sorgo biomassa manejado em diferentes idades de  
 375 corte e espaçamentos de plantio na região semiárida

Item, % MS	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Matéria seca <sup>1</sup>	45	16,56	19,18	22,59	27,03					
	70	16,91	19,72	22,14	26,91	0,79	<0,01	0,01	0,19	0,83
	90	16,04	18,42	20,38	27,06					
Cinzas <sup>2</sup>	45	9,71	7,53	8,26	4,73					
	70	9,34	7,48	7,57	4,68	0,34	<0,01	0,04	0,32	0,44
	90	10,08	6,89	7,70	4,18					
Proteína bruta <sup>3</sup>	45	10,00	8,45	5,69	5,51					
	70	10,17	7,04	6,06	5,33	0,33	<0,01	<0,01	0,24	0,06
	90	9,77	7,95	6,12	6,19					
Extrato etéreo <sup>4</sup>	45	3,71	1,53	2,18	2,64					
	70	4,48	1,89	1,50	2,97	0,34	<0,01	<0,01	0,11	0,27
	90	4,41	2,13	3,08	3,07					
Carboidratos totais <sup>5</sup>	45	76,58	82,49	83,87	87,55					
	70	76,02	83,59	84,86	87,63	0,57	<0,01	<0,01	0,14	0,44
	90	75,75	83,02	83,10	87,31					
Carboidratos não fibrosos <sup>6</sup>	45	15,95	16,12	18,88	20,04					
	70	13,99	19,67	23,60	21,22	1,25	<0,01	<0,01	0,11	0,10
	90	14,11	19,85	19,35	20,11					

376 ESP – espaçamento de plantio; MS - matéria seca. EPM – erro padrão da média; P – probabilidade.  
 377 Equação de regressão:  $\hat{y}^1 = 8,3364 + 0,1098X$ ,  $R^2 = 0,9746$ ;  $\hat{y}^2 = 12,966 - 0,0485X$ ,  $R^2 = 0,8312$ ;  $\hat{y}^3 = 12,79 -$   
 378  $0,0468X$ ,  $R^2 = 0,9004$ ;  $\hat{y}^4 = 13,476 - 0,1873X + 0,0008X^2$ ,  $R^2 = 0,8811$ ;  $\hat{y}^5 = 69,666 + 0,1119X$ ,  $R^2 = 0,8969$ ;  $\hat{y}^6 = -$   
 379  $2,0096 + 0,3137X - 0,0011X^2$ ,  $R^2 = 0,9998$ .

380 Em relação aos componentes fibrosos da silagem de sorgo biomassa (Tabela 6), os  
 381 teores de fibra em detergente neutro (P<0,01), lignina (P<0,01) e FDNi (P=0,01), ajustaram-  
 382 se ao modelo de regressão linear crescente, com acréscimos de 0,0463, 0,3747 e 0,036% ao  
 383 dia, respectivamente. A fibra em detergente ácido apresentou efeito quadrático com ponto  
 384 de máxima aos 144 dias de idade. Já os nutrientes digestíveis totais (NDT) apresentaram  
 385 ponto de mínima aos 119 dias de idade. O espaçamento de plantio não influenciou os teores  
 386 de fibra em detergente neutro (P=0,24), fibra em detergente ácido (P=0,10), lignina (P=0,23),  
 387 FDNi (P=0,22) e NDT (P= 0,12).

388  
 389 **Tabela 6.** Composição químico-bromatológica da silagem de sorgo biomassa manejado em diferentes idades de  
 390 corte e espaçamentos de plantio na região semiárida

Item, % MS	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína <sup>1</sup>	45	60,62	66,37	64,99	67,51					
	70	62,02	63,93	61,26	66,41	1,32	<0,01	0,91	0,24	0,45
	90	61,64	63,17	63,75	65,85					
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	45	40,90	47,05	46,94	46,71					
	70	37,35	44,44	43,44	46,00	1,67	<0,01	0,01	0,10	0,92
	90	40,58	44,73	46,27	45,97					
Lignina <sup>3</sup>	45	7,28	10,62	11,08	12,38					
	70	7,01	9,65	8,55	9,98	1,24	0,01	0,05	0,23	0,69
	90	8,10	8,79	9,81	11,17					
FDNi <sup>4</sup>	45	7,54	15,45	16,93	18,40					
	70	9,56	14,10	16,42	18,21	1,16	<0,01	<0,01	0,22	0,71
	90	10,82	16,50	16,64	19,41					
Nutrientes digestíveis totais <sup>5</sup>	45	50,08	45,51	46,66	47,92					
	70	51,28	47,03	47,83	49,05	0,95	0,13	<0,01	0,12	0,93
	90	50,66	47,72	48,74	49,73					

391 ESP – espaçamento de plantio; MS - matéria seca; FDNi – Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível.  
 392 EPM – erro padrão da média; P – probabilidade. Equação de regressão:  $\hat{y}^1 = 58,592 + 0,0463X$ ,  $R^2 = 0,7455$ ;  $\hat{y}^2 =$   
 393  $20,228 + 0,3747X - 0,0013X^2$ ,  $R^2 = 0,9279$ ;  $\hat{y}^3 = 5,3552 + 0,036X$ ,  $R^2 = 0,8925$ ;  $\hat{y}^4 = 4,502 + 0,0935X$ ,  $R^2 = 0,8742$ ;  
 394  $\hat{y}^5 = 65,947 - 0,3111X + 0,0013X^2$ ,  $R^2 = 0,8437$

395  
 396 A cinética ruminal da matéria seca das silagens de sorgo biomassa não foi influencia  
 397 pelo espaçamento de plantio. Em função da idade de corte, houve diferença (P<0,01) para  
 398 fração “a”, taxa de degradação c, degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva,

399 ajustando-se ao modelo de regressão linear decrescente com redução de 0,0411%, 0,0001%,  
 400 0,0887% e 0,1113% para cada dia de idade, respectivamente. Já o tempo de colonização  
 401 aumentou linearmente em 0,0361% para cada dia de idade. A fração “b” da MS apresentou  
 402 média geral de 49,55%.

403  
 404 **Tabela 7.** Cinética ruminal da matéria seca da silagem de sorgo biomassa manejado em diferentes idades de  
 405 corte e espaçamentos de plantio na região semiárida

Item, % MS	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
							Idade x			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Esp
Fração a <sup>1</sup>	45	16,81	18,54	15,95	13,85					
	70	18,76	17,80	18,45	15,63	1,18	<0,01	0,11	0,27	0,30
	90	20,56	16,92	15,83	14,91					
Fração b	45	47,97	50,12	48,32	53,32					
	70	54,45	54,36	43,85	50,53	3,14	0,07	0,32	0,42	0,13
	90	53,85	48,95	46,90	42,00					
Taxa de degradação c, %/hora <sup>2</sup>	45	0,03	0,02	0,01	0,01					
	70	0,02	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,44	0,07
	90	0,02	0,01	0,02	0,02					
Tempo de colonização, hora <sup>3</sup>	45	3,93	6,70	8,69	7,50					
	70	5,37	6,26	9,54	11,24	1,43	<0,01	0,34	0,31	0,32
	90	6,23	7,63	6,54	6,79					
Degradabilidade Potencial <sup>4</sup>	45	64,78	68,66	64,27	67,17					
	70	73,21	72,16	62,30	66,16	1,77	<0,01	0,44	0,28	0,08
	90	74,41	65,86	62,73	56,91					
Degradabilidade efetiva (k=5%/hora) <sup>5</sup>	45	34,33	30,27	24,54	22,54					
	70	32,93	29,89	28,07	23,14	1,28	<0,01	0,09	0,80	0,12
	90	35,31	26,70	26,71	24,53					

406 ESP – espaçamento de plantio; MS - matéria seca; k – taxa de passagem da digesta no rúmen (AFRC, 1993).  
 407 EPM – erro padrão da média; P – probabilidade. Equação de regressão:  $\hat{y}^1 = 21,767 - 0,0411X$ ,  $R^2 = 0,9766$ ;  $\hat{y}^2 =$   
 408  $0,0273 - 0,0001X$ ,  $R^2 = 0,7668$ ;  $\hat{y}^3 = 3,0103 + 0,0361X$ ,  $R^2 = 0,9047$ ;  $\hat{y}^4 = 76,838 - 0,0887X$ ,  $R^2 = 0,8453$ ;  $\hat{y}^5 = 41,161$   
 409  $- 0,1113X$ ,  $R^2 = 0,9659$

#### 410 **4.4 Discussão**

411

412 O aumento do teor de matéria seca se deve ao avanço da idade de corte do sorgo  
413 biomassa BRS 716, além da maior recuperação de matéria seca nas idades mais avançadas.  
414 Com o avanço da idade de corte, o teor de carboidratos totais aumentaram juntamente com  
415 o teor de matéria seca, esses dois fatores podem ter como resultado o estímulo da  
416 fermentação láctica que, segundo Mc Donald et al. (1991), resulta em mínimas perdas de MS  
417 nas silagens. As perdas por efluentes foram reduzidas linearmente, com o avanço da idade  
418 de corte o que se deve, provavelmente ao aumento do teor de matéria seca do material  
419 ensilado.

420 A determinação das frações fibrosas é muito importante na caracterização de  
421 forrageiras quanto ao seu valor nutritivo e dentre essas frações a FDN é um componente  
422 diretamente relacionada ao consumo voluntario da forragem e a velocidade de passagem do  
423 alimento no rúmen, e quanto menor o valor de FDN, maior o consumo de massa seca e  
424 maior o desempenho animal. No presente trabalho, os valores de FDN variaram de 60,62% a  
425 67,51%, corroborando com os valores encontrados por Pedreira et al. (2003), em  
426 experimento com oito híbridos de sorgo forrageiro em diferentes idades de cortes, de 99 a  
427 113 dias, que apresentaram variação de 57,0% a 70,3% para FDN, comtemplando os valores  
428 encontrados para o sorgo BRS 716 nesse trabalho.

429 A FDA e inversamente proporcional a digestibilidade (Van Soest. 1994), ou seja,  
430 quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade da matéria seca do alimento pelo  
431 animal. Os valores encontrados nesse trabalho estão de acordo com Rodrigues et al. (2007),  
432 que relataram níveis de FDA em média de 42,0% em híbridos de sorgo em diferentes idades  
433 de corte, o mesmo acrescentou que valores acima de 40% limitam consumo pelo animal.

434 Análises laboratoriais de culturas de sorgo biomassa tem demonstrado variação no  
435 percentual de lignina de 5 a 10% (May et al. 2016), assim os resultados encontrados estão  
436 dentro ou relativamente próximos aos relatados. Todas essas variáveis citadas, FDN, FDA e  
437 lignina tem impacto sobre os nutrientes digestíveis totais consumidos pelos animais.

438 Com o avanço da idade de corte a fração “a”, que representa a fração solúvel da MS,  
439 apresentou efeito linear decrescente fato esse justificado pela elevação dos teores de MS,  
440 com o aumento da fração fibrosa em detrimento ao conteúdo celular, o que também  
441 justifica a redução da taxa de degradação “c”.



442 Os valores de pH para todas as idades de corte estão fora da faixa considerada ideal  
443 por Mc Donald et al. (1991), que é de 3,8 – 4,2. De forma semelhante ao que foi observado  
444 para o pH, para todas as idades de corte os valores de N-NH<sub>3</sub>, decresceram com o avanço das  
445 idades. Esse resultado pode ser explicado pela maior presença de carboidratos totais em  
446 consequência a maior idade de corte, além do aumento no teor de matéria seca. Segundo  
447 Pahlow, (2003), em silagens com pH reduzido, bactérias proteolíticas são inibidas, reduzindo,  
448 dessa maneira a proteólise, e conseqüentemente, a produção de nitrogênio amoniacal.  
449 Baixos valores de pH das silagens têm sido associados a redução do consumo, uma vez que a  
450 acidez do rúmen reduz a atividade de bactérias celulolíticas, diminuindo a digestibilidade da  
451 fração fibrosa e acarretando diminuição na taxa de passagem (Weiss et al., 2003). É  
452 oportuno salientar que o pH do rúmen não se relaciona com a acidez das silagens, uma vez  
453 que há o efeito tamponante no rúmen, ajustando os valores de pH.

454 Quanto ao N-NH<sub>3</sub>, para uma silagem ser considerada muito boa, este deve ser inferior  
455 a 10% (Ferreira et al. 2015). Considerado os valores encontrados no presente trabalho,  
456 somente aos 70 dias de idade, os valores foram superiores ao recomendado. Segundo  
457 Ruppel et al. (1995), valores superiores a 10% indicam ocorrência de proteólise, podendo  
458 inibir o consumo da silagem. Os dados de Cushnahan et al. (1995) evidenciaram que o  
459 consumo da silagem por vacas em lactação decresceu em resposta ao aumento dos teores  
460 de amônia e de ácido butírico na forragem. A redução das perdas por gases provavelmente  
461 deve-se a redução de microrganismos produtores de gás, como as enterobactérias e  
462 bactérias clostrídicas, que se desenvolvem em silagens mal fermentadas.

463 O ácido láctico é o principal ácido orgânico responsável pela queda do pH durante o  
464 processo da ensilagem (Mc Donald et al., 1991). É importante ressaltar que segundo Rooke  
465 (1995), a presença de altos teores de ácido láctico tem efeito pronunciado sobre a  
466 aceitabilidade da silagem em decorrência de seu sabor ácido. O teor de ácido láctico na  
467 silagem teve ponto de máxima aos 98 dias de idade, tendo relação com as variações no teor  
468 de MS e carboidratos da planta nas diferentes idades. É oportuno destacar que trabalhos  
469 conduzidos com gramíneas tropicais tem registrado melhor perfil fermentativo naquelas  
470 plantas colhidas em estágio de maturidade mais avançado conforme verificado por Santos et  
471 al. (2011). Apesar de diferença estatística nos teores de ácido láctico nas silagens de sorgo  
472 biomassa em diferentes idades, os mesmos se encontraram abaixo de 2,5%, classificando-se  
473 como de muito boa qualidade, de acordo com Rodrigues et al. (1999).

474 Os valores de ácido acético para todas as idades de corte foram sempre inferiores a  
475 2% o que as classificaria como de boa qualidade, segundo critérios definidos por Roth e  
476 Undersander (1995). Segundo os autores, elevados teores de ácido acético podem interferir  
477 na fermentação láctica. As concentrações de ácido acético, tem relação direta com menores  
478 taxas de decréscimo de pH. Isso ocorre principalmente pela ação mais prolongada das  
479 enterobactérias e bactérias lácticas heterofermentativas. Os dados disponíveis na literatura  
480 evidenciam que o ácido butírico foi o primeiro composto das silagens associado à redução  
481 no consumo (Charmley, 2001). Todas as idades de corte apresentaram baixas concentrações  
482 de ácido butírico, demonstrando o controle da atividade clostridiana ao longo do processo  
483 fermentativo. Característica esta desejável na silagem, sabendo que os clostrídios afetam  
484 negativamente a qualidade da silagem e prejudicam o seu consumo. Roth e Undersander  
485 (1995) recomendaram um limite de 0,1% de ácido butírico para a silagem ser considerada de  
486 boa qualidade. Parâmetros esses encontrados na silagem de sorgo biomassa BRS 716.

487

#### 488 **4.5 Conclusão**

489

490 Considerando-se a produtividade, o perfil fermentativo, as perdas da ensilagem e as  
491 características nutricionais, recomenda-se a ensilagem do sorgo biomassa BRS 716 com 160  
492 dias após o plantio, com espaçamento de plantio de 90 cm.

493

#### 494 **4.6 Referências**

495 Agricultural and Food Research Council – AFRC (1993). Energy and protein requirements of  
496 ruminants. Wallingford: CAB International.

497 Association of official Analytical Chemists – International [AOAC]. (1990). Official Methods of  
498 Analysis, (12<sup>nd</sup> ed). AOAC, Washington, DC, USA.

499 Casali, A. O., Detmann, E, Valadares Filho, S. C., Pereira, J. C, Cunha, M., Detmann, K. S. C., &  
500 Paulino, M. F. (2009). Estimation of fibrous compounds contents in ruminant feeds  
501 with bags made from different textiles. Revista Brasileira de Zootecnia, 38,130-138.

502 Detmann, E., Souza, M. A., Valadares Filho, S. C., Queiroz, A. C., Berchielli, T. T., Saliba, E. O.  
503 S., Cabral, L. S., Pina, D. S., Ladeira, M. M., & Azevedo, J. A. G. (2012). Methods for food  
504 analysis. Visconde do Rio Branco. Suprema, 214p.

505 Goering, H. K., & Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analysis: apparatus, reagents,  
506 procedures and some applications. Washington: USDA, 20p.

507 Goes, R. H. T. B., Patussi, R. A., Gandra, J. R., Branco, A. F., Cardoso, T. J. L., Oliveira, M. V. M.,  
508 Oliveira, R. T., & Souza, C. J. S. (2017). The crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)  
509 byproducts, can be used as a source of non-degradable protein in the rumen?  
510 *Bioscience Journal*, 33, 113-120.

511 Instituto Nacional de Metereologia [INMET]. (2019). Estações e Dados/Dados  
512 metereológicos. Acessado em 10 de Fevereiro de 2019  
513 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>

514 Jung, H. G., & Deetz, D. A. (1993). Cell wall lignifications and degradability. In: Jung, H. G.,  
515 Buxton, D.R., Hatfield, R.D., & Ralph, J. Forage cell wall structure and digestibility.  
516 Madison: American Society of Agronomy, 315-346.

517 May, A., Souza, V. F., Gravina, G. A., & Fernandes, P. G. (2016). Plant population and row  
518 spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciência Rural*, 46, 434-439.

519 McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. (1991). The biochemistry of silage. Morlow:  
520 Chalcombe Publications, 340.

521 Monção, F. P., Oliveira, E. R., Gabriel, A. M. A., Nascimento, F. A., Pedroso, F. W., & Freitas, L.  
522 L. (2016). Nutritional parameters of leaf blade from different tropical forages. *Scientia*  
523 *Agraria Paranaensis*, 15:185-193.

524 Neter, J., Wasserman, W., & Kutner, M. H. (1985). Applied linear statistical models.  
525 Regression, analysis of variance, and experimental designs. (2ªed). USA, Richard D.  
526 Irwin, Inc., 1127p.

527 Robertson, J. B., & Van Soest, P. J. (1981). The detergent system of analysis and its  
528 application to human foods. In: James, W.P. T.; Theander, O. The analysis of dietary  
529 fiber in food. New York: Marcel Dekker, 23-158.

530 Pedreira, M. S., Berchilli, T. T., Moreira, L. A., & Coan, R. M. (2003). Características  
531 agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.)  
532 Moench]. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 32, 13-19.

533 Pires, D. A. A., Guimarães Jr, R., & Jayme, D. G. (2006). Qualidade e valor nutritivo das  
534 silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios  
535 de maturação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5, 241-256.

536 Pahlow, G., Muck, R. E., & Driehuis, F., (2003). Microbiology of ensiling. In: Silage Science and  
537 Technology. Madison, USA, 42, 31-93.

538 Robertson, J. B., & Van Soest, P. J. (1981). The detergent system of analysis and its  
539 application to human foods. In: James, W.P. T. & Theander, O. The analysis of dietary  
540 fiber in food. New York: Marcel Dekker, 23-158.

541 Rodrigues, J. A. S. (2007). Produção e utilização de silagem de sorgo. Simpósio mineiro de  
542 nutrição de gado de leite, 4, 34-48.

543 Rodriguez, N. M., Gonçalves, L. C., & Noqueira, F. A. Z. (1999). Silagem de sorgo de porte  
544 baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I – Ph e teores de  
545 matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. Arquivo. Brasileiro de  
546 Medicina Veterinária e Zootecnia, 51, 485- 490.

547 Rooke, J.A. (1995). The effect of increasing acidity or osmolality of grass silage by addition of  
548 free or partially neutralized lactic acid on silage intake by sheep and upon osmolality  
549 and acid-base balance. Animal Science, 61, 285-292.

550 Roth, G., & Undersander, D. (1995). Silage additives. In: Corn Silage Production Management  
551 and Feeding. Madison: Madison American Society of Agronomy, 27-29.

552 Ruppel, K. A., Pitt, R. E., Chase, L. E., & Galton, D. M. (1995). Bunker silo management and its  
553 relationship to forage preservation on dairy farms. Journal of Dairy Science, 78,  
554 141-153.

555 Russell, J. B., O'Connor, J. D., & Fox, D. G. (1992). A net carbohydrate and protein system for  
556 evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. Journal of Animal Science, 70, 3551-  
557 3561.

558 SAS Institute (2008). SAS/STAT 9.2 User's Guide. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.

559 Santos, E. M., Pereira, O. G., & Garcia, R. (2011). Microbial populations, fermentative profile  
560 and chemical composition of signalgrass silages at different regrowth ages. Revista  
561 Brasileira de Zootecnia, 40, 747-755.

562 Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Symposium: carbohydrate  
563 methodology, and nutritional implications in dairy cattle. Journal Dairy Science, 74,  
564 3583-3597.

565 Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. (2<sup>nd</sup> ed) Corvallis, O & B Books,  
566 415p.

567 Van Soest, P. J., (1967). Developmente of a comprehensive system of feed analyses ans its  
568 application to forages. Journal of Animal Science, Champaign, 26, 119-128.

569 Weiss, W.P., Chamberlain, D.G., & Hunt, C.W. (2003). Feeding silages. In: Silage Science and  
570 Technology. Buxton, D.R., Muck, R.E., & Harrison, J.H. (ed.). American Society of  
571 Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science of America. Madison,  
572 Wisconsin. 469-504.

573 Wilson, J. R. (1994). Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants:  
574 review. Journal Agriculture Science, 122, 173-182.

## NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

O artigo a seguir está redigido conforme normas de publicação da *Tropical Animal Health and production*, exceto a formatação das tabelas e idioma. Link: <https://link.springer.com/journal/11250>.

1 **5. Substituição da silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo biomassa em dietas**  
2 **para novilhas leiteiras**

3  
4 Fausto Expedito de Queiroz<sup>1</sup>, Vicente Ribeiro Rocha Júnior<sup>1,2\*</sup>

5  
6 <sup>1</sup> Departamento de Ciência Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros, Avenida  
7 Reinaldo Viana, 2630, Bico da Pedra, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

8 <sup>2</sup> Membro INCT- CA: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal, Brasil.

9  
10 **\* Autor para correspondência: Vicente Ribeiro Rocha Júnior**

11 Tel: +55-38-99983-8240, Fax: +55- 38-3821-2756, E-mail: [vicente.rocha@unimontes.br](mailto:vicente.rocha@unimontes.br)

12  
13 <sup>1</sup> Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao  
14 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), Empresa Brasileira de Pesquisa  
15 Agropecuária (EMBRAPA) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT-Ciência  
16 Animal). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento  
17 de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

18  
19 **Substituição da silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo biomassa em dietas para**  
20 **novilhas leiteiras**

21  
22 **Resumo**

23 Objetivou-se avaliar a substituição da silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo  
24 biomassa, em dietas para novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu, sobre o consumo e digestibilidade da  
25 matéria seca (MS) e nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo e  
26 desempenho animal. Foram utilizados oito novilhas com idade média de 18 meses e peso  
27 médio de  $271 \pm 57$  Kg. O delineamento experimental adotado foram em dois quadrados  
28 latinos 4 x 4, simultâneos, compostos de quatro animais, quatro tratamentos e quatro  
29 períodos experimentais cada. Foram utilizadas 4 dietas experimentais, constituindo os  
30 seguintes tratamentos: Tratamento 1 – 0% de silagem de sorgo biomassa e 100% de silagem  
31 de sorgo forrageiro compondo a fração volumosa da dieta; Tratamento 2 – 33% de silagem  
32 de sorgo biomassa e 67% de silagem de sorgo forrageiro; Tratamento 3 - 67% de silagem de

33 sorgo biomassa e 33% de silagem de sorgo forrageiro; Tratamento 4 - 100% de silagem de  
34 sorgo biomassa e 0% de silagem de sorgo forrageiro, compondo a fração volumosa da dieta.  
35 A relação volumosa: concentrado das dietas foram de, aproximadamente, 75:25, com base  
36 na matéria seca, sendo as mesmas isoproteicas. A fração “b” da matéria seca foi maior com a  
37 silagem de sorgo biomassa. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para consumo de matéria seca  
38 ( $P=0,45$ ) e NDT ( $P=0,76$ ). As digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e  
39 fibra em detergente neutro aumentaram linearmente com a inclusão da silagem de sorgo  
40 biomassa e os tempos de alimentação, ruminação e ócio não foram modificados. Os animais  
41 apresentaram ganho médio diário de peso de  $1,30 \pm 0,025\text{kg}$ . A substituição de silagem de  
42 sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa BRS 716 na dieta de novilhas  $\frac{3}{4}$   
43 Holandês/Zebu aumenta a digestibilidade da matéria seca e da fibra, sem modificar o  
44 consumo de matéria seca e energia, mantendo o ganho de peso e as medidas corporais.  
45 Portanto, a silagem de sorgo biomassa pode substituir em até 100% a silagem de sorgo  
46 forrageiro nas dietas de novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu.

47

48 **Palavras chave:** consumo, desempenho animal, digestibilidade, semiárido, BRS 716.

49

## 50 **5.1 Introdução**

51

52 Regiões semiáridas sofrem constantemente com as incertezas climáticas e o grande  
53 desafio da atividade pecuária nessas regiões é a produção de alimentos para os animais. Os  
54 baixos índices pluviométricos e a considerável variação na fertilidade do solo dificultam a  
55 produção de forragem, tornando a atividade de elevado risco. Visando minimizar o efeito da  
56 sazonalidade de produção encontrada no semiárido, o cultivo de forrageiras para ensilagens  
57 é alternativa para manter a atividade e a produção do rebanho em meio às dificuldades  
58 presentes nessa região (Parrela et al., 2010).

59

60 O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ser uma cultura anual, de fácil e elevada  
61 produção na rebrota é muito cultivado em regiões onde há grandes adversidades à  
62 produção. Nas regiões semiáridas, devido à irregularidade das chuvas e longos períodos de  
63 estiagem, o cultivo de sorgo forrageiro para ensilagem tem sido constante (Borges et al.  
64 2019). Contudo, a produção e eficiência da planta são afetadas por um conjunto de fatores,  
como, variação de fertilidade do solo, baixa precipitação pluviométrica e mal distribuição



65 das chuvas, não demonstrando todo o seu potencial produtivo e interferindo na sua  
66 qualidade nutricional (Lanza, 2017).

67 Tendo em vista a crescente demanda por biomassa para geração de energia,  
68 requerida pelas indústrias termoelétricas e sucroalcooleira distribuídas no Brasil, o Programa  
69 de Melhoramento Genético da Embrapa Milho e Sorgo em 2014, desenvolveu híbridos de  
70 sorgo biomassa sensíveis ao fotoperíodo com potencial produtivo superior a 50 t ha de  
71 matéria seca por ciclo (6 meses) contando dois cortes da forrageira e característica de  
72 elevado crescimento estrutural, além de ser tolerante ao déficit hídrico e acamamento  
73 (Lanza, 2017).

74 O sorgo biomassa BRS 716 apresenta características favoráveis para uso como fonte  
75 de volumoso para animais, mas não há na literatura relatos do uso na alimentação de  
76 ruminantes, especialmente bovinos. Contudo, plantas com elevado crescimento (até seis  
77 metros de altura) apresentam modificações nas frações fibrosas, comprometendo sua  
78 digestibilidade (Albuquerque, et al. 2013). Rodrigues et al. (2008) trabalhando com sorgo  
79 forrageiro, encontrou valores de FDN entre 57,0 e 70,3%, valores estes satisfatórios para  
80 consumo voluntário por bovinos. A FDA é inversamente proporcional à digestibilidade (May,  
81 et al. 2013), ou seja, quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade da massa seca do  
82 alimento (forragem) pelo animal, proporcionando maior consumo voluntário. Os principais  
83 componentes estruturais presentes em forragens são: celulose, hemicelulose e lignina.  
84 Segundo Jung (1989), a fração lignina é indigestível e pode limitar a extensão da digestão dos  
85 demais componentes da parede celular (celulose e hemicelulose), dependendo de sua  
86 concentração e composição estrutural. Pelas características próprias de híbridos de sorgo à  
87 fatores extremos de ambiência, tem se visto grande potencial nessas variedades para  
88 produção de massa e silagem em regiões semiáridas.

89 No Brasil, a efetividade dos sistemas de produção de leite é dependente das novilhas  
90 de reposição, tendo uma participação importante no custo de produção. Sendo assim, a  
91 criação de novilhas de reposição é fundamental para garantir crescimento adequado, de  
92 forma que esses animais tenham precocidade na idade ao primeiro parto, a baixo custo, e  
93 que possam substituir prontamente vacas descartadas do rebanho em lactação, pois a recria  
94 representa de 20 a 25% do custo na atividade leiteira (Peres et al., 2008). Assim, uma  
95 alternativa seria a utilização de uma fonte de volumoso com menor custo, bom valor

96 nutritivo e aceitabilidade pelo animal, além de uma alta produção e adaptação à região  
97 semiárida.

98 Diante disso, objetivou-se avaliar a substituição da silagem de sorgo forrageiro pela  
99 silagem do sorgo biomassa BRS 716 na dieta de novilhas 3/4 Holandês/Zebu, sobre o  
100 consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo e  
101 desempenho corporal.

102

## 103 **5.2 Material e métodos**

104

105 Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso de  
106 Animais da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), sob protocolo número  
107 173/2018.

108

### 109 *Local, período, instalações, delineamento e animais*

110 O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Montes Claros  
111 (Unimontes), em Janaúba, Minas Gerais, Brasil (coordenadas geográficas: 15 ° 52'38" Sul, 43  
112 ° 20'05" Oeste) e teve duração de 84 dias, divididos em quatro períodos de 21 dias, sendo 17  
113 dias para adaptação dos animais às dietas e manejo e quatro para coleta de dados e  
114 amostras.

115 O delineamento experimental foi em dois quadrados latinos 4 x 4, simultâneos,  
116 compostos, cada um, por quatro animais, quatro tratamentos e quatro períodos  
117 experimentais. Os animais foram mantidos em barracão, dentro de baias individuais dotadas  
118 de cocho e bebedouro. O estudo incluiu 8 novilhas 3/4 Holandês/Zebu com peso inicial de  
119 271 ±57kg, com média de idade de 18 meses.

120

### 121 *Dietas experimentais*

122 Foram utilizadas 4 dietas experimentais, constituindo os seguintes tratamentos:  
123 Tratamento 1 – 100% de silagem de sorgo forrageiro compondo a fração volumosa da dieta;  
124 Tratamento 2 – 33% de silagem de sorgo biomassa e 67% de silagem de sorgo forrageiro;  
125 Tratamento 3 - 67% de silagem de sorgo biomassa e 33% de silagem de sorgo forrageiro;  
126 Tratamento 4 - 100% de silagem de sorgo biomassa, compondo a fração volumosa da dieta.

127 Os *Sorghum bicolor* (L.) Moench utilizados para produção de silagem foram cv. biomassa BRS  
128 716 com 150 dias de plantio e cultivar Volumax com 120 dias de plantio.

129 As dietas foram formuladas para serem isoprotéicas e com mesma relação  
130 volumoso:concentrado de aproximadamente 75:25, e fornecidas às novilhas duas vezes por  
131 dia, às 08:00 h e às 14:00 h, em sistema de dieta completa. As sobras, que representaram 5%  
132 da matéria seca (MS) fornecida, foram pesadas diariamente, mantendo a relação  
133 volumoso:concentrado com base na MS da dieta. O consumo foi calculado através da  
134 quantidade fornecida subtraída das sobras.

135

### 136 *Composição químico-bromatológica*

137 Nos últimos três dias de cada período experimental, amostras dos alimentos  
138 fornecidos, das sobras e das fezes foram recolhidas diariamente pela manhã e armazenadas  
139 em *freezer*. No final do experimento, foi feita uma amostra composta por animal e por  
140 período, que foi pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C. Posteriormente, todas as  
141 amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de malha com crivos de 1 mm de  
142 diâmetro para análises laboratoriais e uma parte das amostras foi moída em peneira com  
143 crivos de 2 mm de diâmetro para incubação *in situ*.

144 A composição químico-bromatológica dos alimentos, das fezes e das sobras foram  
145 analisadas quanto ao teor de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta  
146 (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-005/1), matéria orgânica e cinzas (INCT-CA M-  
147 001/1), fibra em detergente neutro (INCT-CA F-002/1) e a fibra em detergente ácido (INCT-  
148 CA F-003/1), com as devidas correções para cinzas (INCT-CA M-002/1) e proteínas (INCT-CA  
149 N-004/1), teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em  
150 detergente ácido (NIDA), lignina (INCT-CA F-007/1) e os carboidratos não fibrosos, seguindo  
151 as recomendações descritas em Detmann et al. (2012). O teor de nutrientes digestíveis  
152 totais (NDT) das dietas foi estimado de acordo com NRC (2001). A proporção dos  
153 ingredientes e a composição química das dietas e dos ingredientes utilizados durante o  
154 período experimental podem ser verificadas nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %			
	0	33	67	100
Proporção dos ingredientes nas dietas (g/kg de matéria seca)				
Silagem de Sorgo forrageiro	738,38	494,07	243,05	0,00
Silagem de Sorgo biomassa	0,00	243,35	493,46	735,58
Milho moído	172,45	172,45	172,45	172,45
Farelo de soja	72,55	72,55	72,55	72,55
Ureia/Sulfato de amônio (9:1)	11,60	12,60	13,50	14,40
Mistura mineral <sup>1</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00
Composição química (g/kg de matéria seca)				
Matéria Seca	481,73	474,58	467,12	459,92
Cinzas	90,97	87,00	82,79	78,74
Proteína Bruta	124,14	124,35	124,23	124,19
Extrato Etéreo	30,42	29,27	28,09	26,95
Carboidratos Totais	777,90	785,44	793,24	800,76
Carboidratos não Fibrosos	328,69	327,74	326,77	325,83
Fibra em Detergente Neutro	534,19	540,28	546,57	552,65
FDNcp <sup>2</sup>	494,47	500,59	506,92	513,04
FDNi <sup>3</sup>	209,21	195,64	181,71	168,21
Fibra em detergente ácido	248,88	195,91	180,30	165,19
Lignina	54,43	59,53	64,77	69,85
NDT <sup>4</sup>	613,93	623,53	633,42	642,99

156 <sup>1</sup>Mistura Mineral, conteúdo por kg do produto: cálcio (128 g min), fósforo (100 g min), sódio (120 g min),  
157 magnésio (15 g), enxofre (33 g), cobalto (135 mg), ferro (938 mg), iodo (160 mg), manganês (1800 mg), selênio  
158 (34 mg), zinco (5760 mg), flúor (1000 mg); <sup>2</sup>FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas  
159 e proteína, <sup>3</sup>FDNi = Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; <sup>4</sup>NDT = Nutrientes Digestíveis Totais.

160 **Tabela 2** – Composição química dos ingredientes (g/kg de matéria seca) utilizados na formulação das dietas  
 161 experimentais

Item <sup>1</sup>	Silagem de sorgo forrageiro	Silagem de sorgo biomassa	Milho grão moído	Farelo de Soja
g/kg de matéria seca				
Matéria Seca	330,10	297,90	898,10	916,80
Cinzas	90,20	70,10	17,60	65,30
Matéria Orgânica	909,80	929,90	982,40	934,70
Proteína Bruta	61,30	51,70	77,60	487,10
Extrato Etéreo	31,50	26,90	34,70	16,20
Carboidratos Totais	817,00	851,20	845,30	397,90
Carboidratos não fibrosos	261,00	258,10	678,40	261,70
Fibra em detergente neutro	656,80	684,40	185,80	236,80
FDNcp <sup>1</sup>	617,30	644,90	166,90	136,20
FDNi <sup>2</sup>	270,40	215,70	49,60	13,70
Fibra em detergente ácido	270,40	209,00	30,10	86,30
NIDN	5,16	4,71	1,52	5,31
NIDA	3,29	3,11	0,25	2,46
Lignina	65,10	86,30	29,00	18,80
NDT <sup>3</sup>	550,60	592,20	861,10	811,60

162 <sup>1</sup>FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, <sup>2</sup>FDNi = Fibra insolúvel em  
 163 detergente neutro indigestível; <sup>3</sup>NDT = Nutrientes Digestíveis Totais.

164

### 165 *Consumo e digestibilidade dos nutrientes*

166 O consumo de matéria seca (MS) foi calculado diariamente através da quantidade de  
 167 alimentos fornecida subtraída as sobras. Para se estimar o consumo diário de energia  
 168 metabolizável (CEM) levou-se em consideração o consumo de matéria seca.

169 A estimativa da produção de matéria seca fecal foi feita empregando-se a fibra em  
 170 detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno. Amostras dos alimentos, das  
 171 sobras e das fezes foram incubadas em 2 bovinos mestiços adultos, canulados no rúmen,  
 172 durante 288 horas, seguindo metodologia descrita em Detmann et al. (2012). O coeficiente  
 173 de digestibilidade de todos os nutrientes foi calculado utilizando a seguinte equação:  
 174 [quantidade ingerida– quantidade excretada nas fezes] / quantidade ingerida. Com base nos  
 175 coeficientes de digestibilidade foram calculados os valores de nutrientes digestíveis totais  
 176 das dietas experimentais.

177 Para se estimar os valores energia digestível (ED), metabolizável (EM) e líquida para  
178 ganho de peso (ELc) foram utilizadas equações citadas no NRC (2001). A eficiência de  
179 utilização da energia da dieta para ganho de peso foi calculada pela razão da energia líquida  
180 de ganho pela energia líquida consumida.

181

### 182 *Balanço de nitrogênio*

183 Amostras *spot* de urina foram obtidas no 20º dia de cada período experimental,  
184 quatro horas após a alimentação da manhã, durante micção espontânea. Alíquotas de 10 mL  
185 de amostra foram filtradas e diluídas imediatamente em 40 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,036 N para  
186 posteriores análises de creatinina. A excreção urinária diária de creatinina (EC) foi estimada  
187 a partir da equação  $EC \text{ (g/dia)} = 32,27 - 0,01093 * PV \text{ (kg)}$ , proposta para estimar a excreção  
188 diária de creatinina em novilhas, que ocorre em função do peso vivo (Chizzotti et al., 2006).  
189 A quantificação do volume urinário diário de cada animal foi feita dividindo-se as excreções  
190 urinárias diárias de creatinina pela concentração de creatinina na urina. No cálculo do  
191 balanço de compostos nitrogenados (BN) foram consideradas as quantidades de nitrogênio  
192 (g/dia) consumidas (N-ingerido) e excretadas nas fezes (N-fezes) e na urina (N-urina).

193 Para a análise do nitrogênio total na urina e nas fezes foi utilizado o método Kjeldahl  
194 (AOAC, 1991). A análise de creatinina foi realizada usando-se kits comerciais Labtest®  
195 (Labtest Diagnóstica S.A - Lagoa Santa – MG).

196

### 197 *Peso corporal e medidas corporais*

198 No início e no final de cada período experimental, após jejum de sólidos de 16 horas,  
199 os animais foram submetidos à pesagem individual e medições do perímetro torácico, altura  
200 da cernelha e da garupa e comprimento do corpo. As mensurações foram feitas segundo  
201 metodologia de Hoffman (1997), com os animais em estação forçada, isto é, membros  
202 anteriores e posteriores na perpendicular sobre um piso plano, formando um paralelogramo  
203 retangular. A eficiência alimentar foi calculada pela divisão do ganho de peso (kg/dia) pela  
204 ingestão de MS (kg/dia).

205

### 206 *Comportamento ingestivo*

207 Durante o período de coletas as novilhas foram submetidas à observação visual para  
208 avaliação do comportamento ingestivo. Durante a observação noturna das novilhas, o

209 ambiente foi mantido com iluminação artificial, estabelecida três dias antes da avaliação do  
210 comportamento ingestivo para que os animais se adaptem a essa condição. Foi realizada a  
211 observação visual de cada animal a cada 5 minutos, durante 24 horas, para determinação  
212 dos tempos despendidos com alimentação (TA), ruminação (TR) e ócio (TO), números de  
213 períodos de alimentação (NPA), ruminação (NPR) e ócio (NPO) e da duração dos períodos de  
214 alimentação (DPA), ruminação (DPR) e ócio (DPO) de acordo com metodologia descrita por  
215 Mezzalira et al. (2011).

216 Também foram realizadas as contagens do número de mastigações meréricas/bolo  
217 ruminal e a determinação do tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, para  
218 cada animal, com a utilização de um cronômetro digital. Os valores do tempo despendido e  
219 do número de mastigações meréricas por bolo ruminal foram obtidos a partir das  
220 observações feitas durante a ruminação de três bolos ruminais, em três períodos diferentes  
221 do dia (09 às 11 h; 17 às 19 h e 21 às 23 h) de acordo com metodologia descrita por Burger  
222 et al. (2000). Foram calculados os tempos de consumo de matéria seca (TCMS), consumo de  
223 fibra em detergente neutro (TCFDN), ruminação da matéria seca (RMS), ruminação da fibra  
224 em detergente neutro (RFDN), mastigação da matéria seca (MMS) e mastigação da fibra em  
225 detergente neutro (MFDN), dados em minutos/kg.

226 A eficiência de alimentação (EA), a eficiência de ruminação (ER), o tempo de  
227 mastigação total (TMT) e o número de mastigações meréricas por dia (NM/dia), da matéria  
228 seca e da fibra em detergente neutro, foram obtidos segundo técnica descrita por Burger et  
229 al. (2000)

230

### 231 *Degradabilidade in situ das frações volumosas das dietas experimentais*

232 Para a avaliação da cinética da degradação ruminal da MS, MO e FDN das silagens de  
233 sorgo forrageiro e sorgo biomassa, além das associações destas em 33 e 67%, conforme  
234 estabelecido nas dietas experimentais foram utilizados quatro bois mestiços adultos e  
235 canulados no rúmen, com peso médio de  $480 \pm 30$  kg. Os animais receberam uma dieta com  
236 relação volumoso : concentrado de 75 : 25, sendo a silagem de sorgo a base volumosa da  
237 dieta, que foi dividida em dois tratos. Foi utilizada a técnica da degradabilidade *in situ*  
238 utilizando sacos de fibra sintética do tipo tecido não-tecido (TNT, gramatura 100), com  
239 porosidade aproximada de 50  $\mu$ m conforme Casali et al. (2009), com quantidade de

240 amostras seguindo uma relação de 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de área superficial do saco (Nocek,  
241 1988).

242 As amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12,  
243 24, 48, 72 e 96, 120 e 144 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à  
244 cânula. Sendo os sacos colocados em ordem inversa, iniciando com o tempo de 144 horas.  
245 As amostras referentes ao tempo 0 hora foram imersas em água durante cinco minutos.  
246 Posteriormente, todas as amostras foram retiradas e lavadas em água fria, visando  
247 paralização da fermentação ruminal. Posteriormente, as amostras foram colocadas em  
248 estufas a 55°C durante 72 horas e após, resfriado em dessecador e pesados. Os resíduos  
249 remanescentes nos sacos de tecido não tecido (TNT), recolhidos no rúmen foram analisados  
250 quanto aos teores de MS, MO e FDN. A porcentagem de degradação foi calculada pela  
251 proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

252 Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de  
253 Gauss-Newton, por meio do software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA), conforme a  
254 equação proposta por (Orskov; McDonald, 1979):  $Y=a+b(1-e^{-ct})$ , em que: Y = degradação  
255 acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de  
256 degradação quando t = 0, que corresponde à fração solúvel em água do componente  
257 nutritivo analisado; b = potencial da degradação da fração insolúvel em água do  
258 componente nutritivo analisado; a+b = degradação potencial do componente nutritivo  
259 analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa de degradação por ação  
260 fermentativa de b; t = tempo de incubação.

261 Depois de calculados, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação proposta por  
262 Ørskov e McDonald (1979):  $DE=a+(b \times c/c+k)$ , em que: DE = degradação ruminal efetiva do  
263 componente nutritivo analisado; k = taxa de passagem do alimento. Assumiram-se taxas de  
264 passagem de partículas no rúmen estimadas em 2, 5 e 8% h<sup>-1</sup>, conforme sugerido pelo AFRC  
265 (1993).

266 A degradabilidade da FDN foi estimada utilizando-se o modelo:  $R_t = B \times e^{-ct} + I$ , em  
267 que  $R_t$  = fração degradada no tempo t; B=fração insolúvel potencialmente degradável e I =  
268 fração indigestível. Após os ajustes da equação de degradação da FDN, proceder-se-á a  
269 padronização de frações, conforme proposto por Waldo et al. (1972), utilizando-se as  
270 equações:  $B_p = B/(B+I) \times 100$ ;  $I_p = I/(B+I) \times 100$ , em que: BP = fração potencialmente  
271 degradável padronizada (%); IP= fração indigestível padronizada (%); B=fração insolúvel



272 potencialmente degradável e I = fração indigestível. No cálculo da degradabilidade efetiva da  
273 FDN, foi utilizado o modelo:  $DE = BP \times c / (c+k)$ , em que BP é a fração potencialmente  
274 degradável (%) padronizada.

275

### 276 *Análises Estatísticas*

277 Os dados foram submetidos à análise de variância usando o procedimento mixed do  
278 SAS, versão 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). O procedimento UNIVARIATE foi utilizado  
279 para detectar outliers ou valores influentes e examinar a normalidade dos resíduos. O  
280 consumo de nutrientes, digestibilidade, balanço de nitrogênio, síntese microbiana, variáveis  
281 comportamentais e o ganho de peso e medidas corporais foram analisados conforme o  
282 modelo:

$$283 \quad Y_{k(ij)} = \mu + P_i + A_j + T_{k(ij)} + PI + e_{k(ij)}$$

284 Em que:

285  $Y_{k(ij)}$  = A observação referente ao tratamento “k”, dentro do período “i” e animal “j”;

286  $\mu$  = constante associada a todas as observações;

287  $P_i$  = Efeito do período “i”, com  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

288  $A_j$  = Efeito animal “j”, com  $j = 1, 2, 3$ , e  $4$ ;

289  $T_{k(ij)}$  = Efeito do tratamento “k”, com “k” = 1, 2, 3 e 4;

290  $PI$  = Peso inicial como co-variável;

291  $e_{k(ij)}$  = erro experimental associado a todas as observações ( $Y_{k(ij)}$ ), independente, que por  
292 hipótese tem distribuição normal com média zero e variância  $\delta^2$ .

293 O ensaio de degradabilidade ruminal da MS, MO e FDN foi conduzido em  
294 delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, sendo 4 tratamentos  
295 (parcelas) e 10 tempos de incubação (subparcelas). A variação em cada animal foi o fator de  
296 blocagem. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$297 \quad Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} + P_k + TP_{ik} + e_{ijk}$$

298 Em que:

299  $Y_{k(ij)}$  = A observação referente ao tempo (P) na subparcela k do tratamento (T) i no bloco j;

300  $\mu$  = constante associada a todas as observações;

301  $T_i$  = Efeito do tratamento “i”, com  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

302  $B_j$  = Efeito do bloco j, com  $j = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

303  $e_{ij}$  = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição normal com  
304 média zero e variância  $\delta^2$ ;

305  $P$  = Efeito do tempo de incubação  $k$ , com  $k=1,2,3,4,5,6,7,8,9$  e  $10$ ;

306  $TP_{ik}$  = Efeito da interação do nível  $i$  de Tratamento com o nível  $k$  do Tempo de incubação;

307  $E_{ijk}$  = erro experimental associado a todas as observações que por hipótese tem distribuição  
308 normal com média zero e variância  $\delta^2$ .

309 Os níveis de substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo  
310 biomassa nas dietas foram comparados pela decomposição da soma dos quadrados em  
311 contrastes lineares ortogonais e efeitos quadráticos, a 5% de probabilidade, com ajustes  
312 subsequentes das equações de regressão. Os valores médios foram considerados diferentes  
313 quando  $\alpha < 0,05$ .

314

### 315 **5.3 Resultados**

316

#### 317 *Degradabilidade ruminal*

318 A fração "b" potencialmente degradável da MS apresentou efeito linear crescente de  
319 0,05% para cada 1% de substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo  
320 biomassa, entretanto, os demais parâmetros de degradabilidade ruminal foram semelhantes  
321 ( $P > 0,05$ ), assim como, todos os parâmetros de degradação ruminal da matéria orgânica e  
322 fibra em detergente neutro (Tabela 3).

323 **Tabela 3.** Degradabilidade ruminal da matéria seca, matéria orgânica e fração fibrosa das silagens de sorgo  
 324 forrageiro e de sorgo biomassa, e das respectivas combinações

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %				EPM <sup>a</sup>	P-valor <sup>b</sup>	
	0	33	67	100		Linear	Quad
Matéria seca, %							
Fração "a"	17,82	17,68	15,54	17,97	1,30	0,77	0,34
Fração "b" <sup>1</sup>	49,18	50,93	51,04	55,21	1,75	0,03	0,50
Taxa de Degradabilidade "c"	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,70	0,39
Degradabilidade Potencial	67,00	68,61	66,58	73,18	2,07	0,10	0,25
Tempo de colonização, hora	4,73	5,30	3,75	4,93	0,54	0,70	0,58
Fração Indegradável	33,00	31,39	33,42	26,82	2,07	0,10	0,25
Degradabilidade Efetiva - 2%	43,11	41,51	42,34	44,27	0,99	0,35	0,10
Degradabilidade Efetiva - 5%	32,49	31,08	31,20	32,86	1,01	0,78	0,15
Degradabilidade Efetiva - 8%	28,16	27,01	26,60	28,38	1,06	0,96	0,19
Matéria orgânica, %							
Fração "a"	12,69	13,40	11,10	10,98	1,25	0,21	0,74
Fração "b"	55,56	55,43	54,82	59,15	1,94	0,26	0,27
Taxa de Degradabilidade "c"	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,84	0,64
Degradabilidade Potencial	68,24	68,82	65,93	70,14	2,36	0,80	0,45
Tempo de colonização, hora	3,32	3,73	2,57	2,80	0,49	0,23	0,85
Fração Indegradável	31,76	31,18	34,07	29,86	2,36	0,80	0,45
Degradabilidade Efetiva - 2%	39,52	39,03	39,49	39,16	0,89	0,88	0,93
Degradabilidade Efetiva - 5%	27,91	27,75	27,59	26,97	0,90	0,47	0,80
Degradabilidade Efetiva - 8%	23,32	23,38	22,72	22,16	0,95	0,35	0,75
Fibra em detergente neutro, %							
Fração "B" padronizada	64,70	69,20	66,22	70,97	2,50	0,19	0,96
"c" %/hora	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,58	0,67
Tempo de colonização, hora	15,91	18,50	14,33	17,32	1,62	0,99	0,90
Ip <sup>c</sup> , %	35,30	30,80	33,78	29,03	2,50	0,19	0,96
Degradabilidade Efetiva - 2%	38,26	32,94	40,01	32,06	3,19	0,44	0,69
Degradabilidade Efetiva - 5%	18,17	17,23	20,64	18,37	1,80	0,42	0,55
Degradabilidade Efetiva - 8%	35,23	30,73	33,72	28,96	2,50	0,19	0,96

325 <sup>1</sup>Y = 48,86 + 0,05 \* X, R<sup>2</sup> = 0,84

326 <sup>a</sup> EPM – Erro padrão da média; <sup>b</sup> P- Probabilidade; <sup>c</sup> Ip – fração indigestível padronizada; Taxa de passagem 2%,  
 327 5% e 8% (AFRC, 1993);

328 *Consumo e digestibilidade de nutrientes*

329 Não houve diferença no consumo de MS (CMS) ( $P=0,45$ ), sendo a média de CMS de  
330  $10,93 \text{ kg dia}^{-1}$ . O consumo ( $\text{kg dia}^{-1}$  e %PC) de EE ( $P<0,01$ ) diminuiu linearmente à medida que  
331 aumentou as proporções da silagem de sorgo biomassa com valores de  $0,0074\%$  e  $0,0002\%$   
332 para cada  $1\%$  de substituição, respectivamente. Para FDNi ( $P<0,01$ ) houve mesmo  
333 comportamento com  $0,0007\%$  e  $0,0027\%$  de redução no consumo para cada  $1\%$  de  
334 substituição. O consumo das demais frações nutritivas não foi alterado ( $P>0,05$ ) (Tabela 4).

335

336 **Tabela 4.** Consumo e digestibilidade de nutrientes por novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu alimentadas com dietas  
 337 contendo silagem de sorgo forrageiro em substituição pela silagem de sorgo biomassa

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %				EPM <sup>a</sup>	P-valor <sup>b</sup>	
	0	33	67	100		Linear	Quad
Consumo, kg dia <sup>-1</sup>							
Matéria seca	10,90	11,19	11,03	10,63	0,80	0,45	0,23
Proteína bruta	0,87	0,85	0,80	0,82	0,03	0,14	0,33
Extrato etéreo <sup>1</sup>	0,30	0,30	0,28	0,23	0,03	<0,01	0,04
FDNcp <sup>c</sup>	4,73	4,82	4,73	3,94	0,46	0,09	0,16
FDNi <sup>d2</sup>	1,82	1,68	1,47	1,07	0,06	<0,01	0,05
Carboidratos não fibrosos,	3,50	3,52	3,43	3,23	0,25	0,08	0,31
Nutrientes digestíveis totais	6,16	6,43	6,61	6,24	0,58	0,76	0,30
Energia metabolizável, Mcal/dia	22,53	23,59	24,49	23,01	2,27	0,68	0,32
Energia líquida, Mcal/dia	13,78	14,40	14,87	14,01	0,63	0,68	0,25
Consumo, % PC							
Matéria seca	3,39	3,47	3,36	3,25	0,16	0,41	0,49
Proteína bruta	0,27	0,26	0,25	0,25	0,01	0,85	0,34
Extrato etéreo <sup>3</sup>	0,09	0,09	0,08	0,07	0,01	<0,01	0,13
FDNcp <sup>c</sup>	1,48	1,50	1,46	1,16	0,12	0,08	0,18
FDNi <sup>d4</sup>	0,57	0,52	0,45	0,31	0,02	<0,01	0,10
Carboidratos não fibrosos	1,09	1,09	1,05	0,98	0,05	0,09	0,42
Nutrientes digestíveis totais	1,93	2,00	2,01	1,86	0,13	0,75	0,38
Digestibilidade, %							
Matéria seca <sup>5</sup>	63,00	65,58	69,66	77,99	2,23	<0,01	0,21
Proteína bruta <sup>6</sup>	50,45	50,98	54,71	64,58	2,87	<0,01	0,07
Extrato etéreo <sup>7</sup>	74,76	78,72	79,68	86,32	2,23	<0,01	0,53
FDNcp <sup>c8</sup>	45,84	52,50	56,17	61,88	2,47	<0,01	0,81
Carboidratos não fibrosos	85,93	83,74	87,22	89,23	2,34	0,22	0,38
Nutrientes digestíveis totais	56,36	57,43	59,67	57,55	2,10	0,51	0,42

338 <sup>1</sup>  $\hat{Y} = 1,8856 - 0,0074 * X$ ,  $R^2 = 0,94$ ; <sup>2</sup>  $\hat{Y} = 0,3106 - 0,0007 * X$ ,  $R^2 = 0,7$ ; <sup>3</sup>  $\hat{Y} = 0,0957 - 0,0002 * X$ ,  $R^2 = 0,79$ ; <sup>4</sup>  $\hat{Y} = 0,5913$   
 339  $- 0,0024 * X$ ,  $R^2 = 0,93$ ; <sup>5</sup>  $\hat{Y} = 61,721267 + 0,146731 * X$ ,  $R^2 = 0,93$ ; <sup>6</sup>  $\hat{Y} = 48,2817 + 0,1380 * X$ ,  $R^2 = 0,82$ ; <sup>7</sup>  $\hat{Y} = 74,5386 +$   
 340  $0,1380 * X$ ,  $R^2 = 0,91$ ; <sup>8</sup>  $\hat{Y} = 46,3485 + 0,1549 * X$ ,  $R^2 = 0,98$ ; onde  $\hat{Y}$  é o valor predito em cada variável e X é o nível de  
 341 inclusão da silagem de sorgo biomassa.  $R^2$  é o coeficiente de determinação. \* significativa pelo teste de t  
 342 ( $\alpha < 0,05$ ). <sup>a</sup> EPM – Erro padrão da média; <sup>b</sup> P- Probabilidade, <sup>c</sup> Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e  
 343 proteínas, <sup>d</sup> Fibra em detergente neutro indigestível.

344  
 345 A digestibilidade da matéria seca aumentou linearmente com a inclusão do sogo  
 346 biomassa ( $P < 0,01$ ), sendo a dieta com 100% de biomassa 23,79% superior à dieta com 100%

347 de silagem de sorgo forrageiro com incremento de 0,1467% para cada 1% de substituição.  
348 Da mesma forma, a digestibilidade da PB (P<0,01), EE (P<0,01) e FDNcp (P<0,01)  
349 aumentaram linearmente com a inclusão de silagem de sorgo biomassa (Tabela 4). A  
350 digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (P=0,22) e os nutrientes digestíveis totais  
351 (P=0,51) não apresentaram efeito da substituição da silagem de sorgo forrageiro pela  
352 silagem de biomassa.

353

#### 354 *Comportamento Ingestivo*

355

356 Em relação ao comportamento ingestivo das novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu em função da  
357 substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa (Tabelas 5 e 6),  
358 as únicas variáveis influenciadas foram a duração dos períodos de ruminação (P=0,02) e a  
359 eficiência de ruminação em número de bolos/dia (P=0,03), ambas apresentando  
360 comportamento quadrático, sendo os pontos de máxima com 41,11% e 44,90% de  
361 substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa,  
362 respectivamente.

363 **Tabela 5.** Comportamento ingestivo de novilhas ¼ Holandês/Zebu alimentadas com dietas contendo silagem de  
 364 sorgo forrageiro em substituição pela silagem de sorgo biomassa

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %				EPM <sup>c</sup>	P-valor <sup>3</sup>	
	0	33	67	100		Linear	Quad
Alimentação							
min/dia	334,37	344,38	340,63	312,50	14,47	0,22	0,14
min/kg MS	30,68	30,77	30,88	29,39	3,52	0,45	0,23
min/kg FDNcp <sup>1</sup>	70,72	71,41	71,96	79,28	4,79	0,08	0,16
Ruminação							
min/dia	544,37	556,88	574,37	546,25	19,03	0,77	0,25
min/kg MS <sup>2</sup>	51,37	51,73	55,49	53,18	4,82	0,52	0,68
min/kg FDNcp <sup>1</sup>	120,42	122,53	130,53	165,17	19,12	0,06	0,32
Ócio							
min/dia	561,25	538,75	525,00	581,25	25,81	0,63	0,08
Mastigação							
número/bolos	61,47	58,88	61,53	65,65	3,28	0,07	0,08
Total, horas/dia	14,65	15,02	15,25	14,31	0,43	0,63	0,08
min/bolos	49,35	48,43	48,40	49,17	1,32	0,80	0,09
min/kg MS <sup>2</sup>	82,99	83,74	88,13	84,19	7,69	0,70	0,61
min/kg FDNcp <sup>1</sup>	195,41	198,36	206,63	261,60	30,45	0,07	0,30

365 <sup>1</sup>FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; <sup>2</sup> MS= matéria seca. <sup>3</sup> P-  
 366 probabilidade.

367 **Tabela 6.** Comportamento ingestivo de novilhas ¼ Holandês/Zebu alimentadas com dietas contendo silagem de  
 368 sorgo forrageiro em substituição pela silagem de sorgo biomassa

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %				EPM	P-valor <sup>3</sup>	
	0	33	67	100		Linear	Quad
Número de períodos (n/dia)							
Alimentação	4,88	4,63	5,13	4,50	0,48	0,77	0,70
Ruminação	12,13	11,63	12,38	13,13	0,55	0,13	0,26
Ócio	15,88	15,38	16,75	17,25	0,67	0,08	0,47
Duração de períodos (min)							
Alimentação	71,39	78,89	71,45	79,64	8,79	0,64	0,97
Ruminação <sup>1</sup>	45,31	48,30	46,99	41,91	1,92	0,13	0,02
Ócio	36,09	35,45	31,74	34,29	2,46	0,42	0,52
Eficiência alimentar							
g MS/hora	1962,28	1957,92	1982,67	2108,14	171,46	0,29	0,51
g FDNcp/hora	846,65	846,41	841,66	784,80	87,81	0,45	0,62
Eficiência de ruminação							
Bolos/dia <sup>2</sup>	659,57	718,00	714,33	621,88	43,08	0,43	0,03
g MS/hora	1205,92	1212,25	1168,43	1171,63	89,51	0,55	0,98
g FDNcp/hora	516,94	523,86	497,41	435,06	47,07	0,08	0,30

369 <sup>1</sup>  $\hat{Y} = 45,33 + 0,148 * X - 0,0018 * X^2$ ,  $R^2 = 0,99$ ; <sup>2</sup>  $\hat{Y} = 658,1817 + 3,0627 * X - 0,0341 * X^2$   $R^2 = 0,99$ ;

370 <sup>3</sup> P- probabilidade.

371

### 372 *Balanço de nitrogênio*

373

374 Em relação ao balanço de nitrogênio das novilhas ¼ Holandês/Zebu em função da  
 375 substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa (Tabela 7), as  
 376 únicas variáveis influenciadas foram o N – ingerido g/dia (P<0,01), N – fezes g/dia (P<0,01) e  
 377 N – fezes % N ingerido (P<0,01), ambas apresentando comportamento quadrático, sendo o  
 378 ponto de mínima com 81,25% de sorgo biomassa para o N - ingerido, e os pontos de máxima  
 379 de 56,16% e 49,16% de substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo  
 380 biomassa, para o N – fecal em g/dia e em % do N – ingerido, respectivamente.



381 **Tabela 7.** Balanço de nitrogênio de novilhas ¾ Holandês/Zebu alimentadas com dietas contendo silagem de  
 382 sorgo forrageiro em substituição pela silagem de sorgo biomassa.

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %				EPM	P-valor <sup>4</sup>	
	0	33	67	100		Linear	Quad
N - ingerido, g/dia <sup>1</sup>	139,24	136,00	127,27	131,20	3,80	<0,01	<0,01
N - fezes, g/dia <sup>2</sup>	16,86	17,39	17,50	16,35	0,34	0,37	0,02
N - urina, g/dia	66,13	65,05	43,95	51,67	9,30	0,13	0,64
N - retido, g/dia	56,24	53,57	65,81	63,18	8,91	0,41	0,22
N - fezes, % N ing <sup>3</sup>	12,95	13,62	14,48	12,46	1,00	<0,01	0,01
N - urina, % N ing.	51,33	49,69	36,23	39,38	6,42	0,29	0,40
N - retido, % N ing.	35,71	36,68	44,28	48,15	6,15	0,49	0,32

383 <sup>1</sup> $\hat{Y} = 140,15 - 0,260 * X + 0,0016 * X^2$ , R<sup>2</sup>= 0,80; <sup>2</sup> $\hat{Y} = 16,8176 + 0,0337 * X - 0,0003 * X^2$ , R<sup>2</sup>= 0,95; <sup>3</sup> $\hat{Y} = 12,79 +$   
 384  $0,059 * X - 0,0006 * X^2$ , R<sup>2</sup>= 0,80. N – nitrogênio, <sup>4</sup>P- probabilidade

385

### 386 *Desempenho Produtivo*

387

388 A substituição de silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo biomassa não  
 389 influenciou o desempenho (P>0,05) das novilhas ¾ Holandês/Zebu, quando avaliados peso  
 390 final (kg), com média de 328,73kg, ganho de peso médio diário (1,29 kg dia<sup>-1</sup>), eficiência  
 391 alimentar (0,11 kg dia<sup>-1</sup>) e valores das medidas corporais (Tabela 8).

392 **Tabela 8.** Desempenho produtivo de novilhas ¼ Holandês/Zebu alimentadas com dietas contendo silagem de  
 393 sorgo forrageiro em substituição pela silagem de sorgo biomassa

Item	Inclusão silagem de sorgo biomassa, %				EPM <sup>a</sup>	P-valor <sup>b</sup>	
	0	33	67	100		Linear	Quad
Desempenho, kg							
Peso final (kg)	325,75	327,25	331,00	330,94	27,97	0,75	0,95
Ganho em peso diário kg/dia	1,26	1,30	1,31	1,32	0,20	0,82	0,93
Eficiência alimentar (kg/kg)	0,13	0,10	0,14	0,10	0,01	0,36	0,96
Biometria, cm							
Perímetro torácico final	163,75	164,44	164,62	163,87	4,75	0,95	0,71
DPT <sup>1</sup>	0,15	0,23	0,19	0,17	0,04	0,91	0,16
Altura de cernelha final	131,56	131,75	131,75	131,37	2,89	0,83	0,63
DAC <sup>2</sup>	0,04	0,06	0,05	0,04	0,01	0,62	0,19
GAC, gmd/ ac	13,12	17,84	16,34	20,45	7,06	0,52	0,96
Altura de garupa final	137,37	137,31	137,31	137,69	2,49	0,65	0,64
DAG <sup>3</sup>	0,04	0,05	0,04	0,06	0,01	0,25	1,00
GAG, gmd/ag	27,87	17,76	32,04	13,44	8,44	0,45	0,62
Comprimento Corporal Final	137,25	137,00	136,63	138,25	3,46	0,65	0,47
DCC <sup>4</sup>	0,11	0,12	0,08	0,13	0,03	0,91	0,40
GCC, gmd/cc	9,07	5,01	5,79	12,53	2,07	0,24	0,07

394 <sup>1</sup>DPT = Diferença do perímetro torácico final e inicial; <sup>2</sup>DAV = Diferença da altura de cernelha final e inicial;

395 <sup>3</sup>DAG = Diferença da altura de garupa final e inicial; <sup>4</sup>DCC = Diferença do comprimento corporal final e inicial;

396 <sup>b</sup>EPM – Erro padrão da média; <sup>c</sup> P- Probabilidade

397

#### 398 **5.4 Discussão**

399

400 Os valores de MS (%) observados para as silagens de sorgo forrageiro (33,01%) e  
 401 silagem de sorgo biomassa (29,79%), está dentro da faixa preconizada por Mc Donald et al.  
 402 (1991), ressaltando que teores de matéria seca acima de 25%, com presença de carboidratos  
 403 solúveis em nível satisfatório, são fatores essenciais para se produzir uma silagem de boa  
 404 qualidade. O CMS não diferiu em função do nível de substituição de silagem de sorgo  
 405 forrageiro pela silagem de sorgo biomassa com média de 10,93kg, demonstrando o potencial  
 406 do sorgo biomassa como massa forrageira na alimentação de ruminantes.

407 O aumento na digestibilidade aparente da MS e PB das dietas com o aumento da  
 408 inclusão da silagem de sorgo biomassa, provavelmente pode ser explicado pelo aumento da

409 fração “b” nas dietas contendo silagem de sorgo biomassa, além do menor teor de FDA na  
410 silagem de sorgo biomassa (20,90%) em relação ao forrageiro (27,04%). A similaridade no  
411 consumo de PB entre as dietas experimentais pode ser atribuído ao fato das mesmas se  
412 apresentarem isotróficas.

413 Apesar do aumento nos teores de FDNcp com o aumento da inclusão do sorgo  
414 biomassa, a digestibilidade da FDNcp das dietas experimentais aumentou linearmente, o que  
415 é justificado pela diminuição dos teores de FDA e FDNi, sendo 19,59% menor na dieta com  
416 100% de biomassa em relação à dieta com 100% de silagem de sorgo forrageiro. A  
417 digestibilidade da FDNcp foi 34,99% maior na dieta 100% biomassa em comparação com a  
418 100% forrageiro. Levando em consideração que a FDNi ingerida pelos animais não sofre  
419 nenhum tipo de digestão no rúmen e no restante do trato gastrointestinal, pode-se  
420 considerar que sua porcentagem nos alimentos tem correlação inversa com a digestibilidade  
421 das dietas (Cabral, et al. 2006).

422 A dieta contendo 100% de sorgo biomassa como fonte de volumoso apresentou teor  
423 de lignina 28,32% superior à dieta com 100% de sorgo forrageiro. Apesar do maior teor de  
424 lignina na silagem de sorgo biomassa, a digestibilidade da FDNcp aumentou com a inclusão  
425 desta e a FDNi das dietas diminuíram, talvez, a relação da lignina com a celulose e  
426 hemicelulose da parede celular seja diferente no sorgo biomassa em relação ao forrageiro,  
427 de modo a comprometer menos a digestibilidade destas frações nutritivas da parede celular.

428 Apesar do comportamento quadrático para algumas variáveis do balanço de  
429 nitrogênio, como o N – ingerido e N – fecal, o balanço de nitrogênio foi positivo e  
430 semelhante entre as dietas experimentais, corroborando com os resultados de desempenho  
431 animal.

432 Mesmo com o aumento da digestibilidade da MS e de algumas frações nutritivas, o  
433 consumo de NDT e energia metabolizável não foram aumentados com o aumento da  
434 inclusão de sorgo biomassa, o que pode justificar a semelhança nos resultados de  
435 desempenho animal.

436

## 437 **5.5 Conclusão**

438

439 A substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa BRS  
440 716 na dieta de novilhas  $\frac{3}{4}$  Holandês/Zebu aumenta a digestibilidade da matéria seca e da

441 fibra, sem modificar o consumo de matéria seca e energia, mantendo o ganho de peso e as  
442 medidas corporais da novilhas. Portanto, a silagem de sorgo biomassa pode substituir em  
443 até 100% a silagem de sorgo forrageiro na dieta de novilhas ¾ Holandês/Zebu.

444

#### 445 **5.6 Declaração do direito dos animais**

446 Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Uso de  
447 Animais da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), sob protocolo número  
448 173/2018.

449

#### 450 **5.7 Declaração de conflito de interesses**

451 Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

452

#### 453 **5.8 Referências**

454 Agricultural And Food Research Council (AFRC), 1993. Nutritive requirements of ruminant  
455 animal: protein. Nutrition Abstracts and Reviews, 62, 787-875.

456 Albuquerque, C.J.B., Jardim, R.B., Alves, D.D., Guimarães, A.S. e Porto, E.M.V., 2013.  
457 Características agrônômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de  
458 genótipos de sorgo forrageiro em Minas Gerais. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 12,  
459 164-182.

460 Association Official Analytical Chemists (AOAC), 1991. Official methods of analysis, 14 ed,  
461 Washington, DC, 101.

462 Burger, P.J., Pereira, J.C., Queiroz, A.C., Silva, J.F.C., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R. e Casali,  
463 A.D.P., 2000. Ingestive behavior in Dutch calves fed diets containing different  
464 concentrate levels. Revista Brasileira de Zootecnia, 29, 236-242.

465 Cabral, L.S., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Malafaia, P.A.M., Zervoudakis, J.T., Souza,  
466 A.L., Veloso, R.G. e Nunes, P.M.M., 2006. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em  
467 bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. Revista Brasileira de  
468 Zootecnia, 35, 2406-1412.

469 Casali, A.O., Detmann, E. e Valadares Filho, S.C., 2009. Estimação de teores de componentes  
470 fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. Revista  
471 Brasileira de Zootecnia, 38, 130-138.

472 Chen, X.B. e Gomes, M.J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle  
473 based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details.  
474 International feed research unit. Rowell Research Institute, Aberdeen, UK, 21.

475 Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Chizzotti, F.H.M., Campos, J.M.S.,  
476 Marcondes, M.I. e Fonseca, M.A., 2006. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e  
477 derivados de purina em novilhas de diferentes pesos. Revista Brasileira de Zootecnia, 35,  
478 1813-1821.

479 Detmann, E., Gionbelli, M.P. e Huhtanen, P.A., 2012. Meta-analytical evaluation of the  
480 regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. Journal of Dairy  
481 Science, 92, 4632-4641.

482 Hoffman, P.C., 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. Journal of Animal  
483 Science, 75, 836-845.

484 Jung, H.G., 1989. Forage lignin and their effects on fiber digestibility. Agronomy Journal, 81,  
485 33-38.

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

489 May, A.; Durães, F.O.M.; Pereira Filho, I.A.; Schaffert, R.E. e Parrella, R.A.C. 2013. Sistema  
490 Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-  
491 Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 120,  
492 (Documento 139).

493 McDonald, P., Henderson, A.R. e Heron, S., 1991. The biochemistry of silage. Morlow:  
494 Chalcombe Publications, 340.

495 Mezzalira, J.C., Carvalho, D.C.F., Fonseca, F., Bremm, C., Reffatti, M.V. e Poli, C.H.E.C., 2011.  
496 Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. Brazilian  
497 Journal Animal Science, 40, 1114-1120.

498 Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., Moura, M.M.A., Rocha Júnior, V.R., Gomes,  
499 V.M., Leal, D.B., Maranhão, C.M.A., Albuquerque, C.J.B. e Chamone, J.M.A., 2019b. Yield  
500 and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. Semina Ciências  
501 Agrárias, 40, 2045-2056.

502 National Research Council (NRC), 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup>. ed. rev.  
503 Washington, D. C.: National Academy Press, 381.

504 Nocek, J.E., 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy  
505 digestibility: a review. Journal of Dairy Science, 71, 2051-2069.

506 Orskov, E.R. e Mc Donald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from  
507 incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal Agriculture  
508 Science, 92, 499-503.

509 Parrela, R.A.C., 2010. Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo  
510 visando alta produtividade de biomassa. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.  
511 Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas/MG, 23.

512 Pizarro, E.A., 1978. Alguns fatores que afetam o valor nutritivo da silagem de sorgo. Inf.  
513 Agropecu. 47, 12-19.

514 Rodrigues, J.A.S., Santos, F.G., Shaffert, R.E., Ferreira, A.S., Casela, C.R. e Tardin, F.D., 2008.  
515 BRS 655: híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade. Sete  
516 Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo 2 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 107).

517 Waldo, D.R., Smith, L.W. e Cox, L.E., 1972. Model of cellulose disappearance from the  
518 rumen. Journal of Dairy Science, 55.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial forrageiro do sorgo biomassa cultivar BRS 716 para a recria de novilhas mestiças Holandes/Zebu, bem como suas avaliações morfológicas e nutricionais para desenvolvimento dos animais.

Sendo assim o presente estudo abordou fatores e análises para justificar o seu cultivo para potencial forrageiro e substituição de fonte de forragem. Mediante disso análises bromatológicas e respostas animais foram coletadas durante o período experimental para justificar a ideia de substituição em 100% da parte forrageira por silagem de sorgo biomassa.

Mediante os resultados apresentados pela pesquisa, o sorgo biomassa surge como uma excelente fonte de forragem para nutrição de bovinos mestiços leiteiros, alta produção de massa por área de cultivo e silagem com características biológicas favoráveis a conservação e fornecimento aos animais sem perdas zootécnicas.

Como sugestão deixo que trabalhos futuros repliquem a ideia do trabalho para obtermos mais dados confirmando o que aqui foi apresentado que a silagem de sorgo biomassa pode substituir até 100% do sorgo forrageiro na dieta de novilhas mestiças Holandes/Zebu mantendo o mesmo desempenho animal com custo de produção menor para o produtor rural.