



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**SILAGENS COM PALMA FORRAGEIRA
PARA NOVILHAS MESTIÇAS LEITEIRAS EM
REGIÃO SEMIÁRIDA**

MATHEUS WILSON SILVA CORDEIRO

2021

MATHEUS WILSON SILVA CORDEIRO

**SILAGENS COM PALMA FORRAGEIRA PARA NOVILHAS MISTIÇAS LEITEIRAS EM REGIÃO
SEMIÁRIDA**

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

Orientador

Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior

Janaúba
2021

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

Cordeiro, Matheus Wilson Silva

C794s

Silagens com palma forrageira para novilhas mestiças leiteiras em região semiárida [manuscrito] / Matheus Wilson Silva Cordeiro. – 2021.
64 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2021.

Orientador: Prof. D. Sc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior.

1. Bovino de leite Alimentação e rações. 2. Palma forrageira. 3. Silagem. 4. Valor nutricional. I. Rocha Júnior, Vicente Ribeiro. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.2

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2021

Montes Claros, 04 de agosto de 2021.

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2021

Montes Claros, 06 de agosto de 2021.

Declaramos para os devidos fins que no dia **06 de agosto de 2021**, o Senhor **Matheus Wilson Silva Cordeiro**, CPF **126.910.266-47**, defendeu sua Dissertação de Mestrado, Intitulada **“SILAGENS COM PALMA FORRAGEIRA PARA NOVILHAS MESTIÇAS LEITEIRAS EM REGIÃO SEMIÁRIDA”** no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unimontes – Universidade Estadual de Montes Claros, aprovada pela banca examinadora:

Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior/ Presidente/ UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Daniel Ananias de Assis Pires/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Malber Nathan Nobre Palma/Membro Externo/UNIMONTES

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

O Mestrando foi orientado pelo **Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior**.

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



Documento assinado eletronicamente por **Vicente Ribeiro Rocha Junior, Professor(a)**, em 06/08/2021, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Ananias de Assis Pires, Professor de Educação Superior**, em 06/08/2021, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#)



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Usuário Externo**, em 06/08/2021, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **MALBER NATHAN NOBRE PALMA, Usuário Externo**, em 06/08/2021, às 12:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **33280966** e o código CRC **273552A3**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois ele rege meus caminhos, é a fonte de minha força e me abençoa para que eu cumpra meus objetivos.

A minha mãe Fabienne, por todo amor, carinho, cuidado e correta instrução. Responsável pela formação de meu caráter e disciplina.

Ao meu pai Geilson, por tudo de bom que fez e faz por mim, elo responsável por meu primeiro contato com os animais. Ao meu irmão André Felipe, por todo companheirismo, desde sempre, evidenciado no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior, exemplo como profissional e ser humano. Por toda a paciência, instrução, ensinamento e por possibilitar que eu aproveitasse do período do mestrado de forma integrada, contribuindo assim, de alguma forma com a ciência. Ao meu coorientador Dr. Flávio Pinto Monção, grande profissional, por todo compartilhamento de conhecimento, além de todo esforço para que pudéssemos estar executando este trabalho.

A Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, por possibilitar minha formação ao longo destes mais de sete anos, entre graduação e mestrado. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa e apoio financeiro para a execução desta pesquisa. Ao ICNT-Ciências Animal/CNPq.

A todos os professores responsáveis por minha formação, cada um contribuiu com uma informação única. Em especial ao professor Dr. José Reinaldo Mendes Ruas por ter possibilitado o meu primeiro estágio de iniciação científica que contribuiu para que eu viesse a cursar o mestrado. Ao professor Dr. Daniel Ananias de Assis Pires, por todas suas contribuições para a melhoria deste material. Ao Dr. Malber Nathan Nobre Palma por aceitar participar com suas contribuições para desenvolvimento deste trabalho.

A todos os funcionários do campus e da Fazenda Experimental da UNIMONTES. Em especial Romilson, Valmir, João Paulo, Zenon, Arnaldo, José Antônio”, “Cabecinha”, Adriano. A todos os estudantes de graduação que me auxiliaram, Dijair “Dija”, Matheus, Marco Aurelio, Luiz Eduardo e Alisson “Zoio”. A todos colegas discentes do programa de pós-graduação.

A todos que fizeram parte do desenvolvimento deste trabalho.

Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA	4
RESUMO GERAL.....	5
GENERAL ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Regiões semiáridas: desafios ambientais para criação de ruminantes.....	11
2.2 Silagem de sorgo biomassa	12
2.3 Silagem de capim-BRS capiaçu	14
2.4 Silagem de palma forrageira	16
2.5 Volumosos associados à palma forrageira em dietas de ruminantes.....	18
2.6 Objetivos na criação de novilhas leiteiras para reposição do rebanho.....	20
3. REFERÊNCIAS	23
Capítulo 1: 4. Silagens de gramíneas tropicais com palma forrageira em dietas de novilhas Holandês x Zebu na região semiárida do Brasil	29
4.1 Introdução	31
4.2 Material e Métodos.....	32
4.3 Resultados	44
4.4 Discussão	55
4.5 Conclusão	59
4.7 Referências	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Livestock Science, exceto a localização das tabelas e idioma. link: <https://www.elsevier.com/journals/livestock-science/1871-1413/guide-for-authors>.

RESUMO GERAL

CORDEIRO, Matheus Wilson Silva. **Silagens com palma forrageira para novilhas mestiças leiteiras em região semiárida**. 2021. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil¹.

O sucesso da ensilagem de culturas altamente produtivas e adaptadas pode possibilitar suprir a demanda forrageira por sistemas leiteiros intensivos em regiões semiáridas. Realidade que permitiria o correto manejo, inclusive de novilhas para a reposição. Objetivou-se avaliar os efeitos da silagem de sorgo biomassa BRS 716 e silagem de capim-BRS capiaçu associados ou não com palma forrageira na dieta de novilhas mestiças Holandês x Zebu sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, síntese microbiana, comportamento ingestivo e desempenho dos animais. O delineamento experimental foi em dois quadrados latinos 5x5 simultâneos. O estudo incluiu 10 novilhas com $264,95 \pm 19,4$ kg, média de 10 meses de idade. Cinco dietas experimentais foram utilizadas: Dieta 1- silagem de sorgo volumax (SSF); Dieta 2- silagem de sorgo biomassa BRS 716 (SSB); Dieta 3- silagem de capim-BRS capiaçu (SBRS); Dieta 4- silagem de sorgo biomassa BRS 716 (60%) com palma forrageira (40%) (SSB+P); Dieta 5- silagem de capim-BRS capiaçu (60%) com palma forrageira (40%) (SBRS+P). Dietas contendo SBRS e SBRS+P implicaram em menor consumo de matéria seca (5,61 kg/dia; $P < 0,01$) pelas novilhas, que foi 19,40% inferior às dietas com SSF, SSB e SSB+P (6,96 kg/dia). Não houve diferença na eficiência de utilização do nitrogênio (média de 70,73 do N - retido em % N ingerido; $P = 0,44$). As diferentes dietas não alteraram o peso final e o ganho em peso diário das novilhas, com médias de 214,66 kg e 0,77 kg/dia ($P > 0,05$). O presente estudo fornece diretrizes para a utilização de silagens de sorgo biomassa e capim-BRS capiaçu com palma forrageira em dietas de novilhas mestiças leiteiras para reposição do rebanho.

Palavras-chave: sorgo biomassa, BRS 716, BRS capiaçu, ingestão, Holandês x Zebu

¹**Comitê de Orientação:** Prof. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Departamento de Ciências Agrárias/ UNIMONTES (Orientador); Prof. Flávio Pinto Monção - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador).

GENERAL ABSTRACT

CORDEIRO, Matheus Wilson Silva. **Silages with forage cactus for crossbred dairy heifers in semiarid region**. 2021. 63p. Dissertation (Masters in Animal Science) - State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brazil¹.

The success of the silage of highly productive and adapted crops can make it possible to supply the forage demand for intensive dairy systems in semiarid regions. Reality that would allow the correct management, including heifers for replacement. The objective of this study was to evaluate the effects of BRS 716 biomass sorghum silage and BRS capiaçu grass silage associated or not with forage cactus in the diet of crossbred Holstein x Zebu heifers on nutrient intake and digestibility, nitrogen balance, microbial synthesis, behavior ingestive and animal performance. The experimental design was in two simultaneous 5x5 Latin squares. The study included 10 heifers weighing 264.95 ± 19.4 kg, mean age 10 months. Five experimental diets were used: Diet 1 - volumax sorghum silage (SSF); Diet 2- BRS 716 biomass sorghum silage (SSB); Diet 3 - BRS capiaçu grass silage (SBRS); Diet 4- biomass sorghum silage BRS 716 (60%) with forage cactus (40%) (SSB+P); Diet 5- BRS capiaçu grass silage (60%) with forage cactus (40%) (SBRS+P). Diets containing SBRS and SBRS+P resulted in lower dry matter intake (5.61 kg/day; $P < 0.01$) by heifers, which was 19.40% lower than diets with SSF, SSB and SSB+P (6.96 kg/day). There was no difference in nitrogen utilization efficiency (mean of 70.73 N - retained in % N ingested; $P = 0.44$). The different diets did not change the final weight and daily weight gain of heifers, with averages of 214.66 kg and 0.77 kg/day ($P > 0.05$). The present study provides guidelines for the use of biomass sorghum silages and BRS capiaçu grass with cactus forage in diets of crossbred dairy heifers for herd replacement.

Keywords: biomass sorghum, BRS 716, BRS capiaçu, intake, Holstein x Zebu

¹**Guidance Committee:** Prof. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Department of Agricultural Sciences/ UNIMONTES (Advisor); Prof. Flávio Pinto Monção - Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Co-advisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil os bovinos são criados na sua maioria em pasto, fato este, que permite uma redução dos custos com alimentação, auxiliando o país a ser um dos maiores produtores de leite do mundo (Leal et al., 2020; Seapa, 2020). Entretanto, sistemas desta natureza são prejudicados pela escassez de forragem no período seco do ano (Sampaio et al., 2017), podendo perdurar por até 6 meses (Daniel et al., 2019). Esse quadro é evidenciado em regiões semiáridas do país, que apresentam incidência baixa de chuvas, com até 800 mm por ano, aliado a precipitação com distribuição irregular, sendo frequente a ocorrência de dias sem chuva mesmo no verão (Araújo, 2015). Desta forma, para se obter êxito na produção de leite nessas regiões a conservação do excedente forrageiro, do período chuvoso, se torna indispensável, sendo a técnica de ensilagem a mais usual (Wilkinson e Rinne, 2017).

A silagem de milho é a tradicional fonte volumosa da dieta de vacas leiteiras, sendo considerada referência, pois apresenta melhor perfil de fermentação, além de maior densidade energética e digestibilidade da fibra (Daniel et al., 2019; Kung Jr et al., 2018). Entretanto, a cultura do milho necessita de uma elevada demanda hídrica para completar seu ciclo, impossibilitando em algumas situações sua implantação em regiões semiáridas (Wagner et al., 2013). Nessa condição, culturas que apresentem maior tolerância ao déficit hídrico aliado à boa produtividade por hectare são indicadas, pois permitem otimizar a produção forrageira no curto período que os fatores edafoclimáticos são favoráveis.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pode ser uma alternativa ao milho por apresentar melhor tolerância a precipitações inferiores e irregulares (Daniel et al., 2019). Para a confecção de silagens os genótipos forrageiros são os mais indicados (Bolsen et al., 2015), no entanto, recentemente têm se explorado o potencial forrageiro de genótipos de sorgo biomassa, sendo obtidas silagens de qualidade (Queiroz et al., 2021; Ramos et al., 2021). Esses genótipos são produzidos com a finalidade de cogeração de energia elétrica pela queima direta de biomassa em indústrias termoelétricas, ou produção de etanol de segunda geração em indústrias sucroalcooleiras (May et al., 2016). Por apresentar essa finalidade atingem altos rendimentos chegando a 50 t/ha de matéria seca (Silva et al., 2018), podendo assim, ser uma importante fonte de recurso forrageiro para ruminantes e mitigar o déficit de alimento em regiões semiáridas.

Outro fator que impacta na escolha de uma planta forrageira para produção de silagens em regiões semiáridas é a eficiência com que esta utiliza a incidência de luz e água para produção de matéria seca (Monção et al., 2019a). Monção et al. (2019b) destacaram que o capim-BRS capiaçu (*Pennisetum purpureum* Schum.) produziu além das expectativas conforme literatura, durante o verão em região semiárida do norte de Minas Gerais, demonstrando que a adoção deste cultivar em regiões semiáridas também pode auxiliar na otimização dos sistemas produtivos.

Em relação à eficiência do uso da água e alta produtividade por hectare, dificilmente alguma espécie pode superar a palma forrageira (Drezner, 2020; Gusha et al., 2013). Porém, devido ao baixo teor de matéria seca, não se aconselha sua ensilagem exclusiva (Kung Jr et al., 2018; Muck et al., 2018), pois, pode desencadear um processo fermentativo indesejável, fazendo com que o alimento seja de baixa aceitabilidade pelos animais. No entanto, por apresentar alta concentração de carboidratos solúveis, substrato de crescimento para os microrganismos durante o processo fermentativo (Borreani et al., 2018; Muck et al., 2018), ao ser associada com outro volumoso pode vir a permitir uma melhoria no processo fermentativo como um todo.

A produção de silagens com forrageiras de elevada produtividade pode suprir a demanda forrageira por animais em sistemas leiteiros em regiões semiáridas (Cordeiro et al., 2021), possibilitando que categorias animais que muitas das vezes são negligenciadas tenham acesso a alimento com bom valor nutritivo. O correto suprimento das exigências nutricionais de novilhas leiteiras de reposição é frequentemente pouco priorizado (Erickson et al., 2020). Muito pelo fato destes animais não produzirem leite e representarem de 15 a 20% do total das despesas (Heinrichs, 1993; Hoffman, 1997). Situação que pode vir a prejudicar o potencial produtivo da futura vaca (Nierkerk et al., 2021; Sejrs e Purup, 1997).

Diante disso, o sucesso na produção de silagens de sorgo biomassa e capim-BRS capiaçu com a palma forrageira, culturas estas de elevada produtividade no semiárido, pode vir a viabilizar os sistemas de produção com animais ruminantes em regiões semiáridas. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da utilização da silagem de sorgo biomassa BRS 716, capim-BRS capiaçu associados ou não com palma forrageira na dieta de novilhas mestiças Holandês x Zebu.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Regiões semiáridas: desafios ambientais para criação de ruminantes

Estima-se que 41% da superfície terrestre apresenta precipitações inferiores à evapotranspiração potencial (Huang et al., 2016). Em outras palavras estas regiões estão sujeitas a um determinado grau de déficit hídrico. Destes 41%, 7% destas regiões são classificadas por apresentarem clima hiperárido, 13% árido, 6% subúmido e 15% semiárido (Feng e Fu, 2013; Huang et al., 2016). Em relação a regiões de clima semiárido, modelos climáticos já estimam que áreas com estas condições edafoclimáticas tendem a expandir em 10% até 2100 (Feng e Fu, 2013).

Só no Brasil, regiões com clima semiárido ocupam área de 1.128.697 km², abrangendo 1.262 municípios dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Brasil, 2017). A região tem como característica a incidência baixa de chuvas que podem variar de 350 a 800 mm por ano (Andrade et al., 2020). Aliado a este fato, a precipitação tem distribuição irregular sendo frequente a ocorrência de dias sem chuva mesmo no verão, conhecidos como veranicos (Araújo, 2015).

O semiárido brasileiro tem a produção animal como uma das atividades de maior importância socioeconômica, com destaque para a criação de ruminantes (Santos et al., 2011). Sistemas produtivos com estes animais utilizam, principalmente, de pasto como fonte de alimento. Neste contexto, a produção do aporte forrageiro para alimentação dos animais deve ser realizada no período de maior disponibilidade de chuvas. A produção de animais em pasto deve focar na maior eficiência, entretanto, a sazonalidade produtiva de forrageiras tropicais prejudica no desenvolvimento dos animais (Sampaio et al., 2017). Fatores climáticos são componentes incontornáveis dentro do sistema produtivo, sendo seus efeitos mais intensos quando se trabalha com ruminantes em pasto, que é escasso cerca de 4 a 6 meses do ano (Daniel et al., 2019).

Andrade et al. (2010) destacaram que as gramíneas mais adaptadas ao semiárido, e assim, utilizadas para pastejo são o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), capim-gramão (*Cynodon dactylus*), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) e capim-andropogon (*Andropogon gayanus*). Porém, os mesmos autores enfatizam que na época seca estas espécies

apresentam baixa capacidade suporte, inferior a 1 UA/ha. Uma alternativa aplicável a esta situação, a fim de se lidar com estes déficits sazonais de disponibilidade de alimentos, é a conservação do excedente forrageiro, sendo a técnica de ensilagem a mais usual (Wilkinson e Rinne, 2017; Cordeiro et al., 2021; Queiroz et al., 2021).

Ao se ter consciência das condições ambientais locais se torna possível à escolha de culturas com potencial de utilização para se ensilar, que sejam produtivas e que sua silagem seja de qualidade (Cordeiro et al., 2021). Em sistemas pecuários no semiárido é estratégico a otimização da produtividade das culturas forrageiras, principalmente no que se diz respeito na melhoria no uso da água. Neste contexto, culturas que produzam elevadas quantidades de massa por hectare, no período em que as condições edafoclimáticas são favoráveis, podem suprir a demanda de volumoso pelos rebanhos (Cordeiro et al., 2020). Trabalhos começam a destacar para esse propósito o sorgo biomassa (Queiroz et al., 2021; Ramos et al., 2021), o capim-BRS capiaçu (Monção et al., 2019ab) e a palma forrageira (Cordeiro et al., 2021; Dubeux Jr. et al., 2021).

2.2 Silagem de sorgo biomassa

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma alternativa aplicável nos mais diversos sistemas de produção animal no mundo e no Brasil. Originária da África essa cultura tem a capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e produz em condições desfavoráveis comparado com a maioria dos outros cereais (Cordeiro et al., 2021).

A produção de silagem de sorgo coincide com a utilização de menos recursos tecnológicos (Daniel et al., 2019). Os mecanismos adaptativos, seu alto rendimento de matéria seca e boa concentração de carboidratos solúveis (Veriato et al., 2018), aliado às características fenotípicas que facilitam o plantio, manuseio, colheita e armazenamento (Tolentino et al., 2016) fazem com que a cultura do sorgo seja apta a ser conservada por ensilagem.

Forrageiras com alta produção por unidade de área e que apresentem bom valor nutritivo são buscadas para regiões semiáridas devido os desafios de produção de alimento para os ruminantes neste tipo de clima. Neste sentido, o sorgo forrageiro tem sua utilização difundida com uma razoável produção (10 à 20 t de matéria seca ha⁻¹; Veriato et al., 2018). Entretanto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) tem lançando desde

2013 variedades e/ou híbridos de sorgo biomassa com o intuito o fornecimento de biomassa para a produção energética (Almeida et al., 2019). As principais características deste tipo de sorgo são seu alto crescimento, com plantas atingindo altura de até 6 metros, além de elevada produtividade de massa acima de 50 t de matéria seca ha⁻¹, possuir tolerância a pragas e doenças, ao déficit hídrico, e resistência ao acamamento (Almeida et al., 2019; Castro et al., 2015; Silva et al., 2018).

Castro et al. (2015) ao avaliarem a produção de matéria verde de diferentes híbridos de sorgo verificaram produções de até 120,8 t de matéria verde ha⁻¹ para híbridos de sorgo biomassa, já o cultivar de sorgo forrageiro volumax alcançou apenas 56,5 t de matéria verde ha⁻¹, demonstrando a superioridade em produção do sorgo biomassa.

Nada impede a utilização do sorgo biomassa na alimentação de ruminantes. As características desejáveis da fibra tanto para fins energéticos quanto nutricionais são semelhantes. A celulose e a hemicelulose sob hidrólise enzimática produzem açúcares fermentáveis para produção de biocombustíveis (Castro et al., 2015), já no rúmen este processo também ocorre fornecendo energia para os microrganismos.

Outra característica da fibra em comum para ambos os propósitos é a preferência por menores teores de lignina, pois esta afeta a digestibilidade da fibra para os ruminantes e altas porcentagens de lignina necessitam de maiores concentrações das enzimas para o processamento da biomassa, tornando este economicamente inviável (Castro et al., 2015; Silva et al., 2018).

O sorgo biomassa tem seu potencial forrageiro evidenciado, pois, além de apresentar altas produções de matéria seca por hectare, permite a obtenção de silagens de bom valor nutritivo. Caxito (2017) ao avaliar a qualidade nutricional de silagens de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro, cultivado em condições de sequeiro na região semiárida de Minas Gerais, concluiu que os genótipos de sorgo biomassa (BRS 716 e CMSXS 7016) têm aptidão forrageira, pois não apresentaram diferenças na digestibilidade da matéria seca e obtiveram maior produção de matéria seca digestível em relação aos genótipos de sorgos sacarinos e forrageiros avaliados.

Ramos et al. (2021) avaliaram a substituição de silagem de sorgo forrageiro (SSF) cultivar volumax pela silagem de sorgo biomassa (SSB) cultivar BRS 716 em diferentes proporções na dieta (0, 50, 75 e 100%) de vacas F1 Holandês X Zebu sobre sua ingestão e

digestibilidade de nutrientes e a resposta para produção e composição do leite, além do custo das dietas. Os autores verificaram que a substituição total (100%) da SSF pela SSB não alterou a produção de leite e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura com média de 12,86 kg/dia e 13,42 kg/dia, respectivamente. A substituição de SSF por SSB reduziu o consumo de matéria seca em 0,02 kg para cada 1% de inclusão de SSB, entretanto, não havendo diferença na ingestão de proteína bruta, fibra em detergente neutro, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais. Além disso, as dietas não afetaram o escore de condição corporal das vacas (média de 3,2 no final do experimento). Outro aspecto interessante foi de que a substituição completa da SSF por SSB reduziu o custo da dieta dos animais em 28,8%. Deste modo foi concluído a SSF pode ser substituída em até 100% pela SSB na dieta de vacas F1 Holandês X Zebu em lactação.

Diante disto, futuros trabalhos podem vir a consolidar o potencial forrageiro de cultivares de sorgo biomassa na alimentação de ruminantes. Aproveitando de sua alta produção por área, que vem a permitir otimizar a produção forrageira em épocas propícias ao cultivo, algo limitado nos casos de regiões semiáridas, assim, auxiliando a produção animal em sistemas submetidos a este tipo de condições climáticas.

2.3 Silagem de capim-BRS capiaçu

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) se destaca entre as espécies forrageiras tropicais, através de seu alto potencial de produção de matéria seca, com boa qualidade da forragem e aceitabilidade pelos animais (Pereira et al., 2017). A Embrapa Gado de Leite através do programa de melhoramento do capim-elefante lançou recentemente o BRS Capiáçu, tendo sido registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento em 2015 (Pereira et al., 2016).

O BRS Capiáçu se distingue dos demais cultivares de capim-elefante devido seu maior rendimento e qualidade da forragem (Pereira et al., 2017). Outro diferencial está em seu objetivo de utilização, que além de servido verde picado no cocho como a maior parte dos cultivares de capim-elefante, este apresenta a possibilidade de ser ensilado (Pereira, et al., 2016). Dentre as características forrageiras os mesmos autores destacaram a resistência ao tombamento, facilidade para a colheita mecânica, ausência de joçal (pelos) e touceiras eretas e densas. O BRS Capiáçu produz em média 26,1% a mais de matéria seca por hectare

ao ano que o cultivar Mineiro e 40,0% a mais em relação ao cultivar Cameron (Pereira et al., 2017). Pereira et al. (2016) ressaltam que o potencial de produção de biomassa do BRS Capiapu atingi médias de 50 toneladas de matéria seca por hectare ao ano.

O BRS Capiapu apresenta tolerância ao estresse hídrico (Pereira, et al., 2016), logo, com a utilização de técnicas que possibilitem esse cultivar manifestar seu máximo potencial de produção de matéria seca, como por exemplo irrigações estratégicas, torna-o apto a ser um importante recurso forrageiro nas regiões semiáridas (Monção et al., 2019b).

Devido ao fato de se tratar de um cultivar com pouco tempo de lançamento no mercado, os estudos com silagem de BRS Capiapu são escassos, mesmo sendo esse um dos objetivos de utilização (Pereira, et al., 2016; Pereira et al., 2017). Neste sentido, atenção maior deve ser dada as características do cultivar em relação ao seu potencial de ensilagem, ou seja, as características produtivas e de sua composição químico-bromatológica em diferentes idades de corte (Monção et al., 2019a; Monção et al., 2019b; Leal et al., 2020), para assim se determinar o momento correto do corte que proporcione um material ensilado de boa qualidade.

Neste sentido, Monção et al. (2019a) avaliaram a produtividade, composição química e digestibilidade *in vitro* de nutrientes do capim-BRS capiaçu manejado em cinco idades de rebrota (30, 60, 90, 120 e 150 dias), localizada em uma região de clima semiárido, durante o verão. O BRS capiaçu foi implantado em 2016. A precipitação média anual durante o experimento foi de 876 mm com temperatura média de 24° C. Os autores verificaram o aumento de produção de matéria verde e produção de matéria seca de 1.280 kg ha⁻¹ e 382 kg ha⁻¹, respectivamente quando a idade de corte foi de 30 para 150 dias. Também foi observado um incremento de 0,109% no teor de matéria seca (MS), de 0,104% da fibra em detergente neutro (FDN), 0,099% de fibra em detergente ácido (FDA) e 0,025% de lignina em função do aumento de um dia na idade de corte. Em contrapartida, houve uma redução diária de 0,022% no teor de nutrientes digestíveis totais, 0,196% na digestibilidade *in vitro* da MS, 0,057% na digestibilidade *in vitro* da proteína bruta e 0,256% na digestibilidade *in vitro* da FDN. Desta forma, os autores recomendaram que para o cultivo do BRS capiaçu no norte de Minas Gérias o momento ideal da colheita seria entre 90 e 120 dias, com altura da planta entre 3,4 a 4,5 metros, pois se alia a alta produtividade com valor nutritivo.

Já Monção et al. (2019b) avaliaram a produtividade e composição química do BRS capiaçu manejado em quatro idades de rebrota (30, 60, 90 e 120 dias) no mesmo local que Monção et al. (2019a) porém durante o inverno. Os autores verificaram aumento da altura em 76,3%, 94,4% na produção de matéria verde, 96,6% na produção de matéria seca, 38,5% no teor de matéria seca, 19,1% no teor de FDN, 26,4% no teor de FDA e 61,8% no teor de lignina quando a idade de corte foi de 30 para 120 dias. Já os teores de proteína bruta e NDT reduziram 57,2% e 5,8% respectivamente. Assim, os autores concluíram que o aumento da idade do BRS capiaçu aumentou a produção por unidade de área enquanto diminuiu o valor nutricional, deste modo, a colheita é recomendada em 90 dias de rebrota, com altura da planta de 1,6 metros, durante o inverno nesta região para que melhor se equilibre a produtividade com a qualidade.

Trabalhos como este são de suma importância para que se possa determinar o melhor momento de se ensilar a cultura. No geral podemos observar que o BRS capiaçu se caracteriza por apresentar baixos teores de matéria seca (Pereira, et al., 2016; Pereira et al., 2017; Monção et al., 2019a), o que pode vir a aumentar as perdas e prejudicar o processo fermentativo durante a ensilagem. Assim a utilização de aditivos com alto teor de matéria seca pode vir a melhorar a qualidade de silagens produzidas com BRS capiaçu. Neste sentido, Silva et al. (2019) avaliaram o efeito de níveis de inclusão de glicerina bruta (0, 1, 5, 10, e 15% da matéria natural) sobre a silagem de BRS capiaçu na composição química e nos parâmetros de fermentação. A inclusão de glicerina bruta reduziu o pH (de 3,99 para 3,74) e as perdas de efluentes (38,45 para 28,55 kg/t) e aumentou em 30,5% o teor de MS na silagem de BRS capiaçu. Desta forma os autores concluíram que a inclusão de 15% de glicerina bruta na matéria natural da silagem de BRS capiaçu melhorou a composição bromatológica e o perfil de fermentação.

2.4 Silagem de palma forrageira

A palma forrageira se destaca por suportar as condições climáticas impostas pelo semiárido (Marques et al., 2017; Nogueira et al., 2019), servindo como base alimentar dos rebanhos (Galvão Júnior et al., 2014).

Sua adaptabilidade pode ser atribuída a características morfofisiológicas xeromórficas, como raízes bem desenvolvidas, predominantemente superficiais (Marques et

al., 2017). Destaca-se o metabolismo diferenciado CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) que permite a esta forrageira um maior aproveitamento da água, visto que, plantas com este diferencial, abrem seus estômatos durante a noite, mantendo-os fechados durante o dia, o que reduz a perda de água pela evaporação estomática (Donato et al., 2014; Almeida et al., 2015; Niechayev et al., 2019).

No Brasil as espécies mais utilizadas são a *Opuntia ficus-indica* Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (Marques et al., 2017). Dentre as variedades mais cultivadas, destacam-se a Gigante, Redonda, Orelha de elefante (todas do gênero *Opuntia*) e a Miúda (gênero *Nopalea*) (Galvão Júnior et al., 2014), com potencial produtivo superior a 30 t de MS ha⁻¹(Leite et al., 2018).

Vários são os benefícios da inclusão de palma forrageira na dieta de animais ruminantes, entretanto, não se observa qual é o comportamento dessa forrageira quando ensilada. Evidentemente que a palma forrageira apresenta altos teores de umidade, cerca de 90% da matéria natural (Marques et al., 2017), e que a alta atividade de água pode vir a prejudicar a fermentação das silagens (Costa et al., 2016; Tolentino et al., 2016; Kung Jr et al., 2018; Veriato et al. 2018).

Entretanto trabalhos recentes (Pereira, 2019) vêm demonstrando que apesar do baixo teor de matéria seca (por volta de 10%) a palma forrageira pode ser ensilada e produzir silagem de qualidade. A principal justificativa é que o alto teor de carboidratos solúveis fornece substrato que é facilmente fermentável pelas bactérias produtoras de ácido láctico, reduzindo o pH, inibindo assim o crescimento de microrganismos indesejáveis (Pereira, 2019). Outra característica é que a mucilagem, uma mistura de polissacarídeos constituída por arabinose, galctose, ramnose e ácidos galacturônicos, apresenta propriedades osmóticas de absorver fluídos presentes na massa ensilada (Haddache et al., 2016).

Entretanto, para a obtenção de silagens de palma forrageira com perfil de fermentação adequado, alguns pontos devem ser levados em consideração, sendo os principais o tamanho de partícula e a manutenção da anaerobiose (Kung Jr et al., 2018; Monção et al., 2020). Os cuidados em relação ao tamanho de partícula devem se concentrar em se evitar a maceração dos cladódios para não se intensificar a liberação de água que fica ligada a mucilagem, assim partículas de 2-5 cm seriam recomendadas. A mucilagem

representa cerca de 14% do peso seco do cladódio, contendo aproximadamente 30% de água presente no parênquima de reserva (Ventura-Aguilar et al., 2017). A manutenção da água ligada à mucilagem evita altas quantidades de água livre no processo de fermentação, o que pode ser prejudicial. Em relação à manutenção da anaerobiose, esta é importante para a proliferação de bactérias fermentadoras de ácido láctico (LAB), pois a palma forrageira possui concentrações elevadas de pentoses (xilose e arabinose) e hexoses (manose, glicose e galactose) (Haddache et al., 2016). Assim, as LAB utilizam esses açúcares como substrato para produzir ácido láctico, resultando em silagens com adequado perfil fermentativo (Pereira, 2019).

Levando em consideração as dificuldades práticas em nível de campo relacionadas à ensilagem da palma forrageira (principalmente a compactação para criar o ambiente livre de ar) a confecção de silagens mistas de palma forrageira e gramíneas vem se tornando uma opção interessante (Brito et al., 2020; Monção et al., 2020). Essa técnica tem por princípio se beneficiar dos carboidratos solúveis presentes na palma junto do maior teor de matéria seca da gramínea selecionada, o que pode vir a minimizar problemas na produção de silagem.

Neste sentido Brito et al. (2020) avaliaram a silagem de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) com adição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) na produção de silagens mistas. Além de adequado perfil fermentativo, os autores observaram que as silagens apresentaram excelente perfil fermentativo e alta estabilidade aeróbica (acima de 70 horas). Concluindo assim, que todas as silagens testadas foram adequadas, entretanto, considerando a estabilidade aeróbia da silagem exclusiva de palma forrageira, a adição de pelo menos 25% de gliricídia é recomendada.

Diferentemente, Monção et al. (2020) avaliaram a ensilagem do capim-BRS capiaçu associado a palma forrageira em diferentes níveis de inclusão (0, 5, 10, 15 e 20% na matéria natural). Os autores concluíram que com até 5% de inclusão de palma forrageira os melhores resultados foram alcançados, visto que, apesar de maiores inclusões aumentarem a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro, as perdas de matéria seca por efluentes e gases se tornam maiores.

2.5 Volumosos associados à palma forrageira em dietas de ruminantes

A literatura encontra-se ausente de trabalhos que visem retratar o desempenho de vacas leiteiras consumindo dietas com silagens contendo palma forrageira. Este fato decorre da preconização do insucesso ao ensilar culturas que apresentem teores inferiores a 20% de matéria seca (Kung Jr et al., 2018).

Se fornecida exclusivamente para os animais a palma forrageira pode acarretar em problemas digestivos (Wanderley et al., 2002) devido apresentar baixos teores de matéria seca (8 a 13%; Galvão Júnior et al., 2014; Marques et al., 2017), proteína bruta (4 a 5%; Wanderley et al., 2012; Marques et al., 2017) e fibra (17 a 28% de FDN; Siqueira et al., 2017). Entretanto, ao ser incluída na alimentação de vacas leiteiras apresenta vantagens nutricionais e econômicas (Siqueira et al., 2017; Borges et al., 2019).

A palma forrageira pode contribuir com a melhoria da digestibilidade da matéria seca em dietas de ruminantes (Galvão Júnior et al., 2014; Wanderley et al., 2012; Sousa et al., 2018). Borges et al. (2019) avaliaram o efeito da silagem de sorgo ou capim-elefante cv. Roxo associado ou não a palma forrageira em dietas de vacas F1 Holandês/Zebu, verificaram que a dieta contendo silagem de sorgo e palma forrageira obteve digestibilidade da matéria seca 18,5% superior à dieta contendo capim-elefante. Os autores ainda ressaltaram que o alto teor de carboidratos solúveis, de rápida fermentação advindos da palma forrageira, contribuíram para aumento da taxa de passagem.

Wanderley et al. (2012) estudaram o efeito das silagens de sorgo e girassol e de fenos de leucena, feijão guandu e capim-elefante, como fontes de fibra, associados a 60% de palma forrageira, na matéria seca de dietas, para vacas Girolando em lactação, e destacaram que a palma é um alimento que apresenta alta palatabilidade e digestibilidade. Não verificando diferenças no consumo de matéria seca, das dietas, apresentando média de 14,01 kg/dia. Consequentemente, a produção de leite das vacas não diferiu, com média diária de 11,1 kg.

Mendes et al. (2012) não observam diferenças na ingestão de matéria seca de suplementações a base de palma forrageira ou silagem de milho em vacas de leite mestiças. Silva et al. (2017) ao avaliarem a aceitabilidade e valor nutricional de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) por novilhas Girolando em função de diferentes períodos de armazenamento, observaram que o período de armazenagem em galpão fechado não alterou a aceitabilidade pelos animais.

Wanderley et al. (2002) avaliaram 0, 12, 24 e 36% de inclusão de palma forrageira em substituição à silagem de sorgo em dietas de vacas da raça holandesa em lactação, não constatando efeito significativo sobre produção de leite (kg) com ou sem correção para 3,5% de gordura por dia, mantendo uma média de 25 kg/dia. Já o teor de gordura do leite teve efeito quadrático, com valor máximo em 4,08% de gordura, com 20,51% de palma (estimado). Alterações nos constituintes do leite em função da dieta podem ser observados devido à alta relação existente entre ambos (Costa et al., 2020).

2.6 Objetivos na criação de novilhas leiteiras para reposição do rebanho

Com a atual pressão da sociedade perante aos sistemas pecuários, os principais objetivos na criação tanto de bezerras quanto de novilhas de reposição se baseia em criar animais saudáveis e nutricionalmente eficientes, mantendo o bem estar e buscando a rentabilidade do sistema (Niekerk et al., 2021). Pensando em eficiência, as estratégias de criação de novilhas de reposição visam reduzir a idade ao primeiro parto a fim de se diminuir os dias não produtivos (Sejrse e Purup, 1997; Wang et al., 2017; Niekerk et al., 2021). Aliado a isto, garantir que as novilhas alcancem estrutura corporal e desenvolvimento de órgão suficientes sem comprometer a produção de leite futura (Van Amburgh et al., 2019; Erickson et al., 2020).

A maior proporção da literatura traça como meta para a criação de novilhas leiteiras o primeiro parto ocorrer entre 22 a 24 meses, com a primípara pesando cerca de 82% do peso adulto (Van Amburgh et al., 2019; Erickson et al., 2020; Niekerk et al., 2021). Em relação ao peso vivo essa meta vem sendo atualizada, dados recentes vem sugerir que primíparas com 73-77% do peso adulto não tem comprometimento na produção de leite futura (Han et al., 2021).

Cabe se fazer ressalvas deste tipo de métrica a nível de Brasil. Visto que, a produção de leite nacional não é prioritariamente advinda de animais de raças europeias, as quais, estas metas de criação são estabelecidas. Animais de origem zebuína e seus cruzados representam cerca de 80% do rebanho nacional (Ferraz e Eler, 2010). Estes animais zebuínos apresentam boa eficiência produtiva e reprodutiva quando bem criados, entretanto, têm idade a puberdade mais elevada, menor duração e intensidade do estro, maior duração da gestação em comparação com raças europeias (Silva-Santos et al., 2011; Stojšin-Carter et al.,

2016). Neste contexto, sistemas de criação de que venham a ter novilhas leiteiras de reposição zebuínas e/ou mestiças europeu X zebu devem adaptar as metas a realidade nacional.

Borges et al. (2015) compararam dados de peso adulto, idade e peso médio à puberdade, peso médio à cobertura, idade e peso médio ao primeiro parto de fêmeas das principais bases genéticas utilizadas em rebanhos no Brasil. Estes autores ressaltaram diferenças nas métricas alcançadas pelos distintos genótipos. Para a raça Holandesa o peso adulto encontrado foi de 600 kg, peso ao primeiro parto de 480 kg, com idade ao primeiro parto de 24 meses, onde o peso a cobertura foi de 360 kg, peso a puberdade variando entre 250 a 280 kg, com idade a puberdade variando entre 11 a 15 meses. Já para animais mestiços Holandês X Zebu o achado foi de peso adulto de 500-600 kg, peso ao primeiro parto de 450-540 kg, com idade ao primeiro parto de 30 a 35 meses, onde o peso a cobertura foi de 350-480 kg, peso a puberdade variando entre 300 a 340 kg, com idade a puberdade variando entre 15 a 24 meses.

É pertinente reforçar que todos os índices/metras a serem buscadas partem do ganho médio de peso. Visto que, a puberdade depende diretamente da nutrição e está relacionada com o peso vivo (idade fisiológica) e não com a idade cronológica do animal (Borges et al., 2015). Neste sentido, o quanto antes a novilha atingir o peso a puberdade, mais cedo se tornará apta à primeira cobertura, e conseqüentemente, menor será a idade ao primeiro parto. Fato este que indica que altos ganhos por dia seriam interessantes, pois assim a novilha poderia vir a atingir mais cedo à puberdade, possibilitando o cumprimento das metas já citadas. Raciocínio, porém, que deve ser evitado, pois a literatura trás que elevados ganhos de peso diário podem vir aumentar o a adipogênese e, por seguinte, acúmulo de tecido adiposo durante o desenvolvimento da glândula mamária que pode em última instância, reduzir a produção de leite futura (Sejrsen e Purup, 1997; Van Amburgh et al., 2019; Erickson et al., 2020; Niekerk et al., 2021).

Estes aspectos na criação de novilhas leiteiras fez com que pesquisas efetuadas com o intuito de determinar o ganho de peso ideal para esta categoria animal fossem realizadas. Assim, a literatura sugere que 0,8 kg/dia (0,7-0,9 kg/dia) é a taxa de ganho de peso ideal para novilhas leiteiras a fim de se evitar acúmulo de gordura de forma excessiva (Sejrsen e Purup, 1997; Van Amburgh et al., 2019; Erickson et al., 2020; Niekerk et al., 2021).

Este valor referência é seguro e utilizado por rebanhos em todo o mundo, entretanto, não deve ser o único aspecto levado em consideração. Sendo ideal avaliar a taxa de crescimento de novilhas. Niekerk et al. (2021) ressaltam que a variável mais importante que pode ser manipulada em novilhas leiteiras de reposição durante o período pré-púbere à gestação inicial é a taxa de crescimento.

Para se determinar a taxa de crescimento, além do ganho de peso diário, torna-se importante avaliar o peso vivo, escore da condição corporal, altura de cernelha, altura da garupa, circunferência torácica, entre outros (Sousa, 2009). Ao realizar a comparação entre estes parâmetros da taxa de crescimento torna-se possível verificar com valores referência, específico para cada raça, a fim de determinar se o crescimento das novilhas esta de acordo com o ideal. As medidas corporais variam mediante a idade do animal e os objetivos do sistema. Para a raça Holandesa Hoffman (2015) traça as seguintes recomendações para novilhas próximas ao parto: peso ao parto ideal 551 kg, com altura de cernelha de 139,5 cm e comprimento corporal de 170,9 cm. Recomendações semelhantes a esta podem vi a permitir corrigir falhas de manejo durante o crescimento de novilhas para reposição.

Sousa (2009), trás três situações práticas visualizadas no campo que a verificação da taxa de crescimento faz toda a diferença. Situação 1: novilhas que apresentam altura dentro do padrão da raça, mas peso acima do recomendado. Como diagnóstico deste animal se identifica que houve superalimentação energética. Situação 2: novilhas com altura dentro do padrão da raça, mas com peso abaixo do recomendado. Como diagnóstico subalimentação energética. Situação 3: novilhas com altura abaixo do recomendado para o padrão da raça, mas peso vivo dentro do padrão. O diagnóstico será de que houve subalimentação proteica.

Como observado nestes casos práticos, para se atingir os objetivos estipulados dentro da criação de novilhas leiteiras o correto fornecimento de nutrientes é essencial. Assim, torna-se indispensável seguir os modelos de exigências nutricionais para os animais, evitando assim desequilíbrios nutricionais. Atualmente os mais utilizados no Brasil são o NRC (2001) e o BR-Corte 4.0 (Valadares Filho et al., 2016). Estas premissas sendo seguidas, torna-se possível alcançar o desempenho animal esperado e, assim, manter a rentabilidade do sistema. E o mais importante, fornecendo alimento em quantidade e qualidade para as novilhas, visto que, se as premissas de melhoria genética estiverem coerentes, se trata da futura geração de vacas de leite, superiores a suas mães (Erickson et al., 2020).

3. REFERÊNCIAS

- Almeida, G.A.P., de Souza Campos, J.M., de Andrade Ferreira, M., Correia, A.L.V., de Andrade, A.P., 2015. Palma (*Opuntia ficus indica* mill) cv. gigante em suplementos para fêmeas leiteiras em crescimento a pasto. *Rev. Caatinga* 28, 161–171.
- Almeida, L.G.F. de, Parrella, R.A. da C., Simeone, M.L.F., Ribeiro, P.C. de O., dos Santos, A.S., da Costa, A.S.V., Guimarães, A.G., Schaffert, R.E., 2019. Composition and growth of sorghum biomass genotypes for ethanol production. *Biomass and Bioenergy* 122, 343–348. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.030>
- Andrade, A.P. De, Costa, R.G., Santos, E.M., 2010. Produção animal no semiárido : o desafio de disponibilizar forragem , em quantidade e com qualidade , na estação seca. *Anim. Prod.* 4, 01–14.
- Andrade, A.P. de, Silva, D.S. da, Bruno, R. de L.A., Silva, D.L.S. da, Junior, J.L. de A.M., Magalhães, A.L.R., Melo, L.D.F. de A., Medeiros, A.N. de, 2020. Temporal rainfall variability as inductor of the phenology of Brazilian semiarid species. *Aust. J. Crop Sci.* 14, 299–307. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.02.p2312>
- Araújo, G.G.L. de, 2015. *Revista Brasileira de Geografia Física. Rev. Bras. Geogr. Física* 8, 598–609.
- Bolsen, K.K., Moore, K.J., Coblenz, W.K., Siefers, M.K., White, J.S., 2015. Sorghum silage. *Silage Sci. Technol.* 609–632. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c13>
- Borges, Á.M., Martins, M., Nunes, P.P., Reinaldo, J., Ruas, M., Veterinária, E. De, Horizonte, B., 2015. Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. *Rev. Bras. Reprodução Anim.* 39, 155–163.
- Borges, L.D.A., Rocha, V.R., Monção, F.P., Soares, C., Ruas, J.R.M., Silva, F.V., Rigueira, J.P.S., Costa, N.M., Oliveira, L.L.S., de Oliveira Rabelo, W., 2019. Nutritional and productive parameters of Holstein/Zebu cows fed diets containing cactus pear. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 32, 1373–1380. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0584>
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101, 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- BRASIL, 2017. Nova Delimitação Semiárido. Acesso Jul. 24, 2021. <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/nota-tcnica-n-05-2017-pdf>
- Brito, G.S.M.S., Santos, E.M., de Araújo, G.G.L., de Oliveira, J.S., Zanine, A. de M., Perazzo, A.F., Campos, F.S., de Oliveira Lima, A.G.V., Cavalcanti, H.S., 2020. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. *Sci. Rep.* 10, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63905-9>
- Castro, F.M.R., Bruzi, A.T., Rodrigues Nunes, J.A., Costa Parrella, R.A., Romeiro Lombardi, G.M., Brant Albuquerque, C.J., Lopes, M., 2015. Agronomic and Energetic Potential of Biomass Sorghum Genotypes. *Am. J. Plant Sci.* 06, 1862–1873. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.611187>
- Caxito, A.M., 2017. Desempenho agrônômico e qualidade nutricional de silagens de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro em região semiárida. *Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2017.*

- Cordeiro, M.W.S., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Cordeiro, A.F.S., 2021. Silagens De Forrageiras Tropicais Adaptadas Às Condições Do Semiárido. *Nucl. Anim.* 13, 5–25. <https://doi.org/10.3738/21751463.3726>
- Cordeiro, M.W.S., Ruas, J.R.M., Gomes, V.M., Silva, E.A., Costa, M.D., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Cordeiro, A.F.S., 2020. Desempenho produtivo e reprodutivo de vacas F1 Holandês X Gir. *Brazilian J. Dev.* 6, 36333–36343. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-250>
- Costa, N.M., Rocha Júnior, V.R., Albuquerque Caldeira, L., Pinto Monção, F., de Oliveira Rabelo, W., Vieira e Silva, F., Silva Cordeiro, M.W., Pazzanese Duarte Lanna, D., de Assis Pires, D.A., David Alves, D., Sampaio Rigueira, J.P., Junqueira de Sales, E.C., da Cunha Siqueira Carvalho, C., 2020. Feeding F1 Holstein x Zebu cows with different roughages and pseudostem hay of banana trees does not influence milk yield and chemical composition of milk and cheese. *Ital. J. Anim. Sci.* 19, 610–620. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1773327>
- Costa, R.F., Pires, D.A. de A., Moura, M.M.A., de Sales, E.C.J., Rodrigues, J.A.S., Rigueira, J.P.S., 2016. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 38, 127–133. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29567>
- Daniel, J.L.P., Bernardes, T.F., Jobim, C.C., Schmidt, P., Nussio, L.G., 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass Forage Sci.* 74, 188–200. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>
- Drezner, T.D., 2020. The importance of microenvironment: Opuntia plant growth, form and the response to sunlight. *J. Arid Environ.* 178, 104144. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104144>
- Dubeux, J.C.B., Santos, M.V.F. dos, Cunha, M.V. da, Santos, D.C. dos, Souza, R.T. de A., Mello, A.C.L. de, Souza, T.C. de, 2021. Cactus (Opuntia and Nopalea) nutritive value: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 275. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114890>
- Erickson, P.S., Anderson, J.L., Kalscheur, K.F., Lascano, G.J., Akins, M.S., Heinrichs, A.J., 2020. Symposium review: Strategies to improve the efficiency and profitability of heifer raising. *J. Dairy Sci.* 103, 5700–5708. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17419>
- Felkai-Haddache, L., Dahmoune, F., Remini, H., Lefsih, K., Mouni, L., Madani, K., 2016. Microwave optimization of mucilage extraction from Opuntia ficus indica Cladodes. *Int. J. Biol. Macromol.* 84, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.090>
- Feng, S., Fu, Q., 2013. Expansion of global drylands under a warming climate. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 10081–10094. <https://doi.org/10.5194/acp-13-10081-2013>
- Ferraz, J.B.S., Eler, J.P., 2010. Parceria público x privada no desenvolvimento de pesquisa em melhoramento genético animal. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 216–222. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300024>
- Galvão Júnior, J.G.B., Da Silva, J.B.A., Morais, J.H.G., De Lima, R.N., 2014. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. *Acta Vet. Bras.* 8, 78–85.
- Gusha, J., Katsande, S., Zvinorova, P.I., Ncube, S., 2013. The nutritional composition and acceptability of cacti (Opuntia ficus indica) -legume mixed silages. *Online J. Anim. Feed Res.* 3, 116–120.
- Han, L., Heinrichs, A.J., De Vries, A., Dechow, C.D., 2021. Relationship of body weight at first calving with milk yield and herd life. *J. Dairy Sci.* 104, 397–404. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19214>

- Heinrichs, A.J., 1993. Raising Dairy Replacements to Meet the Needs of the 21st Century. *J. Dairy Sci.* 76, 3179–3187. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77656-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77656-0)
- Hoffman, P. C. 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. *J. Anim. Sci.* 75:836–845. <https://doi.org/10.2527/1997.753836x>
- Huang, J., Ji, M., Xie, Y., Wang, S., He, Y., Ran, J., 2016. Global semi-arid climate change over last 60 years. *Clim. Dyn.* 46, 1131–1150. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2636-8>
- Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Leal, D.B., Monção, F.P., Rocha Junior, V.R., Carvalho, C. da C.S., Alencar, A.M.S., Moura, M.M. de A., Albuquerque, C.J.B., Sales, E.C.J., Rigueira, J.P.S., 2020. Correlações entre as características produtivas e nutricionais do capim-BRS capiaçu manejado na região semiárida. *Brazilian J. Dev.* 6, 18951–18960. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-168>
- Leite, J.R.A., Sales, E.C.J., Monção, F.P., Guimarães, A. de S., Rigueira, J.P.S., Gomes, V.M., 2018. Nopalea cactus pear fertilized with nitrogen: Morphometric, productive and nutritional characteristics. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 40, 1–8. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.38325>
- Marques, F.O., Souza, L., Gomes, P., Henrique, M., Mourthé, F., Gomes, T., Santos Braz, D., De Souza, O., Neto, P., 2017. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Cad. Ciências Agrárias* 9, 75–93.
- May, A., Souza, V.F. de, Gravina, G. de A., Fernandes, P.G., 2016. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciênc. rural* 46, 434–439. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141133>
- Mendes, A.M. de P., Silva, D.K. de A., Ferreira, M. de A., Veras, A.S.C., Ferreira, G.D.G., Vigoderis, R.B., Arcanjo, H.G.S., Silva, J.M., de Almeida, J.S., Fotius, A.C.A., Farias, G. de A., 2012. Ingestive behavior of pastured crossbred dairy cows offered different supplement types. *Trop. Anim. Health Prod.* 45, 231–237. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0195-0>
- Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., de Sales, E.C.J., Leal, D.B., da Silva, M.F.P., Gomes, V.M., Chamone, J.M.A., Alves, D.D., da Cunha Siqueira Carvalho, C., Murta, J.E.J., Rocha Júnior, V.R., 2019b. Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>
- Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., Moura, M.M.A., Rocha Jr., V.R., Gomes, V.M., Leal, D.B., Maranhão, C.M.A., Albuquerque, C.J.B., Chamone, J.M.A., 2019a. Yield and nutritional value of BRS Capiaçu grass at different regrowth ages. *Semin. Agrar.* 40, 2045–2055. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045>
- Monção, F.P., Santana, P.F., Júnior, V.R.R., Ruas, J.R.M., Rigueira, J.P.S., Borges, L.D.A., de Castro Menezes, G.C., Sousa, T.E.S., da Costa, M.D., Oliveira, L.L.S., de Queiroz, F.E., 2020. Nutritional efficiency of feed-restricted F1 Holstein/Zebu cows in early lactation. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01994-z>
- Muck, R.E., Nadeau, E.M.G., McAllister, T.A., Contreras-Govea, F.E., Santos, M.C., Kung, L., 2018. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *J. Dairy Sci.* 101, 3980–4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>

- National Research Council - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 381p.2001.
- Niechayev, N.A., Pereira, P.N., Cushman, J.C., 2019. Understanding trait diversity associated with crassulacean acid metabolism (CAM). *Curr. Opin. Plant Biol.* 49, 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.06.004>
- Niekerk, J.K., Fischer-Tlustos, A.J., Wilms, J.N., Hare, K.S., Welboren, A.C., Lopez, A.J., Yohe, T.T., Cangiano, L.R., Leal, L.N., Steele, M.A., 2021. ADSA Foundation Scholar Award: New frontiers in calf and heifer nutrition—From conception to puberty. *J. Dairy Sci.* 104, 8341–8362. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20004>
- Nogueira, M.S., de Araújo, G.G.L., Santos, E.M., Neto, S.G., de Oliveira, J.S., Perazzo, A.F., de Moura Zanine, A., Pinho, R.M.A., Corrêa, Y.R., Pereira, D.M., 2019. Feed Alternatives with Cactus Forage Silage for Animal Nutrition. *Int. J. Agric. Biol.* 22, 1393–1398. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1213>
- Patrick C. Hoffman, 2015. Optimum Growth Rates for Holstein Replacement Heifers. Acesso Jul. 24, 2021. <https://fyi.extension.wisc.edu/heifermgmt/files/2015/02/optimumgrowthrates.pdf>
- Donato, P.E.R., Pires, A.J.V., Donato, S.L.R.; Silva, J.A.S., 2014. Diferentes Espaçamentos E Doses De Esterco Bovino. *Rev. Caatinga* 27, 163–172.
- Pereira, A. V, Ledo, J.S., Morenz, M.J., Leite, J.L.B., Santos, A.M.B., Martins, C.E., Machado, J.C., 2016. BRS Capiacu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Acesso Jul. 24, 2021. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1056288/brs-capiacu-cultivar-de-capim-elefante-de-alto-rendimento-para-producao-de-silagem>
- Pereira, A. Vander, Lédo, F.J. da S., Machado, J.C., 2017. BRS Kurumi and BRS Capiacu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 17, 59–62. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>
- Pereira, G.A., 2019. Prospecção E Uso De Culturas Lácticas Como Inoculante Na Ensilagem De Palma Forrageira. Univ. Fed. Da Paraíba. Universidade Federal Da Paraíba Centro. P.94
- Queiroz, F.E. de, Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Rigueira, J.P.S., Parrella, R.A. da C., Rufino, L.D. de A., Santos, A.S. dos, Cordeiro, M.W.S., 2021. Effect of row spacing and maturity at harvest on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional characteristics of biomass sorghum (BRS 716) silage in the semiarid region of Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 50. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200254>
- Ramos, J.C.P., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., da Costa Parrella, R.A., Caxito, A.M., Cordeiro, M.W.S., da Hora, F.F., de Assis Pires, D.A., 2021. Effect of replacing forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein × Zebu lactating cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 53. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02503-3>
- Safriel, U., Adeel Z. 2005) Dryland systems. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds) *Ecosystems and human well-being, current state and trends*, vol 1. Island Press, Washington, pp 625–658
- Sampaio, R.L., de Resende, F.D., Reis, R.A., de Oliveira, I.M., Custódio, L., Fernandes, R.M., Pazdiora, R.D., Siqueira, G.R., 2017. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. *Trop. Anim. Health Prod.* 49, 1015–1024. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1294-8>

- Santos, P.M., Voltolini, T. V, Cavalcante, A.C.R., Pezzopane, J.R.M., Moura, M.S.B., Silva, T.G.F., Bettioli, G.M., Cruz, P.G., 2011. Mudanças Climáticas Globais e a Pecuária: Cenários Futuros para o Semiárido Brasileiro. *Rev. Bras. Geogr. Física* 4, 1176–1196.
- SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS – SEAPA. 2020. Relatórios da Pecuária: Bovinocultura Leite e Corte. Belo Horizonte. Brasil. Acesso Jul. 24, 2021.
[http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/bovinocultura_leite_corte_nov_2020\[1\].pdf](http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/bovinocultura_leite_corte_nov_2020[1].pdf)
- Sejrsen, K., Purup, S., 1997. Influence of Prepubertal Feeding Level on Milk Yield Potential of Dairy Heifers: A Review. *J. Anim. Sci.* 75, 828–835.
<https://doi.org/10.2527/1997.753828x>
- Silva, E.T. dos S., de Melo, A.A.S., Ferreira, M. de A., de Oliveira, J.C.V., dos Santos, D.C., Silva, R.C., Inácio, J.G., 2017. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 52, 761–767.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900008>
- Silva, M.C.A., Costa, N.M., Rigueira, J.P.S., Jesus, D.L.S., Silva, N.B.S., Filho, W.S.S., Silva, J.T., Araújo, J.J.S., Rocha Júnior, V.R., Alves, D.D., Chamone, J.M.A., Monção, F.P., 2019. The effect of graded levels of crude glycerin in brs capiacu grass silage: Fermentation profile and bromatological composition. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 9, 597–602.
- Silva, M.J., Carneiro, P.C.S., de Souza Carneiro, J.E., Damasceno, C.M.B., Parrella, N.N.L.D., Pastina, M.M., Simeone, M.L.F., Schaffert, R.E., da Costa Parrella, R.A., 2018. Evaluation of the potential of lines and hybrids of biomass sorghum. *Ind. Crops Prod.* 125, 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.022>
- Silva-Santos, K.C., Santos, G.M.G., Siloto, L.S., Hertel, M.F., Andrade, E.R., Rubin, M.I.B., Sturion, L., Melo-Sterza, F.A., Seneda, M.M., 2011. Estimate of the population of preantral follicles in the ovaries of *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* cattle. *Theriogenology* 76, 1051–1057. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.05.008>
- Siqueira, M.C.B., Ferreira, M. de A., Monnerat, J.P.I. do S., Silva, J. de L., Costa, C.T.F., da Conceição, M.G., de Andrade, R. de P.X., Barros, L.J.A., Melo, T.T. d. B., 2017. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 226, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.006>
- Sousa, B.M., 2009. Alimentação da novilha leiteira, in: Gonçalves, L.C., Borges, I., Ferreira, P.D.S. (eds). Alimentação de Gado de Leite. Belo Horizonte: FEPMVZ. p. 412.
- Sousa, N.M., Oliveira, J.S., Silva, D.S., Santos, E.M., Medeiros, A.N., Ramos, J.P.F., Brito, E.A., 2018. Levels of neutral detergent fiber in diets with forage palm for dairy goats. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 70, 1595–1604. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10181>
- Stojšin-Carter, A., Mahboubi, K., Costa, N.N., Gillis, D.J., Carter, T.F., Neal, M.S., Miranda, M.S., Ohashi, O.M., Favetta, L.A., King, W.A., 2016. Systemic and local anti-Mullerian hormone reflects differences in the reproduction potential of Zebu and European type cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 167, 51–58.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.003>
- Terler, G., Gruber, L., Knaus, W., 2019. Effects of ruminal degradability of ensiled whole crop maize varieties on feed intake and milk production of dairy cows. *Animal* 13, 1917–1926. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000028>

- Tolentino, D.C., Rodrigues, J.A.S., Pires, D.A. de A., Veriato, F.T., Lima, L.O.B., Moura, M.M.A., 2016. The quality of silage of different sorghum genotypes Daniella. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 38, 143–149. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29030>
- Valadares Filho, S.C., Silva, L.F.C., Gionbelli, M.P., Rotta, P.P., Marcondes, M.I., Chizzotti, M.L., Prados, L.F. 2016. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos—BR CORTE. (In Portuguese.) 3 st ed. Suprema Grafica Ltda, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.
- Van Amburgh, M.E., Soberon, F., Meyer, M.J., Molano, R.A., 2019. Symposium review: Integration of postweaning nutrient requirements and supply with composition of growth and mammary development in modern dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 102, 3692–3705. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15270>
- Ventura-aguilar, R.I., Bosquez-molina, E., Bautista-baños, S., Rivera-cabrera, F., 2017. Cactus stem (*Opuntia ficus-indica* Mill): Anatomy, physiology and chemical composition with emphasis on its biofunctional properties R.I. *J. Sci. Food Agric.* 97, 1–23. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8493>
- Veriato, F.T., Pires, D.A. de A., Tolentino, D.C., Alves, D.D., Jayme, D.G., Moura, M.M.A., 2018. Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silages. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 40, 1–8. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.34458>
- Wagner, M. V., Jadoski, S.O., Maggi, M.F., Saito, L.R., Lima, A. dos S., 2013. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.* 17, 170–179. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662013000200008>
- Wanderley, W.L., Ferreira, M. de A., Batista, Â.M.V., Vêras, A.S.C., Santos, D.C. dos, Urbano, S.A., Bispo, S.V., 2012. Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim.* 13, 745–754. <https://doi.org/10.1590/s1519-99402012000300014>
- Wanderley, W.L., Ferreira, M.D.A., Karla, D., Andrade, B. De, 2002. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Substituicao it Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentacao de Vacas Leiteiras ! Replacement of Forage Cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) for Sorghum Silage (*Sorghum bicolor* (L.)). *Rev. Bras. Zootec.* 31, 273–281.
- Wang, H.R., Chen, Q., Chen, L.M., Ge, R.F., Wang, M.Z., Yu, L.H., Zhang, J., 2017. Effects of dietary physically effective neutral detergent fiber content on the feeding behavior, digestibility, and growth of 8- to 10-month-old Holstein replacement heifers. *J. Dairy Sci.* 100, 1161–1169. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10924>
- Wilkinson, J.M., Rinne, M., 2017. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass Forage Sci.* 73, 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>

1 **Capítulo 1: 4. Silagens de gramíneas tropicais com palma forrageira em dietas de novilhas**
2 **Holandês x Zebu na região semiárida do Brasil**

3

4 Matheus Wilson Silva Cordeiro¹, Vicente Ribeiro Rocha Júnior^{1,2},

5

6

7

8

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

12 ¹ Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros, Avenida

13 Reinaldo Viana, 2630, Janaúba, Minas Gerais, Brasil

14 ² INCT- Ciência Animal, Brasil.

15

16

17

18

19

20 **ORCID**

21 Vicente Ribeiro Rocha Júnior

22 <https://orcid.org/0000-0002-0721-1981>

23

24 **Silagens de gramíneas tropicais com palma forrageira em dietas de novilhas Holandês x**

25 **Zebu na região semiárida do Brasil**

26 **RESUMO**

27 Objetivou -se avaliar os efeitos da silagem de sorgo biomassa BRS 716 e silagem de capim-
28 BRS capiaçu associados ou não com palma forrageira na dieta de novilhas mestiças Holandês
29 x Zebu sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, síntese
30 microbiana, comportamento ingestivo e desempenho dos animais. O delineamento
31 experimental foi em dois quadrados latinos 5x5 simultâneos, composto, cada um, por cinco
32 animais, cinco tratamentos e cinco períodos experimentais. O estudo incluiu 10 novilhas com
33 peso corporal inicial de $264,95 \pm 19,4$ kg, com média de 10 meses de idade. Cinco dietas
34 experimentais foram utilizadas: Dieta 1- silagem de sorgo volumax (SSF); Dieta 2- silagem de
35 sorgo biomassa BRS 716 (SSB); Dieta 3- silagem de capim-BRS capiaçu (*Pennisetum*
36 *purpureum* Schum) (SBRs); Dieta 4- silagem de sorgo biomassa BRS 716 (60%) com palma
37 forrageira (40%) (SSB+P); Dieta 5- silagem de capim-BRS capiaçu (60%) com palma forrageira
38 (40%) (SBRs+P). Dietas contendo SBRs e SBRs+P implicaram em menor consumo de matéria
39 seca (CMS; $5,61$ kg/dia; $P < 0,01$) pelas novilhas, que foi $19,40\%$ inferior às dietas com SSF, SSB
40 e SSB+P ($6,96$ kg/dia). As dietas de SSB+P e SBRs+P apresentaram digestibilidade da proteína
41 bruta (DPB; $P < 0,01$) $21,88\%$ superior às demais ($72,76\%$ e $56,84\%$). Não houve diferença na
42 eficiência de utilização do nitrogênio (média de $70,73$ do N - retido em % N ingerido;
43 $P = 0,44$). Novilhas alimentadas com SSB+P e SBRs tiveram produção de nitrogênio
44 microbiano $15,28\%$ superior ($139,36$ e $118,07$ g/dia) às demais. As diferentes dietas não
45 alteraram o peso final e o ganho de peso diário das novilhas, com médias de $214,66$ kg e
46 $0,77$ kg/dia ($P > 0,05$). Silagens de sorgo biomassa e BRS capiaçu associadas à palma forrageira
47 aumentam a ingestão de carboidratos não fibrosos, digestibilidade da proteína e não
48 interferem na eficiência da utilização do nitrogênio, peso final e ganho médio diário de
49 novilhas mestiças Holandês x Zebu.

50

51 **Palavras-chave:** sorgo biomassa, BRS capiaçu, balanço de nitrogênio, novilhas,
52 digestibilidade, pH.

53 **4.1 Introdução**

54 Em regiões semiáridas a produção de ruminantes se torna um desafio principalmente
55 devido à dificuldade em produzir alimento para os animais (Monção et al., 2019a; Cordeiro
56 et al., 2021). Realidade decorrente das características da região, que apresenta
57 irregularidade da distribuição das chuvas no espaço e no tempo (Andrade et al., 2020).
58 Tendo, índices pluviométricos baixos, distribuídos entre 3 a 4 meses ao ano (Huang et al.,
59 2016; Andrade et al., 2020).

60 Rebanhos leiteiros dependem de grandes volumes de alimento, tanto em quantidade
61 quanto em qualidade (Borges et al., 2019; Ramos et al., 2021). Neste cenário, a categoria de
62 novilhas para reposição tende a ser deixada de lado, sendo as vacas priorizadas na oferta de
63 alimentos (Wang et al., 2017). Situação que pode vir a prejudicar a produção futura desses
64 animais (Sejrse e Purup, 1997; Heinrichs et al., 2017; Van Amburgh et al., 2019; Erickson et
65 al., 2020; Niekerk et al., 2021).

66 Para que essa situação seja contornada, principalmente em regiões de clima
67 semiárido, forrageiras que tenham elevada produtividade de massa por unidade de área
68 podem suprir o déficit de volumoso (Monção et al., 2019ab; Cordeiro et al., 2021; Queiroz et
69 al., 2021). Neste sentido, tem crescido o uso de sorgo biomassa e do capim-BRS capiaçu
70 (*Pennisetum purpureum* Schum) para ensilagem (Qu et al., 2014; Monção et al., 2019ab;
71 Queiroz et al., 2021; Ramos et al., 2021).

72 Para adequada fermentação da massa de forragem no silo, alguns parâmetros (teor
73 de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão) devem ser atendidos pelas
74 forrageiras no momento da ensilagem (Kung Jr et al., 2018). Quando manejados
75 corretamente, o sorgo biomassa e o capim-BRS capiaçu apresentam teores de matéria seca
76 (20-35%) que permitem a ensilagem e baixa capacidade tampão. Contudo, o baixo teor de
77 carboidratos solúveis em água pode prejudicar a fermentação da massa ensilada e o
78 desempenho dos animais de produção.

79 De acordo com Dubeux Jr. et al. (2021), a palma forrageira (*Opuntia* ou *Nopalea*)
80 apresenta elevada concentração de carboidratos solúveis (maior que 200 g/kg de matéria

81 seca (MS)), podendo assim ser utilizada para suprir o déficit no sorgo biomassa e capim-BRS
82 capiaçu no momento da ensilagem. Entretanto, dependendo da proporção de palma
83 forrageira utilizada, a capacidade fermentativa da massa ensilada pode ser comprometida
84 porque o elevado teor de umidade (acima de 800g/kg de MS) pode contribuir
85 negativamente para sua ensilagem.

86 De acordo com Monção et al. (2020a), a palma forrageira pode ser usada na
87 ensilagem do capim-BRS capiaçu em 50,0 g/kg da matéria natural quando triturada em
88 picadeira estacionária convencional/ensiladeira. Acredita-se que níveis de inclusão podem
89 ser maiores se a palma forrageira for picada/fatiada em picadeira própria, visto que a
90 elevada proporção de água presente estará principalmente associada à mucilagem, o que
91 pode não prejudicar os processos fermentativos e conseqüentemente o valor nutricional da
92 silagem. Hipotetiza-se que a inclusão parcial de palma forrageira na ensilagem de sorgo
93 biomassa e capim-BRS capiaçu irá melhorar os processos fermentativos e o valor nutricional
94 da silagem produzida. Melhorando consumo de nutrientes e desempenho de novilhas
95 mestiças leiteiras em sistemas intensivos de produção. Além disso, a ensilagem da palma
96 forrageira pode ser também uma alternativa de uso desta forrageira que contribui com a
97 logística do processo produtivo e redução da mão de obra. O estudo da associação dessas
98 forrageiras de elevada produtividade e adaptadas às condições de semiárido, para produção
99 de silagem, pode favorecer a produção quantitativa e qualitativa de forragem, impactando
100 positivamente na sustentabilidade do sistema de produção com animais ruminantes no
101 semiárido.

102 Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da silagem de sorgo biomassa BRS 716 e
103 silagem de capim-BRS capiaçu associados ou não com palma forrageira na dieta de novilhas
104 mestiças Holandês x Zebu sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento
105 ingestivo, balanço de nitrogênio, síntese microbiana e desempenho dos animais.

106

107 **4.2 Material e Métodos**

108 O estudo foi realizado no Confinamento Experimental da Universidade Estadual de
109 Montes Claros (Unimontes), Janaúba (coordenadas geográficas: 15 ° 52 '38 "Sul, 43 ° 20' 05"
110 Oeste), Minas Gerais, Brasil, de Setembro de 2020 a Janeiro de 2021, durante 105 dias
111 consecutivos. Todos os cuidados com os animais e os procedimentos de manejo foram

112 aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação e Bem Estar Animal da Unimontes,
113 protocolo CEBEA-215/2020.

114

115 **4.2.1 Animais e dietas experimentais**

116 Foram utilizadas dez novilhas mestiças, distribuídas em 10 baias (3 m de
117 comprimento × 2 m de largura) com superfície de solo compactada e equipada com
118 comedouros de concreto e bebedouros automáticos. Os animais com peso corporal inicial
119 (PCI) de 264,95 ± 19,4 kg, média ± DP; média de 10 meses de idade possuíam composições
120 raciais variando de ½ a ¾ Holandês x Zebu.

121 Todos os animais tinham a mesma origem e foram selecionados em um rebanho de
122 20 novilhas. No início do experimento, os animais foram vacinados contra a clostridioses e
123 enterotoxemias (5 mL por animal; EXCELL 10
124 (https://www.dechra.com.br/common/uploads/produtos/excell10_11044.pdf), Laboratórios
125 Vencofarma do Brasil Ltda, Londrina, PR, Brasil), e para controle de endo e ectoparasitas foi
126 aplicada a Abamectina 1% (Lancer, Vallée Saúde Animal, Montes Claros, MG Brasil) com
127 dosagens ajustadas de acordo com o PCI.

128 Cinco dietas experimentais foram utilizadas: Dieta 1- silagem de sorgo volumax; Dieta
129 2- silagem de sorgo biomassa BRS 716; Dieta 3- silagem de capim-BRS capiaçu (*Pennisetum*
130 *purpureum* Schum); Dieta 4- silagem de sorgo biomassa BRS 716 com palma forrageira na
131 proporção de 60:40% do volumoso (base matéria natural); Dieta 5- silagem de capim-BRS
132 capiaçu com palma forrageira na proporção de 60:40% do volumoso (base matéria natural).

133 As dietas foram formuladas para serem isoproteicas e para alimentar novilhas com
134 média de 250 kg de peso vivo. A ureia foi utilizada para corrigir os teores de PB das dietas
135 (Borges et al., 2019) e um único concentrado foi utilizado nas cinco dietas experimentais. A
136 proporção volumoso : concentrado foi de aproximadamente 75:25. A alimentação foi
137 realizada duas vezes ao dia às 7h00 e 14h00, e a alimentação foi ajustada para manter 5% de
138 sobras, com base na MS fornecida.

139

140 **4.2.2 Culturas e obtenção das silagens**

141 Todos os alimentos volumosos foram obtidos da Fazenda Experimental da
142 UNIMONTES. O sorgo forrageiro utilizado foi o *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. Volumax e o

143 sorgo biomassa *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. BRS 716. O capim-BRS capiaçu (*Pennisetum*
144 *purpureum* Schum) foi estabelecido em 2016 e a palma forrageira *Opuntia* spp. em 2014. O
145 sorgo volumax foi colhido aos 110 dias e o sorgo biomassa BRS 716 aos 160 dias após o
146 plantio (Queiroz et al., 2021). Já o capim-BRS capiaçu aos 110 dias de rebrota (Monção et al.,
147 2019ab). A palma foi colhida após o intervalo de um ano do último corte.

148 Ambos os genótipos de sorgo e o capim-BRS capiaçu foram passados em ensiladeira
149 modelo JF-90, com tamanho de partícula regulado para 2 cm. A palma forrageira foi
150 processada em fatiadora forrageira MC1N (Laboremus), regulada para resultar em corte de 2
151 cm sem que ocorra maceração. No momento da ensilagem dos tratamentos contendo palma
152 forrageira, todo material foi pesado em balança mecânica garantindo a proporção de 60% da
153 gramínea (Sorgo Biomassa ou capim-BRS capiaçu) e 40% de palma forrageira, sendo bem
154 homogêneo. O acondicionamento de todas as silagens foi realizado em silo superfície.

155

156 **4.2.3 Análises químicas dos ingredientes**

157 Nos dias 18, 19 e 20 de cada período experimental, amostras da ração fornecida,
158 sobras (recusas) e fezes foram coletadas pela manhã e armazenadas em *freezer* a -20°C. Em
159 seguida, as amostras foram descongeladas, secas em estufa de ar forçado a 55°C por 72
160 horas, moídas em moinho Wiley (MA340, Marconi, Piracicaba, Brasil) para passagem por
161 peneira de 1 mm. Composição químico-bromatológica dos alimentos, das fezes e das sobras
162 foram determinadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do
163 Departamento de Ciências Agrárias da UNIMONTES. As análises de matéria seca (INCT-CA G-
164 001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-005/1),
165 matéria orgânica e matéria mineral (INCT-CA M-001/1), a fibra em detergente neutro (INCT-
166 CA F-002/1) e a fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/1), com as devidas correções para
167 cinzas (INCT-CA M-002/1) e proteínas (INCT-CA N-004/1), os teores de compostos
168 nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN), lignina (INCT-CA F-007/1) e os
169 carboidratos não fibrosos foram determinadas seguindo as recomendações descritas por
170 Detmann et al. (2012). O NDT foi calculado de acordo com Weiss et al. (1992). Os
171 ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão nas Tabelas 1 e 2.

172

173

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

Item	Dietas experimentais*				
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P
Proporção dos ingredientes nas dietas (g/kg de matéria seca)					
Volumax	744,99	0,00	0,00	0,00	0,00
BRS 716	0,00	744,59	0,00	0,00	0,00
BRS capiaçu	0,00	0,00	744,49	0,00	0,00
BRS 716+palma	0,00	0,00	0,00	743,69	0,00
BRS capiaçu+palma	0,00	0,00	0,00	0,00	741,99
Milho moído	158,53	158,53	158,53	158,53	158,53
Farelo de soja	83,98	83,98	83,98	83,98	83,98
Ureia/Sulfato de amônio (9:1)	5,00	5,40	5,50	6,30	8,00
Mistura mineral**	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Composição química (g/kg de matéria seca) ^c					
Matéria Seca	486,66	441,19	401,60	417,71	406,90
Cinzas	78,69	87,99	102,08	118,04	118,71
Proteína Bruta	123,97	127,84	120,11	129,32	124,87
Extrato Etéreo	26,82	25,32	17,13	21,73	16,80
Carboidratos Totais	783,66	773,04	775,14	747,47	760,65
Carboidratos não fibrosos	221,08	202,79	205,98	316,24	330,93
Fibra em detergente neutro	578,60	580,55	577,19	437,40	519,82
FDNcp	553,92	561,58	560,49	422,56	421,05
FDNi	242,26	245,12	325,65	185,36	233,15
Fibra em detergente ácido	331,80	375,85	410,50	276,41	296,57
Lignina	45,99	59,55	90,88	74,41	85,12
NDT	504,97	504,65	504,41	504,81	504,05

175 *SSF - silagem de sorgo forrageiro; SSB - silagem de sorgo biomassa; SBRS - silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
 176 silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - silagem de BRS
 177 capiaçu e palma forrageira.

178 **Mistura mineral, conteúdo por kg de produto: cálcio (128 g min), fósforo (100 g min), sódio (120 g min),
 179 magnésio (15 g), enxofre (33 g), cobalto (135 mg), ferro (918 mg), iodo (160 mg), manganês (1800 mg), selênio
 180 (34 mg), zinco (5760 mg), flúor (1000 mg).

181 ^cFDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDNi – Fibra insolúvel em
 182 detergente neutro indigestível; NDT - Nutrientes digestíveis totais.

183

184 **Tabela 2.** Composição química dos ingredientes usados no experimento com base na
 185 matéria seca

^c Item	Ingredientes*						
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P	Milho moído	Farelo de Soja
g/kg de matéria seca							
Matéria Seca	341,08	279,66	226,38	247,22	230,92	907,60	907,20
Cinzas	77,00	89,00	107,80	128,30	127,20	17,00	73,00
Matéria Orgânica	923,00	911,00	892,20	871,70	872,80	983,00	927,00
Proteína Bruta	84,68	88,51	77,79	87,44	75,61	68,00	440,00
Extrato Etéreo	24,00	22,00	11,00	17,20	10,60	45,00	21,50
Carboidratos Totais	814,32	800,49	803,41	767,06	786,59	870,00	465,50
Carboidratos não fibrosos	109,82	85,31	89,61	237,96	258,31	704,00	329,50
Fibra em detergente neutro	726,00	729,02	724,60	537,41	649,72	166,00	136,00
FDNcp	704,50	715,17	713,80	529,10	528,28	131,00	98,90
FDNi	296,00	300,00	408,20	220,00	284,92	100,10	70,00
Fibra em detergente ácido	423,41	482,79	529,40	349,68	377,64	29,70	138,80
Lignina	53,78	72,03	114,12	92,09	106,75	27,70	18,20
PIDN	20,78	30,63	25,85	21,82	22,15	1,99	1,83
PIDA	18,25	21,70	23,37	19,23	17,53	0,31	1,23
NDT	403,11	402,90	402,62	403,60	403,50	861,10	811,60

186 *SSF - silagem de sorgo forrageiro; SSB - silagem de sorgo biomassa; SBRS - silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
 187 silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - silagem de BRS
 188 capiaçu e palma forrageira.

189 ^cFDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDNi – Fibra insolúvel em
 190 detergente neutro indigestível; PIDN - Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA - Proteína insolúvel em
 191 detergente ácido; NDT - Nutrientes digestíveis totais.

192

193 4.2.4 Cinética ruminal

194 Para a avaliação da cinética da degradação ruminal da MS e FDN das silagens foram
195 utilizados dois bois mestiços adultos e canulados no rúmen, com peso médio de 480 ± 30 kg.
196 Os animais receberam uma dieta com relação volumoso:concentrado de 75:25, dividida em
197 dois tratos. Foi utilizada a técnica da degradabilidade *in situ* utilizando sacos de fibra
198 sintética do tipo tecido não-tecido (TNT, gramatura 100), com porosidade aproximada de 50
199 μm conforme Casali et al. (2009), com quantidade de amostras seguindo uma relação de 20
200 mg de MS/cm² de área superficial do saco (Nocek, 1988).

201 As amostras foram acondicionadas em sacolas de filó (20x30 cm) contendo peso de
202 chumbo (100g) e depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72,
203 96, 120 e 144 horas, permanecendo a extremidade de um fio de náilon amarrado à cânula.
204 Os sacos foram colocados em ordem inversa, iniciando com o tempo de 144 horas. As
205 amostras referentes ao tempo 0 hora foram colocadas em contato com o líquido ruminal e
206 retiradas imediatamente. Posteriormente, todas as amostras foram retiradas e lavadas em
207 água fria, visando paralização da fermentação ruminal. Posteriormente, as amostras foram
208 colocadas em estufa à 55°C durante 72 horas e após, resfriadas em dessecador e pesadas.
209 Os resíduos remanescentes nos sacos TNT, recolhidos no rúmen foram analisados quanto
210 aos teores de MS, e FDN. A porcentagem de degradação foi calculada pela proporção de
211 alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

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

221 Depois de calculados, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação proposta por
222 Ørskov e McDonald (1979): $DE = a + (b \times c / c + k)$, em que: DE = degradação ruminal efetiva do

223 componente nutritivo analisado; k = taxa de passagem do alimento. Foram assumidas taxas
224 de passagem de partículas no rúmen estimadas em 2, 5 e 8% h⁻¹, conforme sugerido pelo
225 AFRC (1993).

226 A degradabilidade da FDN foi estimada utilizando-se o modelo: $R_t = B \times e^{-ct} + I$, em
227 que R_t = fração degradada no tempo t; B=fração insolúvel potencialmente degradável e I =
228 fração indigestível. Após os ajustes da equação de degradação da FDN, foi a padronização de
229 frações, conforme proposto por Waldo et al. (1972), utilizando-se as equações: $BP = B/(B+I) \times$
230 100 ; $IP = I/(B+I) \times 100$, em que: BP = fração potencialmente degradável padronizada (%); IP=
231 fração indigestível padronizada (%); B=fração insolúvel potencialmente degradável e I =
232 fração indegradável. No cálculo da degradabilidade efetiva da FDN, foi utilizado o modelo:
233 $DE = BP \times c/(c+k)$, em que BP é a fração potencialmente degradável (%) padronizada.

234

235 **4.2.5 Ingestão e digestibilidade de nutrientes**

236 O consumo das dietas foi monitorado do 1° ao 105° dia do experimento. O
237 fornecimento das dietas foi ajustado diariamente, sendo permitidas sobras de 5% em
238 relação à MS fornecida. Os comedouros foram limpos e as sobras pesadas diariamente antes
239 da alimentação matinal. A dieta fornecida e sobras foram amostradas semanalmente e
240 congeladas a -20°C para posterior estimativa estimacão da MS. O CMS foi calculado
241 diariamente por animal subtraindo-se restos da ração oferecida (com base na MS). Para
242 estimar o consumo diário de energia metabolizável (IME) foi levado em consideração o CMS.
243 A produção de matéria seca fecal foi estimada utilizando fibra em detergente neutro
244 indigestível (FDNi) como indicador interno. Amostras de ração, sobras e fezes, moídas em
245 moinho de facas com peneira de 2 mm de diâmetro, foram incubadas em dois bovinos
246 mestiços adultos, pesando 480 ± 30 kg, idade média de 8 anos, canulados no rúmen, durante
247 288 horas, seguindo a metodologia (INCT-CA F-009/1) apresentada por Detmann et al.
248 (2012). O coeficiente de digestibilidade de todos os nutrientes foi calculado pela seguinte
249 equação: [quantidade ingerida - quantidade excretada nas fezes] / quantidade ingerida. Com
250 base nos coeficientes de digestibilidade, foi calculado o valor dos nutrientes digestíveis
251 totais.

252

253 **4.2.6 Balanço de nitrogênio, síntese microbiana e parâmetros ruminais**

254 Amostras *Spot* de urina foram obtidas no 18º dia de cada período experimental,
255 aproximadamente quatro horas após a alimentação pela manhã, durante a micção
256 espontânea. Alíquotas de 10 mL dessa amostra foram filtradas e imediatamente diluídas em
257 40 mL de H₂SO₄, 0,036 N. Essas alíquotas foram armazenadas em frascos plásticos,
258 identificadas e congeladas para posterior análise e quantificação de ureia, nitrogênio total e
259 creatinina.

260 As coletas de sangue foram realizadas no último dia de cada período experimental,
261 por punção da veia jugular, em tubos de ensaio de 5mL (Vacutainer TM) com EDTA
262 (anticoagulante). Imediatamente, foi realizada centrifugação a 5.000 rpm por 15 minutos e,
263 posteriormente, retiradas amostras de plasma, que foram acondicionadas em eppendorf e
264 armazenadas a -15 °C para posterior análise da ureia.

265 As concentrações de ureia e creatinina na urina e ureia no plasma foram estimadas
266 por meio de kits comerciais (Ureia 500 doles e Creatinina, Goiânia, Goiás, Brasil). A
267 conversão dos valores de ureia em nitrogênio uréico foi realizada multiplicando-se os valores
268 obtidos pelo fator 0,4667.

269 O conteúdo de nitrogênio total foi estimado pelo método de Kjeldhal (Detmann et
270 al., 2012). O balanço de compostos de nitrogênio (balanço de nitrogênio; g / dia) foi
271 calculado como: N retido (g) = {N ingerido (g) - N fecal (g) - N urina (g)}, onde: balanço de
272 nitrogênio = nitrogênio retido no organismo do animal; N ingerido = nitrogênio ingerido pelo
273 animal; N fecal = nitrogênio excretado nas fezes e N urina = nitrogênio excretado na urina. A
274 excreção de creatinina (mg/kg de PC) utilizada para estimar o volume urinário por meio de
275 amostras pontuais foi obtida para cada animal, de acordo com a equação descrita por
276 Chizzotti et al. (2008): $EC = \{32,27 - 0,01093 \times PC\}$, onde: EC = excreção diária de creatinina
277 (mg / kg PC). Uma vez que, em animais em crescimento, a porcentagem de tecido muscular
278 varia de acordo com o peso corporal e, conseqüentemente, a excreção de creatinina (mg/kg
279 de PC) pode ser alterada. O volume urinário diário total foi estimado dividindo as excreções
280 urinárias diárias de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na
281 urina.

282 Os teores urinários de alantoína e ácido úrico foram estimados por métodos
283 colorimétricos, conforme especificações de Chen e Gomes (1992). A excreção de purinas
284 totais (PT) foi estimada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na

285 urina e a quantidade de purinas microbianas absorvidas (mmol dia^{-1}), pela excreção de
286 purinas totais (mmol dia^{-1}), por meio da equação proposta por Verbic et al. (1990):

$$287 \quad PA = \{(PT - 0,385 \times BW^{0,75})/0,85\}$$

288 Em que: PA= purinas absorvidas (mmol dia^{-1}); PT= purinas totais (mmol dia^{-1}); 0,85=
289 recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina; e 0,385= excreção
290 endógena de derivados de purina na urina (mmol) por unidade de tamanho metabólico (BW
291 0,75).

292 Para estimativa da produção de proteína microbiana, foram utilizadas as bases
293 purinas (mmol dia^{-1}) como indicador microbiano, cuja quantificação foi realizada de acordo
294 com técnica de Chen e Gomes (1992):

$$295 \quad NM (\text{g/dia}) = \{(70 \times PA) / (0,85 \times 0,116 \times 1000)\}$$

296 Assumindo-se o valor de 70 para o conteúdo de nitrogênio nas purinas (mg mmol^{-1});
297 0,83 para a digestibilidade intestinal das purinas microbianas e 0,116 para a relação N
298 PURINA: N TOTAL nas bactérias.

299 A eficiência de síntese microbiana foi calculada da seguinte forma:

$$300 \quad ESPBmic = \{(0,629 \times PA) \times 6,25\} / CNDT$$

301 Em que: PA= purinas absorvidas (mmol dia^{-1}); CNDT= consumo de nutrientes
302 digestíveis totais; 0,629 representa a purina absorvida sem considerar a contribuição da
303 fração endógena.

304 As medições de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) e pH ruminal foram realizadas no
305 último dia de cada período experimental. Foram coletados 100 mL de líquido ruminal de
306 cada animal através de sucção com auxílio de sonda esofágica acoplada a uma bomba de
307 vácuo. As amostras de fluido ruminal foram coletadas em quatro diferentes pontos do
308 rúmen, filtradas em tecidos de algodão e homogeneizadas para leitura imediata do pH
309 através de medidor de pH de bancada (Medidor de pH microprocessado-R-TEC-7-MP). A
310 determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH_3) foi realizada conforme descrito em Detmann
311 et al. (2012).

312

313 **4.2.7 Determinação do comportamento ingestivo**

314 O comportamento ingestivo seguiu o método utilizado em Monção et al. (2020b). As
315 observações visuais para cada baía ($n = 1$) foram registradas a cada 5 minutos durante o ciclo

316 de 24 horas nos dias 19 e 20 de cada período experimental. Grupos diferentes de dois
317 observadores foram atribuídos a cada intervalo de 5 horas. Cada observador foi responsável
318 por registrar o comportamento ingestivo dos animais em 5 baias (5 animais). As observações
319 foram realizadas sequencialmente, sempre seguindo a mesma ordem por observador. Os
320 tempos de alimentação, ruminação e mastigação total (min/dia) foram calculados pelo
321 número de observações multiplicado por 5. O tempo total de mastigação foi à soma dos
322 tempos de alimentação e ruminação. As variáveis também foram expressas em min/kg CMS.

323

324 **4.2.8 Desempenho e medidas biométricas**

325 No início e no final (21°) de cada período experimental, após jejum de sólidos de 16
326 horas, foi avaliado o peso corporal dos animais utilizando uma balança mecânica (balança
327 mecânica, Valfran, Votuporanga, São Paulo, Brasil). Além disso, foram feitas medidas do
328 perímetro torácico, altura de cernelha, altura da garupa e comprimento do corpo. As
329 medidas foram feitas segundo a metodologia de Hoffman (1997), com os animais em uma
330 estação forçada, ou seja, membros dianteiros e traseiros perpendiculares em um piso plano,
331 formando um paralelogramo retangular. A eficiência alimentar foi calculada dividindo-se o
332 ganho de peso (kg / dia) pelo consumo de MS (kg/dia).

333

334 **4.2.9 Análise de componentes principais**

335 Uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada com o objetivo de melhor
336 compreender a natureza da relação entre as variáveis estudadas e as variáveis
337 independentes. Para essa análise foram consideradas 51 características estudadas. Tomando
338 por base a matriz de correlação entre as características, os dados foram submetidos à ACP,
339 na qual as variáveis foram padronizadas para média igual a zero e variância igual a um. Foi
340 utilizada uma matriz de correlação ao invés de uma matriz de covariância (Jonhson &
341 Wichern, 2007). Foi utilizado o método de Kaiser (1960) para escolher quais componentes
342 principais melhor simplificavam a variabilidade presente nos dados e que iriam compor as
343 demais análises e interpretações. Nesse método foram considerados os autovalores iguais
344 ou superiores a um (1), uma vez que as variáveis originais também apresentam variância
345 igual a um, após terem sido padronizadas. Para as variáveis poderem ser comparadas,
346 criaram-se novas variáveis padronizadas a partir das originais da seguinte forma:

347 $V_p = (V - x) / \sigma$, em que:
 348 V_p = nova variável ponderada;
 349 V = variável observada;
 350 x = média das observações da variável original;
 351 σ = desvio padrão da variável observada.

352 Na ACP, cada componente principal (Y_i) corresponde a uma combinação linear das 10

353 $Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p = \sum_{j=1}^p a_{ij}X_j$

354 Na ACP, cada componente principal (Y_i) corresponde a uma combinação linear das 10
 355 variáveis padronizadas (X_j) e essas combinações não são correlacionadas entre si:

356 a_{ij} são os autovetores, com $i = 1, 2, p$ e , em que:

357
$$\sum_{j=1}^p a_{ij}^2 = 1$$

358

359 O primeiro componente principal, Y_1 , possui variância máxima entre todas as
 360 combinações lineares de X . O segundo componente principal é não correlacionado com o
 361 primeiro e possui a segunda maior variância e, assim, sucessivamente. A cada componente
 362 principal Y_i existe p autovalor (λ) ordenado de forma que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$

363 A importância relativa de um componente principal foi avaliada a partir da
 364 percentagem de variância total por ele explicada, ou seja, a percentagem de seu autovalor
 365 em relação ao total dos autovalores de todos os componentes, dado por:

366
$$Y_i = \frac{Var(Y_i)}{\sum_{i=1}^p Var(Y_i)} \times 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \times 100$$

367

368 A interpretação de cada um dos componentes principais selecionados foi feita de
 369 acordo com as variáveis com os maiores coeficientes de ponderação (autovetores), em valor
 370 absoluto. Na literatura não há um valor específico que determine quando um coeficiente de
 371 ponderação é importante, então esses valores foram interpretados de acordo com a relação
 372 entre as características dentro de cada componente.

373 Para avaliação das variáveis climáticas, consumo de nutrientes e desempenho dos
 374 animais foi aplicada a técnica exploratória de dados por análise dos componentes principais
 375 (PCA).

376

377 **4.3.0 Delineamento experimental e análises estatísticas**

378 O período experimental total foi de 105 dias, dividido em cinco períodos de 21 dias,
379 incluindo uma adaptação inicial de 17 dias, e quatro para coleta de dados e amostragem. Os
380 animais foram distribuídos em um delineamento experimental em dois quadrados latinos 5 x
381 5, simultâneos, sendo cinco animais, cinco tratamentos e cinco períodos experimentais cada.
382 Cada baía foi considerada como unidade experimental.

383 Os dados foram avaliados por análise de variância usando o procedimento MIXED do
384 SAS, versão 9.0 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). A normalidade dos dados (teste de Shapiro-
385 Wilk a 5% de probabilidade) foi verificada pelo procedimento UNIVARIATE. O modelo
386 estatístico utilizado para as análises foi $Y_{(ijkl)} = \mu + P_i + A_j + Q_l + T_{(ijkl)} + P_i + Q_l + e_{(ijkl)}$, onde $Y_{(ijkl)}$
387 é a observação referente ao tratamento "k", dentro do período l, animal j e quadrado
388 latino (Q) l; μ é uma constante associada a todas as observações; P_i é o efeito do período i,
389 com $i = 1, 2, 3, 4$ e 5; A_j é o efeito animal j, com $j = 1, 2, 3, 4$ e 5; Q_l é o efeito do quadrado
390 latino l; $T_{(ijkl)}$ é o efeito do tratamento k, com $k = 1, 2, 3, 4$ e 5; P_i é o peso corporal inicial
391 como uma covariável e $e_{(ijkl)}$ é o erro experimental associado a todas as observações ($Y_{(ijkl)}$),
392 que é independente e por hipótese tem uma distribuição normal com média zero e
393 variância δ_2 . Os tratamentos ($T_{(ijkl)}$) foram considerados efeitos fixos; animais (A_j), período
394 experimental (P_i), peso corporal inicial e o erro residual ($e_{(ijkl)}$) foram efeitos aleatórios.

395 A degradabilidade ruminal da MS e da FDN foi conduzida em delineamento de blocos
396 casualizados em parcelas subdivididas, com cinco tratamentos (parcelas), 10 tempos de
397 incubação (subparcelas) e cinco repetições. A variação do peso corporal dos animais foi o
398 fator de blocagem. As variáveis de fermentação ruminal foram analisadas como medidas
399 repetidas usando o PROC MIXED, de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ijklm} = \mu + A_i + P_j + B_k$
400 $+ \alpha_{kl} + \omega_{ijkl} + T_m + T \times A_{mi} + \epsilon_{ijklm}$, onde $\omega_{ijkl} \approx N(0, \alpha^2\omega)$ e $\epsilon_{ijklm} \approx MVN(0, R)$, e Y_{ijklm} =
401 observação no animal l, dado o tratamento i, no período j, no bloco k, no tempo m; μ , A_i , P_j ,
402 B_k e α_{kl} foram previamente definidos; ω_{ijkl} = o erro residual associado às vacas dentro do
403 período experimental; T_m = efeito fixo do tempo de amostragem ($m = 1$ a 10); $T \times A_{mi}$ =
404 efeito da interação fixa entre o tempo e o tratamento; ϵ_{ijklm} = erro residual aleatório; $\alpha^2\omega$ =
405 a variância estimada associada às unidades experimentais (vacas no período); MVN = normal
406 multivariado; e R = a matriz de variância-covariância de resíduos devido a medições
407 repetidas. Matrizes de variância - covariância foram avaliadas [UN, UN1, CS, CSH, AR (1), ARH
408 (1), TOEP, TOEPH, FA (1) e ANTE (1)] e escolhidas pelo método Bayesiano. A matriz de

409 covariância que melhor se ajusta aos dados de acordo com o critério de informação
410 Bayesiano corrigido (BIC) foi os componentes de variância (UN). Quando determinado como
411 significativo pelo teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de soct-
412 knot. Outliers eram identificados e excluídos se os valores absolutos dos resíduos
413 estudentizados excedessem ± 3 . Os valores médios foram considerados diferentes quando
414 $p < 0,05$.

415

416 **4.3 Resultados**

417 A silagem de sorgo forrageiro (SSF), silagem de sorgo biomassa BRS 716 (SSB) e a
418 silagem de sorgo biomassa BRS 716 e palma forrageira (SSB+P) apresentaram maior ($P < 0,01$)
419 fração solúvel (fração "a") da matéria seca (MS) em comparação a silagem de BRS capiaçu
420 (SBRS) e silagem de BRS capiaçu e palma forrageira (SBRS+P) (Tabela 3). A SSB+P apresentou
421 maior taxa de degradabilidade da MS e da FDN ("c"; $p = 0,03$; $P < 0,01$). A SSF e a SBRS
422 apresentaram maior tempo de colonização ($P < 0,01$). Já para a degradabilidade efetiva da
423 MS, a SSB+P foi superior ($P < 0,01$) em relação às demais nas taxas de passagem de 2, 5 e
424 8%/h. A fração potencialmente degradável padronizada (Bp) da FDN foi 13,91% superior
425 ($P < 0,01$) para SSB e SSB+P (61,6%) em comparação as demais (53,0%). Em relação à fração
426 indigestível padronizada (Ip), a SSF, SBRS e SBRS+P apresentaram maiores percentuais,
427 tendo a SSB+P valores intermediários, e a SSB os menores ($P < 0,01$). Já para a
428 degradabilidade efetiva da FDN, o comportamento encontrado foi semelhante com a
429 degradabilidade efetiva da MS, tendo a SSB+P superior ($P < 0,01$) em relação às demais nas
430 taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h.

431

432

433 **Tabela 3.** Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fibra insolúvel em detergente
 434 neutro (FDN) das silagens

^c Item (%)	Dietas*					^a EPM	^b P-valor
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P		
	Matéria seca,%						
Fração "a"	22,52a	21,97a	17,55b	21,97a	16,67b	1,10	<0,01
Fração "b"	31,70	41,15	37,03	44,04	42,96	3,32	0,10
Taxa de Degradabilidade "c", %/h	2,00 b	2,00b	2,00b	4,00a	2,00b	0,01	0,30
Degradabilidade Potencial	54,22	63,12	54,58	66,01	56,47	3,94	0,17
Tempo de colonização, hora	8,84a	5,62b	7,38a	4,23b	4,80b	0,53	<0,01
Fração Indegradável	45,77	36,88	45,42	33,99	43,53	3,94	0,17
Degradabilidade Efetiva - 2%	37,96b	43,24b	36,81b	49,79a	40,16b	2,11	<0,01
Degradabilidade Efetiva - 5%	31,24b	34,43b	28,95b	40,25a	30,85b	1,51	<0,01
Degradabilidade Efetiva - 8%	28,60b	30,80b	25,68b	35,63a	26,85b	1,24	<0,01
	Fibra em detergente neutro,%						
"c"%/hora	3,00b	3,00b	2,00c	4,00a	2,00c	0,01	<0,01
Fração Bp	53,66b	61,09a	53,88b	62,13a	51,57b	1,13	<0,01
Ip,%	46,34a	32,91c	46,12a	37,87b	48,43a	1,13	<0,01
Degradabilidade Efetiva - 2%	32,19b	36,65b	26,94c	41,42a	33,28b	1,10	<0,01
Degradabilidade Efetiva - 5%	20,12b	22,90b	15,39c	27,61a	19,02b	0,85	<0,01
Degradabilidade Efetiva - 8%	14,63b	16,66b	10,77c	20,71a	13,31c	0,70	<0,01

435 ^aEPM – Erro padrão da média; ^bP- Probabilidade; BP = fração potencialmente degradável padronizada; IP=
 436 fração indegradável padronizada.

437 *SSF - silagem de sorgo forrageiro; SSB - silagem de sorgo biomassa; SBRS - silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
 438 silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - silagem de BRS
 439 capiaçu e palma forrageira.

440 Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma linha, estão agrupadas (p<0,05) pelo teste Scott-Knott.

441

442

443 Diets contendo SBRS e SBRS+P implicaram em menor consumo de matéria seca
444 (CMS; 5,61 kg/dia; $P<0,01$) pelas novilhas, que foi 19,40% inferior às dietas com SSF, SSB e
445 SSB+P (6,96 kg/dia; Tabela 4). A maior ingestão de proteína bruta (PB; $P<0,01$) foi verificada
446 em novilhas que receberam a dieta com SSB. Já para extrato etéreo (EE) maiores médias
447 ($P<0,01$) de ingestão foram observadas para animais que receberam dietas com SSF e SSB. A
448 maior ingestão ($P<0,01$) de CNF foi encontrada para animais que consumiram SSB+P e
449 SBRS+P (média de 1,38 kg/dia). O consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (FDNcp;
450 $P<0,01$) foi 27,30% superior para animais que receberam SSF e SSB (4,03 e 2,93 kg/dia). Em
451 contrapartida, novilhas submetidas à dieta com SSB+P consumiram 31,11% menos de fibra
452 insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi; $P<0,01$). O consumo de fibra insolúvel em
453 detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) foi menor ($P<0,01$) para novilhas
454 alimentadas com SBRS (média de 1,34 kg dia⁻¹). O que também foi observado para o
455 consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia metabolizável (EM) e energia líquida
456 (EL) que foram menores ($P<0,01$) em animais consumindo dietas com SBRS. Novilhas
457 consumindo SBRS tiveram um menor CMS ($P<0,01$) em percentual do peso corporal (%PC). O
458 consumo dos demais nutrientes em %PC seguiu comportamento semelhante ao consumo
459 em kg^{-dia}.

460

461 **Tabela 4.** Consumo e digestibilidade de nutrientes por novilhas mestiças Holandês/Zebu
 462 alimentadas com dietas experimentais

Item ^c	Dietas*					^a EPM	^b P-valor
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P		
Consumo, kg dia ⁻¹							
Matéria seca	7,00a	7,24a	5,24b	6,64a	5,97b	0,28	<0,01
Proteína bruta	0,83b	0,90a	0,60c	0,77b	0,66c	0,04	<0,01
Extrato etéreo	0,25a	0,25a	0,14c	0,20b	0,15c	0,01	<0,01
CNF	0,80b	0,51c	0,40c	1,37a	1,39a	0,10	<0,01
FDN _{cp}	3,98a	4,08a	2,92b	2,78b	3,09b	0,18	<0,01
FDN _i	1,42a	1,53a	1,58a	0,98b	1,28a	0,10	<0,01
FDN _{pd}	2,56a	2,55a	1,34c	1,80b	1,81b	0,14	<0,01
NDT	4,10a	3,86a	2,17b	4,06a	3,90a	0,20	<0,01
EM, Mcal/dia	15,11a	13,93a	7,30b	15,08a	14,68a	0,85	<0,01
EL, Mcal/dia	9,21a	8,58a	4,68b	9,14a	8,84a	0,47	<0,01
Consumo, %PC							
Matéria seca	3,50a	3,71a	2,60c	3,40a	3,07b	0,14	<0,01
Proteína bruta	0,42b	0,46a	0,30c	0,39b	0,34c	0,02	<0,01
Extrato etéreo	0,13a	0,13a	0,07c	0,10b	0,08c	0,01	<0,01
CNF	0,45b	0,25c	0,21c	0,71a	0,70a	0,04	<0,01
FDN _{cp}	2,00a	2,09a	1,43b	1,40b	1,59b	0,08	<0,01
FDN _i	0,67a	0,78a	0,77a	0,49b	0,67a	0,05	<0,01
NDT	2,13a	1,94a	1,11b	2,07a	2,00a	0,09	<0,01
Digestibilidade,%							
Matéria seca	67,94b	61,18c	57,95c	77,83a	68,98b	2,45	<0,01
Proteína bruta	57,98b	52,38b	60,16b	75,12a	70,40a	2,45	<0,01
Extrato etéreo	99,73	99,86	99,84	99,71	99,90	0,09	0,53
CNF	92,48	95,84	99,06	96,95	96,67	1,63	0,10
FDN _{cp}	61,16a	55,85a	43,78b	62,62a	57,82a	3,21	0,02
NDT	62,00a	52,30b	44,65c	61,93a	65,37a	2,51	<0,01

463 ^aEPM – Erro padrão da média; ^bP- Probabilidade, ^cMS - Matéria seca; PB - Proteína bruta; EE - Extrato etéreo;
464 CNF - Carboidratos não fibrosos; FDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína;
465 FDNi – Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; FDNpd – Fibra insolúvel em detergente neutro
466 potencialmente digestível; NDT - Nutrientes digestíveis totais; EM – Energia metabolizável; EL – Energia
467 Líquida.

468 *SSF - silagem de sorgo forrageiro; SSB - silagem de sorgo biomassa; SBRS - silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
469 silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - silagem de BRS
470 capiaçu e palma forrageira.

471 Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma linha, estão agrupadas ($p < 0,05$) pelo teste Scott-Knott.

472

473 A dieta com SSB+P apresentou maior digestibilidade da matéria seca (DMS; $P < 0,01$).
474 As dietas de SSB+P e SBRS+P apresentaram digestibilidade da proteína bruta (DPB; $P < 0,01$)
475 21,88% superior às demais (72,76% e 56,84%). Não houve diferença na digestibilidade de EE
476 e CNF com média de 99,81% e 96,2%, respectivamente. A digestibilidade da FDNcp da dieta
477 SBRS foi 22,32% inferior às demais (média de 56,36%; $P = 0,02$). Foram observadas menores
478 médias ($P < 0,01$) de NDT em dietas com SBRS.

479 Não houve diferença no número de horas e períodos por dia e duração dos períodos
480 (min) de alimentação, ruminação e ócio pelas novilhas submetidas às diferentes dietas
481 ($P > 0,05$; Tabela 5). Novilhas alimentadas com SBRS e SBRS+P tiveram maior número de
482 mastigações por bolo ruminado (70,28) em relação às demais (63,61; $P < 0,01$). Novilhas
483 alimentadas com SBRS tiveram maior tempo de mastigação gasto (min) por kg de MS
484 ingerida (220,06 min/kg MS; $P = 0,01$). Já para o tempo de mastigação por kg de FDNcp, os
485 animais que consumiram SSF e SSB gastaram 29,54% menos tempo em relação às demais
486 (280,79 e 398,49 min/kg FDNcp; $P = 0,02$). A eficiência alimentar da MS (g MS/hora) foi
487 inferior para novilhas alimentadas com SBRS ($P < 0,01$). Já para a eficiência alimentar da
488 FDNcp, novilhas alimentadas com SSF e SSB tiveram maiores médias ($P < 0,01$). Novilhas
489 alimentadas com SSF e SSB tiveram eficiência da ruminação da MS e da FDNcp 25,43% e
490 32,87% superior às demais dietas ($P < 0,01$).

491

492 **Tabela 5.** Comportamento ingestivo por novilhas mestiças Holandês/Zebu alimentadas com
 493 dietas experimentais

^c Item	Dietas*					^a EPM	^b P-valor
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P		
Alimentação							
hora/dia	5,59	6,13	6,08	5,61	5,93	0,27	0,46
Ruminação							
hora/dia	8,36	8,51	8,77	8,68	9,00	0,36	0,77
Ócio							
hora/dia	10,03	9,36	9,16	9,71	9,10	0,49	0,63
Mastigação							
número/bolo	65,12b	62,49b	70,68a	63,22b	69,88a	1,82	0,01
Total, horas/dia	13,97	14,64	14,84	14,29	14,92	0,49	0,63
min/bolo	49,96	48,30	50,15	49,64	49,60	0,82	0,55
min/kg MS	154,81b	157,26b	220,06a	161,10b	187,41b	12,72	<0,01
min/kg FDNcp	282,74b	278,73b	435,75a	395,84a	363,87a	36,93	0,02
Número de períodos (n/dia)							
Alimentação	10,90	10,10	10,70	10,00	10,20	0,64	0,82
Ruminação	13,60	13,50	13,70	13,00	13,70	0,58	0,91
Ócio	19,60	20,00	19,60	19,00	19,30	0,83	0,93
Duração de períodos (min)							
Alimentação	32,79	40,55	36,58	35,95	37,73	2,70	0,38
Ruminação	37,07	38,38	39,61	40,50	41,06	2,38	0,76
Ócio	30,94	28,35	28,66	31,11	29,78	1,82	0,75
Eficiência alimentar							
g MS/hora	1264,43a	1229,27a	855,61b	1251,69a	1033,35b	75,35	<0,01
g FDNcp/hora	716,94a	693,50a	475,63b	522,33b	535,12b	38,05	<0,01
Eficiência de ruminação							
g MS/hora	843,49a	875,80a	573,75b	674,62b	674,62b	44,13	<0,01
g FDNcp/hora	480,97a	493,75a	315,59b	317,35b	348,55b	27,58	<0,01

494 ^aEPM – Erro padrão da média; ^bP- Probabilidade.

495 *SSF - silagem de sorgo forrageiro; SSB - silagem de sorgo biomassa; SBRS - silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
496 silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - silagem de BRS
497 capiaçu e palma forrageira.

498 Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma linha, estão agrupadas ($p < 0,05$) pelo teste Scott-Knott.

499

500 Foi observado maior N - ingerido e N - fezes para as dietas com SSF e SSB ($P < 0,01$;
501 Tabela 6). O N - retido foi 28,98% superior em novilhas alimentadas com SSB (122,96 g/dia;
502 $P = 0,01$). Não houve diferença entre as dietas nos demais componentes do balanço de
503 nitrogênio ($P > 0,05$). O N - urina teve média de 2,85 g/dia, o N - fezes, N - urina e N - retido
504 em % do N - ingerido tiveram médias de 21,37%; 2,81%; 70,73%; respectivamente. Já o N -
505 ureico na urina teve média de 1,63 mg/dL e o N - ureico no plasma de 13,25 mg/dL. Para a
506 produção microbiana foi observado que novilhas alimentadas com dietas contendo palma
507 forrageira (SSB+P e SBRS+P) apresentaram excreção de alantoína 14,49% superior às demais
508 (126,49 e 108,16 mmol/dia; $P < 0,01$). O mesmo comportamento foi observado para purinas
509 absorvidas (g/dia; $P < 0,01$), nitrogênio microbiano (g/dia; $p = 0,01$) e PB microbiana sintetizada
510 no rúmen (g/dia; $P < 0,01$). Em relação aos parâmetros ruminais, o menor valor de pH foi
511 verificado para novilhas alimentadas com SSF (6,39; $P < 0,01$). Não foi verificada alteração no
512 N-NH₃ em função da dieta fornecida com média de 17,18 mg/dL.

513

514 **Tabela 6.** Balanço de nitrogênio, produção microbiana e parâmetros ruminais de novilhas
 515 mestiças Holandês/Zebu alimentadas com dietas experimentais

Item ^c	Dietas*					^a EPM	^b P-valor
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P		
Balanço de nitrogênio							
N - ingerido, g/dia	132,01a	155,28a	102,08b	123,20b	104,80b	9,92	<0,01
N - fezes, g/dia	25,02a	25,59a	17,44c	20,78b	16,71c	0,61	<0,01
N - urina, g/dia	3,23	2,70	3,02	2,56	2,73	0,23	0,27
N - retido, g/dia	96,34b	122,96a	74,97b	96,58b	81,40b	9,48	0,01
N - fezes, % N ing	24,01	20,72	20,65	21,55	19,92	2,19	0,72
N - urina, % N ing	3,03	2,43	3,16	2,57	2,85	0,20	0,08
N - retido, % N ing	66,96	73,94	68,68	71,65	72,42	2,90	0,44
N – ureico na urina, mg/dL	1,56	1,56	1,70	1,59	1,72	0,06	0,28
N – ureico no plasma, mg/dL	14,52	12,65	13,16	12,73	13,17	0,55	0,14
Produção microbiana							
Alantoína (mmol/dia)	108,62b	106,47b	109,38b	125,98a	126,99a	5,53	<0,01
Ácido úrico (mmol/dia)	15,20	15,66	10,39	15,92	11,32	2,71	0,35
Derivados de purina (mmol/dia)	123,83	122,13	119,77	141,91	138,31	7,63	0,59
Purinas absorvidas (g/dia)	119,92b	118,38b	115,91b	141,6a	137,12a	8,75	<0,01
Nitrogênio microbiano (g/dia)	87,18b	86,06b	84,27b	102,94a	99,69a	6,36	0,01
PB microbiana sintetizada no rúmen (g/dia)	544,92b	537,93b	526,70c	643,42a	623,09a	39,79	<0,01
Parâmetros ruminais							
pH	6,39b	6,53a	6,64a	6,61a	6,67a	0,06	0,04
NH ₃ , mg/dL	16,28	15,76	17,68	17,19	18,99	1,37	0,51

516 ^aEPM – Erro padrão da média; ^bP- Probabilidade; ^cN – Nitrogênio.

517 *SSF - Silagem de sorgo forrageiro; SSB - Silagem de sorgo biomassa; SBRS - Silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
 518 Silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - Silagem de BRS
 519 capiaçu e palma forrageira.

520 Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma linha, estão agrupadas (p<0,05) pelo teste Scott Knott.

521

522 As diferentes dietas não alteraram o peso final e o ganho de peso diário das novilhas,
 523 com médias de 214,66 kg e 0,77 kg/dia ($P>0,05$; Tabela 7). Em relação às medidas
 524 biométricas novilhas alimentadas com SSF obtiveram maior perímetro torácico (140,90 cm;
 525 $P<0,01$). E o ganho de perímetro torácico foi 52,77% superior para novilhas alimentadas com
 526 SSF e SSB em relação às demais dietas (0,22 e 0,10 cm/dia; $P=0,02$).

527

528 **Tabela 7.** Desempenho produtivo de novilhas mestiças Holandês/Zebu alimentadas com d
 529 dietas experimentais

^c Item	Dietas					^a EPM	^b P-valor
	SSF	SSB	SBRS	SSB+P	SBRS+P		
Desempenho							
Peso final, kg	218,75	213,6	210,05	214,1	216,8	3,11	0,36
Ganho de peso diário, kg/dia	0,85	0,80	0,62	0,84	0,72	0,1	0,43
Biometria, cm							
Perímetro torácico final	140,90a	139,20b	137,90c	139,60b	139,50b	0,05	<0,01
GPT, gmd/pt	0,24a	0,20a	0,11b	0,16b	0,11b	0,03	0,02
Altura de cernelha final	113,8	112,7	111,8	113	113	0,6	0,26
GAC, gmd/ac	0,12	0,14	0,06	0,09	0,07	0,03	0,16
Altura de garupa final	121,3	119,3	118,9	120	120,1	0,79	0,27
GAG, gmd/ag	0,16	0,09	0,07	0,09	0,04	0,04	0,3
Comprimento corporal final	118,8	118,8	117,4	117,7	118,7	0,07	0,47
GCC, gmd/cc	0,14	0,17	0,16	0,1	0,12	0,03	0,61

530 ^aEPM – Erro padrão da média; ^bP- Probabilidade; ^cGPT – Ganho de perímetro torácico; GAC – Ganho de altura
 531 de cernelha; GAG – Ganho de altura de garupa; GCC – Ganho de comprimento corporal.

532 *SSF - Silagem de sorgo forrageiro; SSB - Silagem de sorgo biomassa; SBRS - Silagem de BRS capiaçu; SSB+P -
 533 Silagem de sorgo biomassa e palma forrageira (relação de 60:40 na matéria natural); SBRS+P - Silagem de BRS
 534 capiaçu e palma forrageira.

535 Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma linha, estão agrupadas ($p<0,05$) pelo teste Scott-Knott.

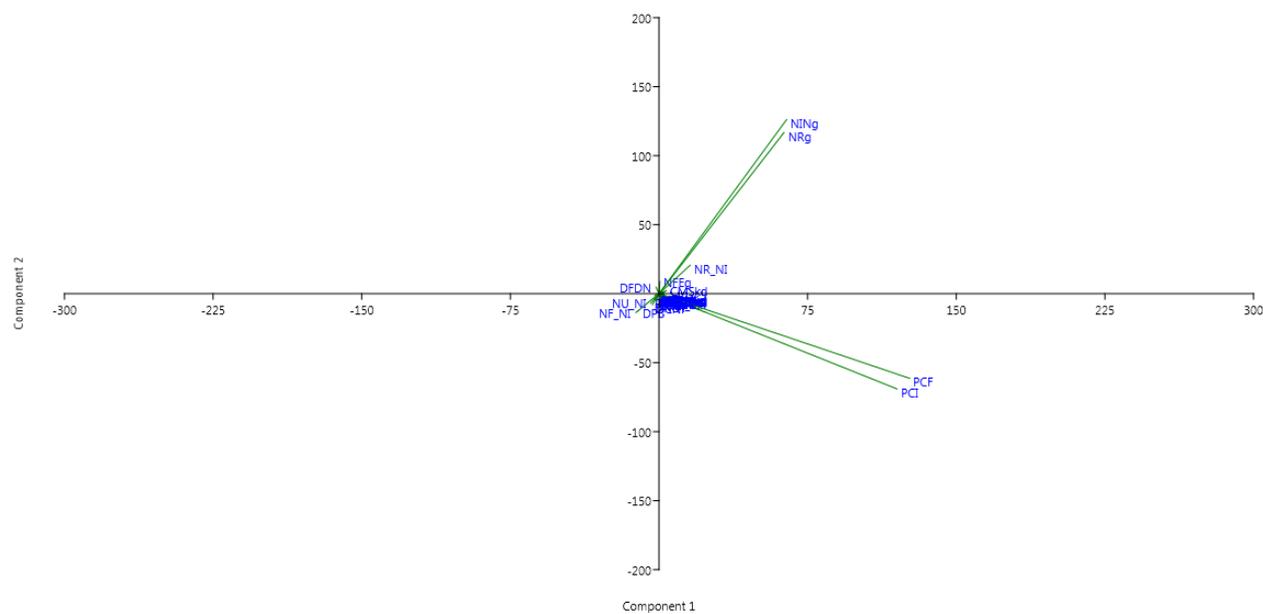
536

537 Foi observado que 96,72% das variâncias encontradas no experimento partiram de
 538 dois componentes principais específicos (Tabela 8). Sendo estes, o N – ingerido e o N –
 539 retido (Figura 2).

540 **Tabela 8.** Análise de componentes principais conjunta das dietas avaliadas sobre as variáveis
 541 dependentes

Componentes principais	Autovalores	% Variância
1	24011,3	89,446
2	1953,98	7,2789
3	460,257	1,7145
4	147,065	0,54784
5	86,302	0,32149
6	43,8754	0,16344
7	41,1714	0,15337
8	29,5759	0,11017
9	23,028	0,085783
10	17,7133	0,065985
11	8,65967	0,032259
12	6,26908	0,023353
13	4,87935	0,018176
14	3,56425	0,013277
15	2,35766	0,0087827
16	1,85031	0,006827

542



543

544 **Figura 1.** Representação esquemática do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais da análise das características avaliadas

545 *NING= nitrogênio ingerido (g); NRg= nitrogênio retido (g); NR_NI= nitrogênio retido/nitrogênio ingerido; PCF= peso corporal final; PCI= peso corporal inicial.

546

547 **4.4 Discussão**

548 O maior consumo de matéria seca (CMS) para novilhas alimentadas com SSF, SSB e
549 SSB+P, média de 6,96 kg/dia, está próximo ao recomendado pelo NRC (2001) de 7 kg/dia. O
550 menor CMS observado por animais consumindo dietas com SBRS e SBRS+P (5,61 kg/dia)
551 pode ser atribuído a dois principais fatores ligados às características nutricionais destas
552 silagens. O primeiro é a menor concentração de matéria seca (MS) destas silagens (226,38 e
553 230,92 g/kg respectivamente). Quanto menor é a concentração disponível no alimento, cada
554 bocado ingerido tende a possuir menor quantidade de MS, o que pode fazer com que não
555 haja tempo suficiente durante o dia para que o animal possa consumir quantidades
556 adequadas (Forbes, 2007). E como não houve diferenças na duração dos períodos
557 alimentação (5,87 hora/dia), ruminação (8,66 hora/dia) e ócio (9,47 hora/dia), apesar dos
558 animais apresentarem comportamento semelhante frente às dietas, as diferenças
559 nutricionais existentes entre as silagens contribuíram para as variações na ingestão de MS.

560 O segundo fator responsável pelo menor CMS para novilhas alimentadas com SBRS e
561 SBRS+P relaciona-se com a qualidade da fibra destas silagens, mais precisamente, a
562 concentração de FDNi (408,20 e 284,92 g/kg de FDNi para SBRS e SBRS+P), e consequente
563 menor ingestão de fibra com potencial digestivo (FDNpd). Alimentos com maiores
564 concentrações de FDNi apresentam maior período de retenção no rúmen (Ribeiro et al.,
565 2015). Esse maior tempo de retenção aumenta o efeito de repleção ruminal, que faz com
566 que o animal reduza a ingestão de alimento (Detmann et al., 2014a). Como resposta a
567 ingestão desta fibra de pior qualidade, as novilhas alimentadas com SBRS e SBRS+P
568 apresentaram maior número mastigações por bolo 70,28, já as demais apresentaram média
569 de 63,61 mastigações/bolo. A única forma de retirada da FDNi do rúmen é através da sua
570 passagem pelo orifício retículo-omasal (Ribeiro et al., 2015), desta forma, é indispensável a
571 redução do tamanho de partícula (Wang et al., 2017), que decorreu do maior número de
572 mastigações. Situação que fez com que novilhas, consumindo SBRS também dispendessem
573 maior tempo (min) em mastigação por kg de MS. E, por conseguinte, as diferenças na
574 eficiência alimentar e de ruminação também foram observadas.

575 A observação dos parâmetros da degradabilidade ruminal da MS e da FDN das silgens
576 também ajudam a elucidar as diferenças observadas para CMS. As SSF, SSB e SSB+P
577 apresentaram fração solúvel da matéria seca (Fração "a") 22,75% superior em relação às

578 SBRS e SBRS+P (médias de 22,15% e 17,11%). Estes resultados indicam que as SSF, SSB e
579 SSB+P apresentaram melhor perfil de degradação. Um elevado valor de “a” é positivo, pois
580 mostra que o material é muito degradável (Teler et al., 2019). Outro aspecto desejado é de
581 que forragens apresentem maiores valores de “c”, aliado a altos percentuais de “a”,
582 indicando assim que o potencial máximo de degradação é alcançado em menor tempo
583 (Gruber et al., 2018). Quadro evidenciado na SSB+P que apresentou maior taxa de
584 degradabilidade (Fator “c”) tanto da MS quanto da FDN, aliada a boa fração “a”, que
585 proporcionou a esta silagem maiores valores de degradabilidade efetiva tanto da MS quanto
586 da FDN nas distintas taxas de passagem.

587 A fração “a” contempla os carboidratos solúveis (Gruber et al., 2018), estes que
588 servem de substrato para a produção dos ácidos orgânicos pelos microrganismos durante a
589 ensilagem (Borreani et al., 2018). Possivelmente, uma menor concentração de carboidratos
590 solúveis no capim-BRS capiaçu em relação ao sorgo biomassa BRS 716, pode ter feito com
591 que, durante o processo fermentativo uma maior porção de carboidratos solúveis advindos
592 da palma forrageira na silagem com capim-BRS capiaçu fosse utilizada no processo
593 fermentativo, reduzindo a fração “a” da SBRS+P em relação à SSB+P.

594 O maior consumo de CNF com dietas SSB+P e SBRS+P se deve a grande participação
595 desde constituinte na composição da palma forrageira (610 g/kg). Outro aspecto que chama
596 atenção no presente trabalho é que apesar das dietas SSB+P e SBRS+P apresentarem um
597 consumo de proteína mais baixo (0,77 e 0,66 kg/dia) em relação à SSB (0,90 kg/dia), ambas
598 apresentaram maior percentual de digestibilidade deste nutriente (média de 72,76%).
599 Silagens contendo palma forrageira no ambiente ruminal proporcionaram maior
600 disponibilidade de energia decorrente da maior ingestão de CNF, propiciando a otimização
601 do aproveitamento da proteína no rúmen e a produção de proteína microbiana (Moraes et
602 al., 2019). Afirmação confirmada pelo nitrogênio microbiano 15,28% superior (139,36 e
603 118,07 g/dia) e, conseqüentemente, a PB microbiana sintetizada no rúmen superior (633,26
604 e 536,52 g/dia) para novilhas que foram alimentadas com silagens contendo palma
605 forrageira. Dietas com palma forrageira possibilitam melhor sincronização de disponibilidade
606 de energia no rúmen com a degradação de compostos nitrogenados (Borges et al., 2019;
607 Moraes et al., 2019).

608 A maior ingestão de nitrogênio com as dietas à base de SSF e SSB proporcionou maior
609 quantidade de N fecal. O maior CMS dessas silagens (7,12 kg) por parte das novilhas, junto a
610 menor digestibilidade da proteína bruta dessas silagens (<60%), indica que uma maior parte
611 de nutrientes, e conseqüentemente de proteína, passou pelo rúmen sem ser aproveitada
612 pelos microrganismos (Detmann et al., 2014b). Fato este, que veio a favorecer a
613 fermentação microbiana no intestino (Schuba et al., 2017), justificando os maiores valores
614 de N nas fezes. Apesar de novilhas consumindo SSB apresentarem maior quantidade de N –
615 retido (122,96 g/dia), a eficiência de utilização do N foi semelhante, visto que o N – fezes, N
616 – urina e N – retido em percentual do N ingerido não foram alterados pelas diferentes
617 dietas. Quanto maior o teor de proteína da dieta, maior a produção de amônia e maiores as
618 concentrações de N – ureico no sangue e as perdas nitrogenadas pela urina (Schwab e
619 Broderick, 2017). No presente estudo não foram verificadas diferenças entre as dietas para a
620 concentração de N – ureico na urina e N – ureico no plasma, tendo médias de 1,63 mg/dL e
621 13,25 mg/dL, respectivamente.

622 O menor consumo de PB, EE, CNF, FDNcp e FDNpd justificam o consumo 45,48%
623 inferior de NDT para novilhas alimentadas com SBRS em relação às demais. Ao comparar a
624 SBRS com a SBRS+P percebe-se melhoria na digestibilidade da MS, PB, FDNcp e NDT. Fatos
625 que demonstram o quão interessante torna-se a inclusão de palma forrageira para a
626 ensilagem com o capim-BRS capiaçu, proporcionando melhoria no valor nutritivo desta
627 silagem.

628 O pH ruminal mais baixo nos animais que consumiram dietas com SSF pode estar
629 associado a maior concentração de amido nessa silagem. A fermentação rápida do amido
630 proporciona maior concentração de ácidos graxos voláteis, em um menor intervalo de
631 tempo causando redução do pH (Brito et al., 2021). Como no presente trabalho as dietas
632 apresentavam alta proporção de forragem, o pH ficou próximo de 7,0. O que é positivo, pois
633 a manutenção de pH ruminal entre 6,0 e 7,0 favorece o desenvolvimento de microrganismos
634 celulolíticos (D'Aurea et al., 2017). Outro aspecto positivo foi que a produção de N-NH₃
635 média no fluido ruminal foi de 17,18 mg/dL. O nível de nitrogênio amoniacal necessário para
636 a maximização do consumo de MS é de no mínimo 8 mg/dL, porém, para elevar o consumo
637 de FDN é necessário 15 mg/dL, nível que otimiza a degradação de carboidratos fibrosos,

638 permitindo elevar a eficiência microbiana e o trânsito ruminal a partir de forragens
639 (Detmann et al., 2014b) como as silagens do presente estudo.

640 Apesar da diferença na ingestão e digestibilidade dos nutrientes, o peso final (214,66
641 kg) e o ganho médio diário (GMD) das novilhas não diferiram em relação às dietas. O GMD
642 no presente estudo (0,77 kg/dia) esta de acordo com o ideal (0,7-0,9 kg/dia) para o
643 desenvolvimento de novilhas leiteiras, sem que ocorra acúmulo de gordura de forma
644 excessiva, que possa vir a prejudicar a produção de leite futura desses animais (Sejrsen e
645 Purup, 1997; Van Amburgh et al., 2019; Erickson et al., 2020; Niekerk et al., 2021).

646 É importante ressaltar que todas as novilhas, além de ganharem peso,
647 desenvolveram as partes corporais mensuradas, indicando que os animais cresceram
648 independente da dieta fornecida. O maior perímetro torácico das novilhas alimentadas com
649 SSF pode decorrer do adequado CMS (7,0 kg/dia), com boa digestibilidade (67,94%) e
650 retenção de nitrogênio (96,34 g/dia). Maior desenvolvimento de perímetro torácico é
651 desejado para novilhas leiteiras, visto que, além de relação com peso corporal (Heinrichs et
652 al., 2017), o perímetro torácico indica maior capacidade respiratória e circulatória por parte
653 destes animais (Knight et al., 2004). Quando o objetivo do sistema é de formar boas matrizes
654 leiteiras, a capacidade metabólica, advinda de um sistema circulatório e respiratório bem
655 desenvolvido é primordial. Muito pelo fato de que é através dos processos fisiológicos,
656 altamente integrados, de todos os sistemas do corpo de uma vaca leiteira, que se origina a
657 síntese dos compostos que formam o leite (Gross e Bruckmaier, 2019). Rigueira et al. (2021)
658 não verificaram diferenças no peso final, ganho de peso diário e medidas de biometria de
659 novilhas 3/4 Holandês X Zebu alimentadas com SSF e subprodutos da cultura da bananeira.

660 A análise de componentes principais permite identificar as mais importantes fontes
661 de variabilidade em um conjunto de dados, além de possibilitar a abordagem e
662 interpretação gráfica dos principais relacionamentos entre variáveis (Vargas et al., 2018).
663 Diante disto, dentre as 51 variáveis resposta analisadas no presente experimento, dois
664 componentes representaram 96,72% das diferenças encontradas no presente estudo. Estes
665 componentes, demonstrados na figura 1, foram o N – ingerido e N – retido, demonstrando
666 que a ingestão de compostos nitrogenados é fundamental para o desempenho dos animais
667 em crescimento. Diante disto, mesmo sem efeito das silagens no peso final e ganho médio
668 diário, à análise dos componentes principais indica que dietas que proporcionam maior

669 ingestão e retenção de nitrogênio tendem a melhorar as medidas de desempenho de
670 novilhas mestiças Holandês x Zebu. Segundo NRC (2001), animais em crescimento
671 apresentam nesta fase do desenvolvimento ganhos, principalmente, de tecido ósseo e
672 muscular. Este último por sua vez apresenta demanda alta por proteína para sua síntese.

673 Contudo, todas as novilhas tiveram ganho satisfatório de peso e nas medidas
674 biométricas, demonstrando que apesar das diferenças nutricionais encontradas, se tem a
675 possibilidade de utilização de qualquer uma das silagens para novilhas mestiças Holandês X
676 Zebu.

677

678 **4.5 Conclusão**

679 Silagens de sorgo biomassa BRS 716 e BRS capiaçu associadas à palma forrageira
680 aumentam a ingestão de carboidratos não fibrosos, digestibilidade da proteína, produção
681 microbiana e não interferem na eficiência da utilização do nitrogênio, peso final e ganho
682 médio diário de novilhas mestiças Holandês x Zebu.

683

684 **4.6 Conflito de interesses**

685 Não há conflito de interesse.

686

687 **4.7 Referências**

- 688 Agricultural and food research council - AFRC. 1993. Energy and protein requirements of
689 ruminants. Wallingford: Common wealth Agricultural Bureaux International. 159p.
- 690 Andrade, A.P. de, Silva, D.S. da, Bruno, R. de L.A., Silva, D.L.S. da, Junior, J.L. de A.M.,
691 Magalhães, A.L.R., Melo, L.D.F. de A., Medeiros, A.N. de, 2020. Temporal rainfall
692 variability as inductor of the phenology of Brazilian semiarid species. *Aust. J. Crop Sci.*
693 *14*, 299–307. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.02.p2312>
- 694 Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors
695 affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* *101*, 3952–3979.
696 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- 697 Borges, L.D.A., Rocha, V.R., Monção, F.P., Soares, C., Ruas, J.R.M., Silva, F.V., Rigueira, J.P.S.,
698 Costa, N.M., Oliveira, L.L.S., de Oliveira Rabelo, W., 2019. Nutritional and productive
699 parameters of Holstein/Zebu cows fed diets containing cactus pear. *Asian-Australasian*
700 *J. Anim. Sci.* *32*, 1373–1380. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0584>
- 701 Brito, V.C., das Dores Ferreira da Silva, L., de Arruda, M.C.G., de Souza Tagliatella, D.K.,
702 Grandis, F.A., Bumbieris, V.H., Ramos, L.C., de Camargo, H.S., Pereira, V.H., Mizubuti,
703 I.Y., 2021. Ruminant parameters and in-situ degradability of rations with wheat middling
704 substitution for corn. *Semin. Agrar.* *42*, 1707–1724. [https://doi.org/10.5433/1679-](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1707)
705 [0359.2021v42n3Supl1p1707](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1707)

706 Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S. de C., Pereira, J.C., Cunha, M. da, Detmann, K.
707 da S.C., Paulino, M.F., 2009. Estimation of fibrous compounds contents in ruminant
708 feeds with bags made from different textiles. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 130–138.
709 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100017>

710 Chen, X. B., Gomes, M. J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle
711 based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details.
712 International Feed Research Unit. Rowett Research Institute. Aberdeen, UK

713 Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S. de C., Valadares, R.F.D., Chizzotti, F.H.M., Tedeschi, L.O.,
714 2008. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in
715 Holstein cattle. *Livest. Sci.* 113, 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.013>

716 Cordeiro, M.W.S., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Cordeiro, A.F.S., 2021. Silagens De
717 Forrageiras Tropicais Adaptadas Às Condições Do Semiárido. *Nucl. Anim.* 13, 5–25.
718 <https://doi.org/10.3738/21751463.3726>

719 D’Aurea, A.P., Ezequiel, J.M.B., D’Aurea, E.M.O., Fávoro, V.R., Homem Júnior, A.C., Cleef,
720 E.H.C.B. Van, Paschoaloto, J.R., Almeida, M.T.C., 2017. Glicerina associada à ureia na
721 terminação de bovinos: parâmetros ruminais, digestibilidade e massa microbiana. *Arq.*
722 *Bras. Med. Veterinária e Zootec.* 69, 146–154. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8896>

723 Detmann, E., Gionbelli, M.P., Huhtanen, P., 2014a. A meta-analytical evaluation of the
724 regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *J. Anim. Sci.* 92,
725 4632–4641. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7717>

726 Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S.,
727 Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M., Azevedo, J.A.G. 2012. Methods for food analysis
728 =Métodos para análise de alimentos. Suprema, Visconde do Rio Branco, MG, Brasil (in
729 Portuguese).

730 Detmann, E., Valente, É.E.L., Batista, E.D., Huhtanen, P., 2014b. An evaluation of the
731 performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures
732 with supplementation. *Livest. Sci.* 162, 141–153.
733 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>

734 Dubeux, J.C.B., Santos, M.V.F. dos, Cunha, M.V. da, Santos, D.C. dos, Souza, R.T. de A., Mello,
735 A.C.L. de, Souza, T.C. de, 2021. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review.
736 *Anim. Feed Sci. Technol.* 275, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114890>

737 Erickson, P.S., Anderson, J.L., Kalscheur, K.F., Lascano, G.J., Akins, M.S., Heinrichs, A.J., 2020.
738 Symposium review: Strategies to improve the efficiency and profitability of heifer
739 raising. *J. Dairy Sci.* 103, 5700–5708. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17419>

740 Forbes, John. (2007). Voluntary food intake and diet selection in farm animals. British
741 Library, London, UK: Second edition. 1-453.

742 Gross, J.J., Bruckmaier, R.M., 2019. Invited review: Metabolic challenges and adaptation
743 during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for
744 sustainable milk production. *J. Dairy Sci.* 102, 2828–2843.
745 <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15713>

746 Gruber, L., Terler, G., Knaus, W., 2018. Nutrient composition, ruminal degradability and
747 whole tract digestibility of whole crop maize silage from nine current varieties. *Arch.*
748 *Anim. Nutr.* 72, 121–137. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1436665>

749 Heinrichs, A.J., Heinrichs, B.S., Jones, C.M., Erickson, P.S., Kalscheur, K.F., Nennich, T.D.,
750 Heins, B.J., Cardoso, F.C., 2017. Short communication: Verifying Holstein heifer heart

751 girth to body weight prediction equations. J. Dairy Sci. 100, 8451–8454.
752 <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12496>

753 Hoffman, P.C. 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. J. Anim. Sci,
754 75,836-845. <https://doi.org/10.2527/1997.753836x>

755 Huang, J., Ji, M., Xie, Y., Wang, S., He, Y., Ran, J., 2016. Global semi-arid climate change over
756 last 60 years. Clim. Dyn. 46, 1131–1150. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2636-8>

757 Johnson, R.A., Wichern, D.W., 2008. Multivariate analysis. SpringerBriefs Public Heal. 71–81.
758 https://doi.org/10.1007/978-3-319-77203-5_8

759 Kasier, H.F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. Educ. Psychol.
760 Meas. XX, 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>

761 Knight, C.H., Alamer, M.A., Sorensen, A., Nevison, I.M., Flint, D.J., Vernon, R.G., 2004.
762 Metabolic safety-margins do not differ between cows of high and low genetic merit for
763 milk production. J. Dairy Res. 71, 141–153.
764 <https://doi.org/10.1017/S0022029904000044>

765 Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of
766 chemical, microbial, and organoleptic components of silages. J. Dairy Sci. 101, 4020–
767 4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

768 Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: G.C. Fahey Jr., editor, Forage quality,
769 evaluation and utilization. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 450-493.

770 Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., Moura, M.M.A., Rocha, V.R., Gomes, V.M.,
771 Leal, D.B., Maranhão, C.M.A., Albuquerque, C.J.B., Chamone, J.M.A., 2019a. Yield and
772 nutritional value of BRS Capiacu grass at different regrowth ages. Semin. Agrar. 40,
773 2045–2055. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045>

774 Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., de Sales, E.C.J., Leal, D.B., da Silva, M.F.P.,
775 Gomes, V.M., Chamone, J.M.A., Alves, D.D., da Cunha Siqueira Carvalho, C., Murta,
776 J.E.J., Júnior, V.R.R., 2019b. Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass
777 (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. Trop.
778 Anim. Health Prod. 51, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>

779 Monção, F.P., Rocha, V.R., Silva, J.T., de Jesus, N.G., Marques, O.F.C., Rigueira, J.P.S., Sales,
780 E.C.J., Silva, A.A.G., Alves, D.D., Carvalho, C.C.C., Gomes, V.M., Leal, D.B., 2020a.
781 Nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) silage associated with
782 cactus pear. Iran. J. Appl. Anim. Sci. 10, 25–29.

783 Monção, F.P., Santana, P.F., Júnior, V.R.R., Ruas, J.R.M., Rigueira, J.P.S., Borges, L.D.A., de
784 Castro Menezes, G.C., Sousa, T.E.S., da Costa, M.D., Oliveira, L.L.S., de Queiroz, F.E.,
785 2020b. Nutritional efficiency of feed-restricted F1 Holstein/Zebu cows in early lactation.
786 Trop. Anim. Health Prod. 52, 141–149. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01994-z>

787 Moraes, G.S. de O., Guim, A., Tabosa, J.N., Chagas, J.C.C., Almeida, M. de P., Ferreira, M. de
788 A., 2019. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we
789 maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions? Livest.
790 Sci. 221, 133–138. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.026>

791 National Research Council - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington,
792 D.C.: National Academy Press, 381p.2001.

793 Niekerk, J.K., Fischer-Tlustos, A.J., Wilms, J.N., Hare, K.S., Welboren, A.C., Lopez, A.J., Yohe,
794 T.T., Cangiano, L.R., Leal, L.N., Steele, M.A., 2021. ADSA Foundation Scholar Award: New
795 frontiers in calf and heifer nutrition—From conception to puberty. J. Dairy Sci. 104,
796 8341–8362. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20004>

797 Nocek, J.E., 1988. In situ and Other Methods to Estimate Ruminal Protein and Energy
798 Digestibility: A Review. *J. Dairy Sci.* 71, 2051–2069. <https://doi.org/10.3168/jds.S0022->
799 0302(88)79781-7

800 Orskov, E.R., McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from
801 incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92, 499–
802 503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>

803 Qu, H., Liu, X.B., Dong, C.F., Lu, X.Y., Shen, Y.X., 2014. Field performance and nutritive value
804 of sweet sorghum in eastern China. *F. Crop. Res.* 157, 84–88.
805 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.010>

806 Queiroz, F.E. de, Rocha, V.R., Monção, F.P., Rigueira, J.P.S., Parrella, R.A. da C., Rufino, L.D.
807 de A., Santos, A.S. dos, Cordeiro, M.W.S., 2021. Effect of row spacing and maturity at
808 harvest on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional characteristics of
809 biomass sorghum (BRS 716) silage in the semiarid region of Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 50,
810 1-13. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200254>

811 Ramos, J.C.P., Júnior, V.R.R., Monção, F.P., da Costa Parrella, R.A., Caxito, A.M., Cordeiro,
812 M.W.S., da Hora, F.F., de Assis Pires, D.A., 2021. Effect of replacing forage sorghum
813 silage with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein × Zebu lactating cows. *Trop.*
814 *Anim. Health Prod.* 53, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02503-3>

815 Ribeiro, R.C.O., Villela, S.D.J., Filho, S.C.V., Santos, S.A., Ribeiro, K.G., Detmann, E., Zanetti,
816 D., Martins, P.G.M.A., 2015. Effects of roughage sources produced in a tropical
817 environment on forage intake, and ruminal and microbial parameters. *J. Anim. Sci.* 93,
818 2363–2374. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8719>

819 Rigueira, J.P.S., Jesus, N.G., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Costa, N.M., David, G.S.S., Silva,
820 F.V., Carvalho, C.C.S. 2021. Effects of different banana crop wastes on nutrient intake
821 and digestibility, microbial protein synthesis, feeding behavior, and animal performance
822 of ¾ Holstein × Zebu heifers in a semiarid rangeland. *Trop. Anim. Health Prod.* 53, 1-13.
823 <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02660-z>

824 Schuba, J., Südekum, K.H., Pfeiffer, E., Jayanegara, A., 2017. Excretion of faecal, urinary urea
825 and urinary non-urea nitrogen by four ruminant species as influenced by dietary
826 nitrogen intake: A meta-analysis. *Livest. Sci.* 198, 82–88.
827 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.017>

828 Schwab, C.G., Broderick, G.A., 2017. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in
829 dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100, 10094–10112. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>

830 Sejrsen, K., Purup, S., 1997. Influence of Prepubertal Feeding Level on Milk Yield Potential of
831 Dairy Heifers: A Review. *J. Anim. Sci.* 75, 828–835.
832 <https://doi.org/10.2527/1997.753828x>

833 Terler, G., Gruber, L., Knaus, W., 2019. Effects of ruminal degradability of ensiled whole crop
834 maize varieties on feed intake and milk production of dairy cows. *Animal* 13, 1917–
835 1926. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000028>

836 Valadares Filho, S.C., Silva, L.F.C., Gionbelli, M.P., Rotta, P.P., Marcondes, M.I., Chizzotti,
837 M.L., Prados, L.F., 2016. Nutrient requirements of zebu and crossbred cattle - BR-
838 CORTE. Exigências Nutricionais De Zebuínos Puros E Cruzados - BR-CORTE.
839 <https://doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016b002>

840 Van Amburgh, M.E., Soberon, F., Meyer, M.J., Molano, R.A., 2019. Symposium review:
841 Integration of postweaning nutrient requirements and supply with composition of

842 growth and mammary development in modern dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 102, 3692–
843 3705. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15270>

844 Vargas, G., Schenkel, F.S., Brito, L.F., Neves, H.H. de R., Munari, D.P., Boligon, A.A.,
845 Carvalho, R., 2018. Unravelling biological biotypes for growth, visual score and
846 reproductive traits in Nellore cattle via principal component analysis. *Livest. Sci.* 217,
847 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.09.010>

848 Verbic J, Chen X, Macleod N, Orskov E. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants.
849 Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. *The*
850 *Journal of Agricultural Science.* 114, 243-248.

851 Waldo, D.R., Smith, L.W., Cox, E.L., 1972. Model of Cellulose Disappearance from the Rumen.
852 *J. Dairy Sci.* 55, 125–129. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85442-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85442-0)

853 Wang, H.R., Chen, Q., Chen, L.M., Ge, R.F., Wang, M.Z., Yu, L.H., Zhang, J., 2017. Effects of
854 dietary physically effective neutral detergent fiber content on the feeding behavior,
855 digestibility, and growth of 8- to 10-month-old Holstein replacement heifers. *J. Dairy*
856 *Sci.* 100, 1161–1169. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10924>

857 Weiss, W.P., Conrad, H.R., St. Pierre, N.R., 1992. A theoretically-based model for predicting
858 total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.*
859 39, 95–110. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4)

860

5. Considerações Finais

O presente estudo demonstra o potencial de utilização de silagens de sorgo biomassa BRS 716 e capim-BRS capiaçu em dietas de novilhas mestiças leiteiras para reposição do rebanho, além do uso, da palma forrageira no processo de ensilagem, mantendo desempenho satisfatório dos animais, apesar de diferenças no perfil nutricional das dietas com estas silagens. A produção de silagens a partir das espécies forrageiras estudadas, que apresentam elevada produtividade e adaptação às condições do semiárido, pode promover a sustentabilidade da produção com animais ruminantes em regiões de clima semiárido.