

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

DÉBORA MARIA BARBOSA PRADO

DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS CONSUMINDO SILAGENS DE DOIS
HÍBRIDOS DE MILHO CONVENCIONAIS E UM BMR-3

Uberlândia

2021

DÉBORA MARIA BARBOSA PRADO

DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS CONSUMINDO SILAGENS DE DOIS
HÍBRIDOS DE MILHO CONVENCIONAIS E UM BMR-3

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias

Área de concentração: Produção de forragens e alimentação animal.

Orientador: Manoel Eduardo Rozalino Santos

Coorientador: Alex de Matos Teixeira

Uberlândia

2021

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P896 2021	<p>Prado, Débora Maria Barbosa, 1995- Efeito do híbrido de milho para silagem sobre o consumo e o desempenho de vacas leiteiras [recurso eletrônico] / Débora Maria Barbosa Prado. - 2021.</p> <p>Orientador: Manoel Eduardo Rozalino Santos. Coorientador: Alex de Matos Teixeira. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.478 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Veterinária. I. Santos, Manoel Eduardo Rozalino, 1981-, (Orient.). II. Teixeira, Alex de Matos, 1985-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 619</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências
Veterinárias

BR 050, Km 78, Campus Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.famev.ufu.br - mesvet@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	CIÊNCIAS VETERINÁRIAS				
Defesa de:	DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO Nº PPGCVET/ 008/2021				
Data:	30 de agosto de 2021	Hora de início:	12:00	Hora de encerramento:	14:30
Matrícula do Discente:	11912MEV002				
Nome do Discente:	DÉBORA MARIA BARBOSA PRADO				
Título do Trabalho:	DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS CONSUMINDO SILAGENS DE DOIS HÍBRIDOS DE MILHO CONVENCIONAIS E UM BMR-3				
Área de concentração:	Produção animal				
Linha de pesquisa:	Produção de forragens, nutrição animal e alimentação animal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Avaliação de alimentos para animais				

Reuniu-se por Videoconferência (Google Meet), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: **Lúcio Carlos Gonçalves - UFMG; Felipe Antunes Magalhães - UFU; Manoel Eduardo Rozalino Santos** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Manoel Eduardo Rozalino Santos, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Manoel Eduardo Rozalino Santos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/08/2021, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Antunes Magalhães, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/08/2021, às 14:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lúcio Carlos Gonçalves, Usuário Externo**, em 30/08/2021, às 14:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2961431** e o código CRC **8F7BC918**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelas bênçãos concedidas.

Agradeço a minha família pelo apoio sem medidas.

Agradeço ao meu orientador Manoel Eduardo Rozalino Santos pela disponibilidade.

Agradeço ao meu professor Alex de Matos Teixeira pela confiança depositada em mim, pelos trabalhos e esforços realizados ao longo desses anos.

Agradeço ao grupo de pesquisa Núcleo do Leite pelas atividades realizadas nesta caminhada acadêmica e pelos laços de amizade formados.

Agradeço, de forma especial, à minha amiga Letícia Roberta Martins pelo companheirismo e apoio durante os anos de graduação e pós graduação.

Agradeço à Corteva Agriscience pelo suporte financeiro, em especial ao Edmir Marques Faria Filho, Renato Borges Pereira e André Brito.

Agradeço aos funcionários da Fazenda Experimental do Glória por todo o auxílio prestado.

Agradeço aos técnicos e estagiários do Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, do Laboratório de Análise de Matéria Prima e Rações, e à Professora Simone Pedro da Silva pela confiança e acompanhamento.

Agradeço ao Laboratório Clínico Veterinário pelos serviços e disponibilidade.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias pela oportunidade e pelo suporte.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante os anos do curso.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o consumo, o comportamento ingestivo, o desempenho e os parâmetros metabólicos de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho de híbridos convencionais e mutante BMR-3 (*brown midrib*), cultivados em condições tropicais. Doze vacas mestiças (3/4 e 7/8 Holandês x Gir) com (média \pm SD) 1,8 \pm 0,8 lactações, 548,8 \pm 73,7 kg de peso vivo e 85,9 \pm 30,2 dias de lactação foram utilizadas e alocadas em experimento com delineamento em quadrado latino e fatorial 3 x 3, sendo os animais distribuídos em 4 quadrados de acordo com as variáveis descritas anteriormente. Posteriormente, as vacas em cada quadrado foram aleatoriamente designadas a uma das três dietas experimentais: 1) híbrido *brown midrib* - BMR-3; 2) híbrido convencional - H1; 3) híbrido convencional - H2. As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas e isonitrogenadas, de acordo com o NRC (2001). Os dados foram avaliados pelo teste de Lilliefors para verificação da normalidade de distribuição e a significância estatística foi considerada quando $P \leq 0,05$. Quando significativo, o teste de Fisher ($P < 0,05$) foi conduzido para a comparação das médias obtidas entre diferentes híbridos. Não houve efeito do híbrido de milho sobre o consumo de matéria seca e nutrientes. Não houve efeito do híbrido de milho sobre a digestibilidade da MS, MO, PB e de CNF. Dietas com os híbridos BMR-3 e H1 apresentaram digestibilidades da FDN semelhantes entre si e superiores à das dietas com o híbrido H2. A produção de leite das vacas alimentadas com as silagens dos híbridos BMR-3 (32,96 Kg/dia) e H1 (33,08 Kg/dia) foi 1,82 Kg/dia superior à das vacas alimentadas com a silagem do híbrido H2 (31,20 Kg/dia). A eficiência alimentar foi semelhante entre os híbridos de milho. Vacas alimentadas com a silagem do híbrido BMR-3 apresentaram menor valor de NUL. O comportamento ingestivo e os níveis sanguíneos de glicose e BHBA não foram influenciados pelos híbridos de milho. Vacas alimentadas com silagens do híbrido H2 apresentaram níveis mais elevados de AGNE em relação às vacas alimentadas com silagens do híbrido H1. Para o nível de ureia no sague, as vacas alimentadas com silagens do híbrido BMR-3 apresentaram menores valores em relação aos demais híbridos, que foram semelhantes. A utilização de um híbrido BMR-3 resultou em aumento da produção leiteira de vacas de leite. No entanto, estudos futuros deverão ser realizados para avaliar o efeito da utilização deste híbrido em diferentes sistemas de produção nos trópicos.

Palavras-chave: digestibilidade; qualidade de fibra; mutação BMR-3; produção de leite silagem de milho.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of feeding conventional or BMR-3 (*brown midrib*) corn silage hybrids grown in tropical conditions on intake, feeding behavior, performance, and metabolism of dairy cows. Twelve crossbred cows (3/4 and 7/4 Holstein x Gyr) averaging (\pm SD) 1.8 ± 0.8 lactations, 548.8 ± 73.7 kg of body weight (BW) and 85.9 ± 30.2 days in milk (DIM) were enrolled in a 3 x 3 factorial Latin square design experiment with 4 squares selected according to the above-mentioned variables. Thereafter, cows within the squares were randomly assigned to 1 of the 3 treatments: 1) *brown midrib* hybrid – BMR-3; 2) conventional hybrid 1 – H1; 3) conventional hybrid 2 – H2. Diets were formulated to be isoenergetic and isonitrogenous according to the NRC (2001). Data were tested for normality by the Lilliefors' test and statistical significance was considered when $P < 0.05$. When significant, Fisher's test was applied to compare means between treatments. Dry matter intake and nutrient intake were not affected by the corn silage hybrids. Also, there was no effect of treatments on DM, OM, CP, and NFC digestibility. The NDF digestibility was similar between BMR-3 and H1, but lower in H2. Milk yield was greater for cows in BMR-3 (32.96 kg/day) and H1 (33.08 kg/day) than for cows in H2 (31.20 kg/day). Feed efficiency was similar between treatments. Cows fed with BMR-3 had lower MUN concentrations than cows in H1 and H2. Feeding behavior did not differ between treatments. Blood glucose and BHBA were not affected by the treatments. On the other hand, cows fed with H2 had greater levels of NEFA than cows in BMR-3 and H1. Blood urea nitrogen was lower in BMR-3 than in H1 and H2. The use of a BMR-3 corn silage hybrid grown in tropical conditions improved milk yield of dairy cows. However, future studies must be addressed to evaluate the effects of this hybrid type in a wider range of systems.

Keywords: digestibility, fiber quality, BMR-3, milk yield, corn silage

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AGNE** – ácido graxo não esterificado
- BHBA** – beta-hidroxibutirato
- BMR** – *brown midrib* – nervura marrom
- CAD** - cinamil-álcool-desidrogenase
- CE** – carboidrato estrutural
- CF** – carboidrato fibroso
- CNE** – carboidrato não estrutural
- CNF** – carboidrato não fibroso
- ECC** – escore de condição corporal
- EE** – extrato etéreo
- FDA** – fibra insolúvel em detergente ácido
- FDN** – fibra insolúvel em detergente neutro
- FDN_{cp}** – FDN corrigida para cinzas e proteína
- FDNF** – FDN da forragem
- FDNi** – FDN indigestível
- G** - guaiacila
- H** – P-hidroxifenila
- H1** – híbrido 1
- H2** – híbrido 2
- IMS** – ingestão de matéria seca
- LCE** – leite corrigido para energia
- LCG3,5** – leite corrigido para gordura 3,5%
- LIG** - ligina
- MM** – matéria mineral
- MN** – matéria natural
- MO** – matéria orgânica
- MS** – matéria seca
- MTHFR** - metilenotetrahidrofolato redutase
- NUL** – nitrogênio ureico do leite
- OMT** – O - metiltransferase
- PB** – proteína bruta
- PDR** – proteína degradável no rúmen

PV – peso vivo

S - siringila

SAM - S-adenosilmetionina

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Figura 1. Lignina	9
Figura 2. Unidades monoméricas de lignina	9
Figura 3. Biossíntese da lignina	12
Tabela 1. Características genotípicas dos híbridos de milho	16
Tabela 2. Composição química das silagens	17
Tabela 3. Dietas experimentais	18
Tabela 4. Composição química das dietas	18
Tabela 5. Efeito do híbrido de milho sobre o consumo de vacas leiteiras	22
Tabela 6. Efeito do híbrido de milho sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta	23
Tabela 7. Efeito do híbrido de milho sobre o desempenho e eficiência alimentar de vacas leiteiras	25
Tabela 8. Efeito do híbrido de milho sobre o comportamento ingestivo de vacas leiteiras	27
Figura 4. Efeito do híbrido de milho sobre a glicemia de vacas leiteiras	28
Figura 5. Efeito do híbrido de milho sobre os valores de B-hidroxibutirato no sangue de vacas leiteiras	29
Figura 6. Efeito do híbrido de milho sobre os valores de ácidos graxos não esterificados no sangue de vacas leiteiras	29
Figura 7. Efeito do híbrido de milho sobre os valores de ureia no sangue de vacas leiteiras...	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Cultura do milho destinado à ensilagem.....	2
2.2 Valor nutricional de plantas forrageiras	4
2.2.1 Carboidratos em plantas forrageiras.....	4
2.2.2 Digestibilidade dos carboidratos em plantas forrageiras.....	6
2.2.3 Digestibilidade e consumo de plantas forrageiras	6
2.3 Híbridos de milho BMR para confecção de silagem	8
2.3.1 Lignina como fator antinutricional.....	8
2.3.2 Mutação BMR.....	11
2.3.3 Silagem de milho BMR e desempenho de vacas leiteiras	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Local e período experimental.....	15
3.2 Material genético avaliado	16
3.3 Plantio, manejo agrônomo e ensilagem.....	16
3.4 Delineamento e dietas experimentais	17
3.5 Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente total	19
3.6 Comportamento ingestivo	20
3.7 Desempenho	20
3.8 Peso vivo e escore de condição corporal (ECC).....	21
3.9 Parâmetros metabólicos	21
3.10 Análises estatísticas	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1. INTRODUÇÃO

Empresas de semente de milho disponibilizam no mercado diversas opções de híbridos contendo tecnologias advindas da modificação genética para o desenvolvimento de resistência a pragas e herbicidas, e para aumento da produção de grãos. No entanto, poucos esforços tem sido direcionados para a obtenção de materiais específicos para a produção de silagem, principalmente relacionados à digestibilidade dos nutrientes, em especial, da fibra forrageira para ambientes tropicais.

O aumento da digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) em silagens está associado com a redução do teor de lignina e/ou com a alteração dos seus componentes monoméricos, e essas condições podem ser alcançadas através de modificações genéticas. A utilização de híbridos de milho mutantes com menor teor de lignina (BMR *brown midrib* – nervura central marrom) na alimentação de vacas leiteiras tende a otimizar a ingestão de matéria seca (IMS) e a produção de leite. Barrière (2017), comparando em uma metanálise, resultados de trabalhos que avaliaram consumo e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho mutante BMR, observou aumento na IMS e na produção de leite na ordem de 1,16 e 1,26 kg/vaca/dia, respectivamente.

Resultados como esse demonstram o grande potencial da utilização do melhoramento genético no desenvolvimento de forrageiras de alta digestibilidade, que poderão favorecer consideravelmente os sistemas de produção de leite, visto que a silagem de milho representa uma das principais fontes de alimentação. Entretanto, são necessários ensaios de desempenho animal para avaliar a produtividade, assim como a viabilidade econômica dessa adoção e adaptação às condições de clima tropical.

O objetivo deste estudo foi avaliar o consumo, o comportamento ingestivo, o desempenho e os parâmetros metabólicos de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho de híbridos convencionais e mutante BMR, cultivados em condições tropicais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho destinado à ensilagem

O Brasil é caracterizado por condições climáticas que favorecem o cultivo de diferentes espécies forrageiras com potencial para ensilagem e que são capazes de atender em partes, a energia exigida pelos animais de produção. A espécie forrageira deve apresentar adequado teor de matéria seca e elevada concentração de carboidratos solúveis no momento do corte, e baixo poder tamponante, a fim de permitir condições necessárias para a conservação do material na forma de silagem. Por atender esses pressupostos, o milho é a cultura mais utilizada para a produção de silagens, sendo seguido pelo sorgo (SIQUEIRA; BERNARDES, 2013).

O milho pode fornecer até 100% a mais de energia digestível por hectare quando comparado a outras gramíneas ou leguminosas forrageiras. O colmo do milho é constituído por uma medula esponjosa que contém glicídeos de reservas, conferindo a essa estrutura uma maior digestibilidade (VAN SOEST, 1994). Além disso, alguns híbridos apresentam elevada produção de grãos, que reflete em altos teores de amido na silagem produzida, fornecendo maior aporte energético ao animal (NEUMANN, 2011).

Outras características que elegem o milho como principal cultura utilizada na confecção de silagem é seu elevado potencial de produção de matéria seca por hectare e seu alto valor nutricional, que está associado ao baixo teor de fibra e elevada concentração de energia. Também apresenta versatilidade na forma de utilização, sendo possível produzir silagem da planta inteira ou silagem dos grãos, ausência da obrigatoriedade de aditivos durante a ensilagem, e flexibilidade na época de semeadura (CRUZ et al. 2006; NEUMANN, et al. 2017, SIQUEIRA; BERNARDES, 2013).

No mercado existe considerável número de cultivares de milho que apresentam diferentes características em relação à produtividade e qualidade. No entanto, além de considerar o genótipo do cultivar, é preciso ponderar a influência de fatores ambientais e das práticas de manejo, que irão definir o padrão de desenvolvimento da cultura (DA SILVA, et al. 2018; NEUMANN, 2017). Diante disso, o produtor deve se preocupar em escolher um híbrido que vá de encontro aos seus objetivos em quesitos de produtividade e valor nutricional, mas que também esteja adaptado à região e à época de plantio.

Apesar da notável participação da silagem de milho no setor leiteiro, ainda há carência de híbridos desenvolvidos para esse fim, pois a maioria destes é desenvolvida e destinada para a produção de grãos. De acordo com Neumann e Lupatini (2002), nem sempre os híbridos mais

produtivos para grãos, produzem silagens com melhores valores nutricionais. Assim, é necessário selecionar híbridos para produção de silagem que considerem também as demais frações da planta, visto que estas também interferem na qualidade nutricional do alimento confeccionado (KLEIN, 2018; PAZIANI, 2009).

Neumann (2011) destaca pontos importantes da história da silagem de milho no Brasil, que nos fazem compreender a evolução nos critérios de seleção de híbridos para a ensilagem. Em um primeiro momento, a escolha do híbrido era baseada na sua altura, de forma que, quanto mais alto, maior seria sua produção de massa verde. O intuito era produzir um volumoso a baixo custo para alimentar os animais nas épocas de escassez de pastagens. Posteriormente, o critério de escolha passou a ser a produção de grãos. Considerava-se a participação de grãos na estrutura da planta, desprezando a participação dos outros componentes como folhas, colmo, sabugos e brácteas. Dentro desse processo de evolução, a seleção para grãos foi importante, pois foi possível observar que nem sempre um milho produtivo em grãos, seria adequado para produzir silagem. Esse raciocínio é fácil de ser compreendido quando consideramos que os demais componentes da planta representam entre 55 a 70% de sua composição, e que interferem consideravelmente no consumo e no desempenho animal.

Os grãos são mais digestíveis do que outras frações da planta como a folhas e o colmo e, por isso, recomenda-se híbridos com boa produção de grãos para a silagem. O grão é rico em amido, e o aumento do teor de amido na silagem eleva a densidade energética, e pode impactar na redução dos custos com alimentação, devido à possibilidade de redução na compra de alimentos energéticos na forma de concentrados para balanceamento das dietas (SIQUEIRA; BERNARDES, 2013; SILVA, 1998). Além disso, sua participação na estrutura da planta está atrelada ao aumento do potencial de produção de matéria seca (NEUMANN, 2011).

No entanto, as correlações entre as participações de grãos na estrutura da planta e a qualidade da silagem resultante, são inconstantes. Alguns trabalhos apontam correlações negativas entre a participação de grãos na planta e a digestibilidade de fração fibrosa (LAUER et al., 2001; SILVA, 1998). Segundo Silva (1998), quanto maior a proporção de espigas na matéria seca da planta, menor a concentração de carboidratos não estruturais nos componentes colmo e folha, e também menor a digestibilidade ruminal dos mesmos.

Diante disso, fica evidente a importância de considerar outras características agronômicas, além da porcentagem de grãos, nos programas de seleção de híbridos, principalmente no tocante à digestibilidade da planta, a qual está correlacionada com o teor de lignina (JÚNIOR, et al. 2013). A digestibilidade da forrageira, em especial da fibra, é um fator

determinante da eficiência produtiva, pois favorece aporte energético a um custo inferior, e maximiza o consumo alimentar, podendo refletir em aumento da produção de leite e da lucratividade.

Atualmente, a pesquisa avança na avaliação de diversos híbridos comerciais para produção de grãos que também apresentem características peculiares para produzir silagem de alto valor nutritivo e de qualidade. A busca é pela associação de produtividade por hectare, estabilidade produtiva, baixos teores e/ou maior digestibilidade de fibra, e otimização da resposta animal. Além do mais, dentro do melhoramento genético, com as técnicas de biotecnologia disponíveis, hoje é possível agregar atributos aos híbridos por meio da seleção e adição de genes. Ferramentas como essas permitem a produção de lavouras mais resistentes a pragas e doenças, mais produtivas, e com incrementos na qualidade nutricional (NEUMANN, 2011).

2.2 Valor nutricional de plantas forrageiras

2.2.1 Carboidratos em plantas forrageiras

As gramíneas e leguminosas forrageiras são componentes predominantes na dieta dos bovinos, seja na forma de pastagens ou na forma de material conservado. São constituídas de 50 a 80% por carboidratos e, por isso, se caracterizam como fonte de energia para ruminantes. Por serem alimentos com alto teor de fibra, são indispensáveis para a manutenção da saúde e do funcionamento ruminal (PEREIRA, 2013; VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos, chamados também de glicídeos ou açúcares, são moléculas orgânicas formadas principalmente por carbono, hidrogênio e oxigênio, e representam a fonte primária de energia para os microrganismos do rúmen. A fermentação dos carboidratos realizada por esses microrganismos, produz ácidos graxos de cadeia curta que são utilizados para atender grande parte da exigência energética diária dos ruminantes. (RECH et al., 2013).

Em relação à localização na célula vegetal, eles podem ser divididos em carboidratos estruturais (CE) e carboidratos não estruturais (CNE) (VAN SOEST, 1994). Os CE são responsáveis pela manutenção da estrutura da planta e se distribuem nas camadas da parede celular. Os CNE geralmente são intermediários de rotas metabólicas, representando fonte e reserva de energia à célula da planta e são encontrados principalmente no conteúdo celular.

Celulose, hemiceluloses e pectina são exemplos de CE. A celulose, principal polissacarídeo da parede celular, é um homopolímero de glicose com ligações β 1-4, que se organiza em microfibrilas unidas por uma matriz glicoproteica. As hemiceluloses são

heteropolímeros compostos pelos monossacarídeos manose, galactose, ácido glicurônico, arabinose e xilose, e estão distribuídas entre as microfibrilas de celulose. A pectina, assim como as hemiceluloses, é um heteropolímero formado por ácido galacturônico, ramnose, galactose e arabinose, e também está associada ao arranjo de microfibrilas e matriz glicoproteica (KOZLOSKI, 2011; PEREIRA, 2013; RECH, 2013).

Os CNE são representados pelos açúcares solúveis, pelo amido e pelos frutanos. Os açúcares solúveis compreendem açúcares mais simples como os monossacarídeos e oligossacarídeos (carboidratos formados por 2 a 10 monossacarídeos), e são rapidamente utilizados pelos microrganismos ruminais para a síntese de polímeros associados à parede celular ou no processo metabólico fermentativo (KOZLOSKI, 2011). Os principais monossacarídeos encontrados nas plantas são as pentoses (xilose e arabinose) e as hexoses (glicose, frutose, manose, galactose, ramnose, ácido galacturônico e ácido glicurônico). E os principais oligossacarídeos são a sacarose, a rafinose e a estaquiose (PEREIRA, 2013).

O amido, principal polissacarídeo armazenado nos grãos, colmos e folhas de leguminosas e gramíneas tropicais, é um homopolímero de glicose que pode se apresentar sob as formas de amilose ou amilopectina. O polímero de amilose é linear e contém no máximo 2.000 moléculas de glicose com ligações α 1-4. O polímero de amilopectina é ramificado, e contém de 2.000 a 220.000 unidades de glicose com ligações α 1-4, e esporádicas ligações α 1-6. (NUSSIO; CAMPOS; LIMA, 2011; PEREIRA, 2013).

O frutano é um polissacarídeo composto quase que exclusivamente por frutose, e se apresenta sob as formas levana e inulina. A levana apresenta ligações β 2-6, e a inulina β 2-1. O frutano é um composto de reserva energética, que se distribui em vários locais da planta, específico de gramíneas temperadas (PEREIRA, 2013).

De maneira geral, os teores dos carboidratos presentes na parede celular (CE) são maiores do que os teores dos carboidratos do conteúdo celular (CNE). Diante disso, percebe-se a participação de destaque da parede celular entre os componentes da forrageira. Assim, uma forrageira com bom valor nutricional, será definida especialmente pela qualidade dos constituintes de sua parede celular, ou seja, em função da qualidade da fibra, que pode variar em função da espécie forrageira, do cultivar e do estágio de desenvolvimento da planta (NEUMANN, 2011).

2.2.2 Digestibilidade dos carboidratos em plantas forrageiras

O rúmen é considerado um ambiente dinâmico e complexo que fornece condições ideais para a sobrevivência e crescimento de microorganismos, que atuam na degradação e fermentação dos carboidratos, produzindo energia aos ruminantes (KOZLOSKI, 2011).

A digestibilidade dos carboidratos está vinculada à capacidade que os microrganismos ruminais possuem de quebrar as ligações glicosídicas entre os monossacarídeos. Quanto mais acessível for a molécula de carboidrato ao aparato enzimático dos microrganismos, maior será a sua degradação e utilização. Essa capacidade é determinada, em parte, por características específicas de cada carboidrato. Entre essas características podemos citar força de ligação molecular, conformação, alongamento, ramificações, hidrofobicidade, e associações a compostos que limitam a digestão. Por isso, açúcares mais simples são rapidamente degradados, enquanto polissacarídeos requerem um tempo maior para serem degradados a açúcares simples e então serem metabolizados ou absorvidos pelo trato digestivo (PEREIRA, 2013).

Considerando esses pressupostos, os carboidratos podem então ser divididos de acordo com a taxa de digestão no ambiente ruminal. Os carboidratos que apresentam lenta digestão no rúmen, são classificados como carboidratos fibrosos (CF), e são representados pela celulose e hemiceluloses, ambos componentes da parede celular. Os CF são determinados quimicamente como fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). A FDN é predominantemente formada pela celulose e hemiceluloses, e também pela lignina, composto fenólico associado a esses carboidratos. Já os carboidratos de rápida digestão, são denominados de carboidratos não fibrosos (CNF), e desse grupo fazem parte os carboidratos do conteúdo celular (ácidos orgânicos, açúcares solúveis, amido, frutano) e a pectina, componente estrutural da parede celular. (PEREIRA, 2013; VAN SOEST, 1994).

2.2.3 Digestibilidade e consumo de plantas forrageiras

O desempenho animal é determinado principalmente pela quantidade de nutrientes digestíveis fornecidos na dieta. Essa quantidade será estabelecida pelo nível de consumo e pela digestibilidade dos alimentos consumidos (PEREIRA, 2013). Segundo Mertens (1994), as variações de desempenho são explicadas de 60 a 90% pelo consumo, e de 10 a 40% pela digestibilidade.

A digestibilidade e o consumo estão intimamente associados, de maneira que o aumento da digestibilidade afeta positivamente o consumo, e o aumento do consumo pode resultar em

redução da digestibilidade em função do aumento da taxa de passagem do alimento no rúmen. Considerando a predominância das forragens na dieta dos ruminantes, é necessário eleger forrageiras que apresentem boa digestibilidade a fim de maximizar o consumo e atingir ganhos em produção (JÚNIOR, et al., 2013; PEREIRA, 2013).

A qualidade de uma forragem está relacionada com a sua capacidade de proporcionar desempenho animal, ou seja, de estimular o consumo e disponibilizar energia digestível. (JÚNIOR, et al., 2013). Essa capacidade, por sua vez, é dependente da sua composição química, e dentre os componentes químicos, a fibra é o que mais exerce influência.

Como já mencionado anteriormente, a fibra forrageira é representada pelos carboidratos celulose, hemiceluloses, e também pela lignina, composto fenólico que interage com esses carboidratos na estrutura da parede celular. Forrageiras com alto teor de CF tendem a limitar o consumo de matéria seca, enquanto forragens com baixo teor potencializam o consumo. A relação negativa entre consumo e teor de CF é decorrente da limitação física no rúmen causada por esses carboidratos. Como os CF possuem baixa taxa de digestão, eles permanecem por mais tempo na digesta provocando um efeito de enchimento ruminal e estimulando a interrupção do consumo (ALLEN, 1996; CHIZZOTTI; CHIZZOTTI; 2013).

O consumo é regulado por outros fatores além da ação física da fibra sobre o rúmen, como ações hormonais e fatores metabólicos, e estes últimos exercerão maior interferência na regulação do consumo de dietas constituídas por alimentos mais digestíveis. Porém, em dietas com altos teores de fibra, o consumo será controlado basicamente pelo enchimento ruminal, principalmente se a fibra apresentar baixa digestibilidade (SILVA, 2011).

A digestibilidade, assim como a qualidade da planta forrageira, é estabelecida primeiramente por aspectos genéticos. A proporção, extensão, distribuição e arquitetura de seus tecidos, variam de acordo com a espécie e o cultivar forrageiro, e por isso o valor nutricional entre eles se difere. Cerca de 80 a 85% dos tecidos presentes na lâmina foliar de gramíneas temperadas, por exemplo, são rapidamente digeridos no ambiente ruminal, enquanto nas gramíneas tropicais esse valor é de 30 a 35% (CARVALHO; PIRES, 2008). Essa diferença na proporção de tecidos, explica em parte, a maior qualidade nutritiva das gramíneas temperadas. Os aspectos genéticos determinam também a presença de compostos antinutricionais que limitam a ingestão e a digestão das forragens, por afetarem a palatabilidade, serem tóxicos, e atuarem como barreira anatômica e estrutural da célula vegetal. Como exemplo destes fatores podemos citar os alcalóides, compostos fenólicos e as substâncias terpênicas (JÚNIOR, et al. 2013; PEREIRA, 2013).

Além da genética, o valor nutricional da forragem pode ser influenciado por outros fatores como características do solo, nível de adubação, condições climáticas, proporção das partes da planta, época de corte e estágio de maturação (NEUMANN, 2011; ZANINE et al., 2006). Os constituintes estruturais da planta e a concentração dos seus componentes químicos alteram de acordo com a idade, e por isso a sua qualidade não é constante. Na planta jovem a qualidade é alta, e com o amadurecimento ela decresce, reduzindo acentuadamente na fase reprodutiva. Esse declínio na qualidade e na digestibilidade é proveniente de eventos como diminuição da relação folha/colmo, maior requerimento energético destinado às estruturas reprodutivas, aumento do conteúdo de parede celular (CF), e alterações na sua composição, como aumento da concentração do composto fenólico lignina, principalmente nos tecidos vascular e esclerenquimático (CARVALHO; PIRES, 2008; JÚNIOR, et al., 2013; NEUMANN, 2011).

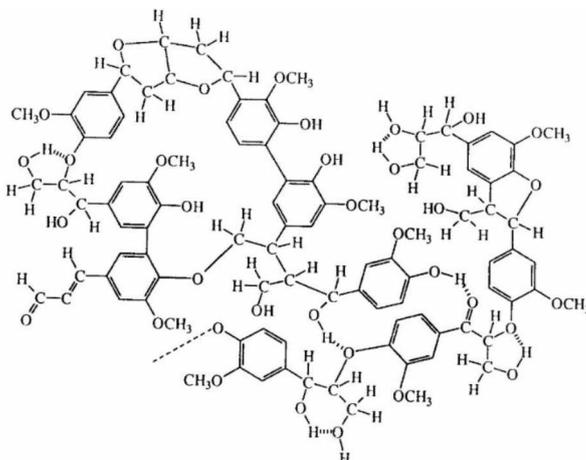
Através de análise de trabalhos publicados, Oba e Allen (1999) observaram que em dietas com teores semelhantes de FDN e proteína bruta, o aumento de uma unidade na digestibilidade *in vitro* ou *in situ* da FDN de forragens proporcionou aumento de 0,17 kg no consumo diário de matéria seca e 0,25 kg na produção de leite corrigido para 4% de gordura. Diante disso, a digestibilidade da fibra forrageira é um fator nutricional que precisa receber maior atenção nas propriedades leiteiras. A escolha de forrageiras mais digestíveis, seja para pastejo ou para confecção de alimentos conservados, e a adoção de práticas de manejo mais assertivas, propiciam o fornecimento de um alimento de melhor qualidade ao animal, refletindo em melhorias na produtividade de leite.

2.3 Híbridos de milho BMR para confecção de silagem

2.3.1 Lignina como fator antinutricional

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem variedade estrutural e funcional, se encontram na forma simples ou em forma de polímeros, e são originados do metabolismo secundário das plantas. A lignina, segundo polímero mais abundante na natureza, é um composto fenólico formado por polímeros ramificados de fenilpropanoides que são sintetizados a partir do aminoácido fenilalanina (ANGELO; JORGE, 2007; FERREIRA, 2016; TAIZ; ZEIGER, 2017). A Figura 1 demonstra o arranjo estrutural da lignina.

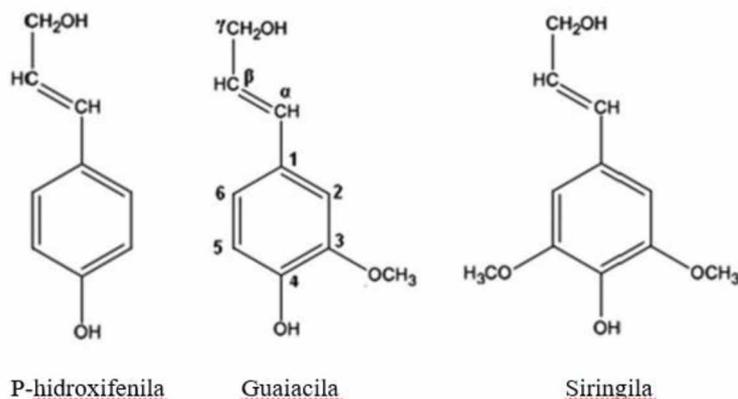
Figura 1 – Lignina.



Fonte: Meldau (2009).

A lignina é sintetizada pela via fenilpropanóide, sendo composta basicamente por três unidades fenóis monoméricas: p-hidroxifenila (H), guaiacila (G) e siringila (S), que são originadas dos álcoois cumaril, coniferil e sinapil, respectivamente. O monômero H não possui o grupo metoxi (-O-CH₃) em sua estrutura molecular, enquanto o monômero G o apresenta no C3, e monômero S em C3 e C5, como demonstra a Figura 2 (DIXON et al., 2001).

Figura 2 – Unidades monoméricas da lignina.



Fonte: Adaptado de Bose et al. (2009)

A proporção dos monômeros de lignina se altera em função da espécie forrageira, do tecido vegetal de origem, e também do estágio de maturação do mesmo, e isso pode influenciar consideravelmente a digestibilidade da forrageira, devido às peculiaridades de cada monômero (FERREIRA, 2016; RIBAS, 2010). O monômero G, por ser um polímero ramificado, possui

menor impacto negativo sobre a degradabilidade, do que o monômero S. De acordo com Jung e Casler (1991), a redução do valor nutricional da planta com a sua maturação, pode ser explicada pelas mudanças na proporção de G/S. Nas leguminosas forrageiras, a lignina é formada pelas unidades G e S, enquanto nas gramíneas a unidade H também participa dessa constituição. Além da variação estrutural desse composto, as diferentes intensidades de ligação que ele realiza com os carboidratos da parede celular, provoca variações sobre a degradação e o aproveitamento de energia pelos animais (VANHOLME, et al., 2010).

A lignina faz ligações covalentes cruzadas do tipo éter e éster entre os polissacarídeos da parede celular vegetal, conferindo rigidez, suporte mecânico e impermeabilidade à planta, e atuando como barreira contra patógenos e pragas (GOMES et al., 2009). No entanto, a interação da lignina com os carboidratos de parede celular limita o processo de digestão ruminal, e de acordo com Van Soeste (1994), esse é o fator que mais interfere na digestibilidade da planta forrageira.

A limitação da degradação dos carboidratos fibrosos ocasionada pela lignina acontece através de diferentes mecanismos. A ligação entre esses componentes restringe o acesso das enzimas fibrolíticas dos microrganismos aos carboidratos fibrosos, causando um impedimento físico da digestão. Os monômeros fenólicos liberados durante a digestão da parede celular, podem inibir a atividade microbiológica devido a efeitos de toxicidade. Além disso, sabe-se que, a hidrofobicidade dos polímeros de lignina prejudica também a atuação das enzimas hidrofílicas (JÚNIOR et al., 2013; PACIULLO et al., 2001).

O processo de maturação da planta é acompanhado pelo aumento no grau de lignificação da parede celular, de maneira que, quanto mais madura, maior será a influência sobre a digestibilidade da fibra. Porém, a relação entre o teor de lignina e a digestibilidade, varia entre as forrageiras. As leguminosas, por exemplo, podem apresentar maior teor de lignina do que as gramíneas em um mesmo estágio de maturação, e mesmo assim serem mais digestíveis. Esse fato relaciona-se com diferenças histológicas, diferenças de composição da lignina e de interação lignina/polissacarídeo existentes entre as duas famílias (FERREIRA, 2016; JÚNIOR, et al., 2013; PEREIRA, 2013; VAN SOEST, 1994).

Em virtude do impacto negativo da lignina no processo de digestão ruminal, o entendimento desse fator antinutricional se tornou alvo de estudos. O conhecimento sobre sua estrutura, função e processo de biossíntese, permitiu desenvolver tecnologias que vão em busca de melhorias da digestibilidade e da qualidade da planta. A manipulação do teor de lignina,

assim como de sua composição, é uma tecnologia do melhoramento genético que contribui para esse alcance.

2.3.2 Mutação BMR

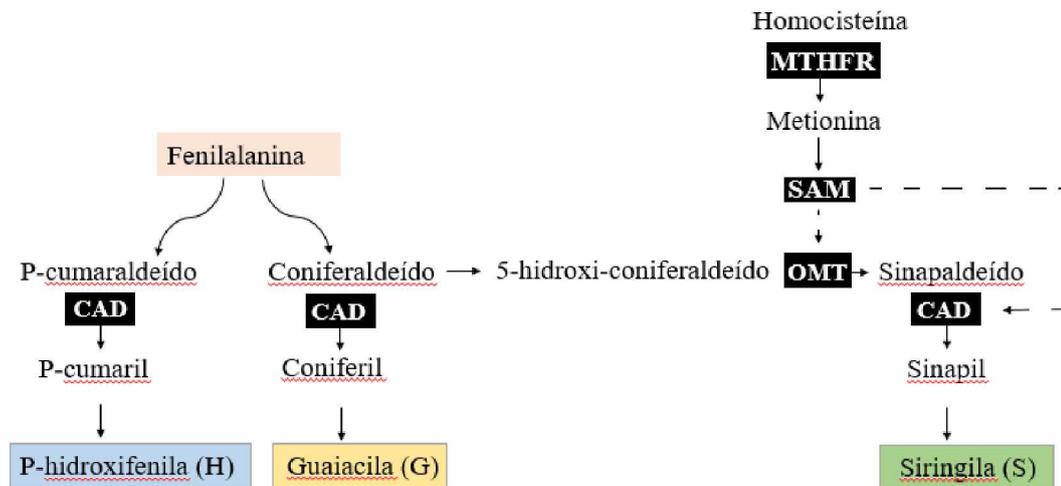
A qualidade da forragem é determinada por fatores genéticos além de fatores como fertilidade de solo, condições climáticas e práticas de manejo. Com o desenvolvimento da biotecnologia ampliaram-se as possibilidades das empresas de melhoramento para ofertarem sementes inovadoras destinadas à produção de forrageiras com melhor valor nutricional. Como exemplo, podemos citar os híbridos de milho para silagem BMR (*brown-midrib* – nervura central marrom), que vem ganhando espaço no mercado leiteiro (NEUMANN, 2011; FERREIRA, 2016).

As plantas mutantes BMR possuem maior digestibilidade da parede celular vegetal por apresentarem redução no conteúdo de lignina e alterações na composição monomérica desse polímero. Assim, os híbridos BMR possuem elevado valor nutricional e potencial para otimizar o consumo de matéria seca e de energia, contribuindo com o desempenho animal (VANDERWERF; FERRARETTO; SHAVER 2015).

A primeira mutação BMR ocorreu de forma espontânea em uma planta de milho em 1924, em Sain Paul, Minnestoa, EUA. Foi observado que as plantas mutantes apresentavam menor teor de lignina em relação aos seus pares isogênicos convencionais. Além disso, notou-se que as mesmas possuíam uma alteração fenotípica de pigmentação vermelho amarronzada na nervura central das folhas e também nos colmos, e por isso a denominação de BMR – *brown midrib* (nervura central marrom) (BROWN, 2015; FERREIRA 2016; SOETRISNO, 2010). A partir desse ocorrido, a biossíntese da lignina passou a ser alvo de estudo a fim de avançar no desenvolvimento de plantas de milho mutantes.

Trabalhos na literatura mostram que os genes responsáveis pelas mutações BMR reduzem a atividade das enzimas que atuam no processo de biossíntese da lignina (LI et al., 2015; SATTER et al., 2014). Segundo Ali et al. (2010), foram identificados seis *loci* distintos ligados à mutação BMR, e estes foram descritos como bm1, bm2, bm3, bm4, bm5 e bm6. A Figura 6 representa resumidamente a via de biossíntese da lignina.

Figura 3 – Biossíntese da lignina.



Fonte: Adaptado de Sattler (2010); Tang et al., (2013).

Os locis *bm4*, *bm5* e *bm6* ainda não possuem seus efeitos bem esclarecidos. Porém, há relatos na literatura das ações dos locis *bm1*, *bm2* e *bm3* (ALI et al., 2010; BARRIÈRE, 2004; BOERJAN et al., 2003; HALPIN et al., 1998; MARITA et al., 2003; SATTLER, 2010; TANG et al., 2014; VERMERRIS et al., 2010). O loci *bm1* é responsável por reduzir a produção da enzima cinamil-álcool-desidrogenase (CAD). Essa enzima catalisa a redução dos aldeídos p-cumaraldeído, coniferaldeído e sinapaldeído aos álcoois p-cumaril, coniferil e sinapil respectivamente, os quais por sua vez serão transformados nos monômeros fenólicos H, G e S. Dessa forma, com a atuação do loci *bm1* a concentração dos monômeros de lignina e a concentração de lignina total serão reduzidas. Em contrapartida, haverá acúmulo dos aldeídos, e estes se incorporam ao polímero de lignina e conferem a cor amarronzada nos tecidos lignificados. A enzima S-adenosilmetionina (SAM), sintetizada a partir do aminoácido metionina, age como cofator de reações de metilação no processo de síntese dos monômeros de lignina. Assim, quando a sua síntese ou a sua degradação são afetadas, ocorrerão alterações na produção desses monômeros. O loci *bm2* codifica uma enzima chamada metilnotetrahidrofolato redutase (MTHFR) que atua na síntese de SAM. Nos híbridos mutantes *bm2*, a síntese de MTHFR é afetada, e conseqüentemente a produção de SAM é reduzida. Como resultado, a produção dos monômeros G e S, assim como a concentração total de lignina, reduzirão. Por sua vez, o loci *bm3* causará a deficiência da enzima O-metiltransferase (OMT), que atua nas fases finais da síntese de lignina, transformando

sinapaldeído no monômero fenólico S. Como resultado, tem-se uma diminuição acentuada do monômero S, além de reduções no conteúdo de ácido p-cumárico e ferrulatos.

A regulação dos genes que participam da via biossintética da lignina permite o desenvolvimento de plantas transgênicas com maior potencial de uso em sistemas de produção de corte e de leite, devido às melhorias conferidas à digestibilidade (BEVILAQUA, 2017; FERREIRA, 2016; NEUMANN, 2011). He et al. (2003) promoveram a inibição da enzima OMT, e observaram redução de até 31% no teor de lignina e aumento de 7,4% na digestibilidade *in vitro* do colmo de plantas de milho mutantes quando comparadas às convencionais. Fornalé et al. (2012) relataram alterações na composição monomérica da lignina, com redução do monômero S e aumento dos monômeros G e H, e aumento da digestibilidade, através da inibição da enzima CAD em milhos transgênicos. Oba e Allen (2000) comparando o milho mutante bm3 ao seu par isogênico convencional, observaram para o milho mutante menores teores de FDN (41,4% x 42,9%), de FDA – fibra insolúvel em detergente ácido - (20,2% x 22,4%) e de lignina (1,3% x 2,0%). Além disso, este também apresentou maior digestibilidade *in vitro* da MS (83,3% x 78,2%) e da FDN (46,5% x 53,3%). Halpin et al. (1998) observaram redução da atividade da enzima CAD em plantas mutantes bm1 em todos os estágios de seu desenvolvimento. Como resultado, elas apresentaram redução significativa da produção dos monômeros G e S (65% inferior aos híbridos normais), e do teor de lignina. Elbing e Kung Jr (2004), analisando o valor nutricional de silagens de milho convencional e mutante, identificaram redução de 65% no teor de lignina na silagem de milho mutante, o que proporcionou maior degradação *in situ* da FDN (54% x 39%). Ferrareto et al. (2015) observaram maior digestibilidade de FDN de silagens de milho BMR quando comparadas a silagens “*floury-leafy*”, o que refletiu em aumento de 1,7 kg/dia de ingestão de matéria seca pelas vacas que receberam essa dieta. Lim, Nestor Jr e Kung Jr (2015) encontraram também maior digestibilidade de FDN de silagem de milho BMR (62,8%) em comparação com silagem de milho convencional (52,2%). Além disso, a silagem BMR apresentou menor teor de lignina (2,19% x 3,09%).

O desenvolvimento de plantas mutantes BMR deve ser cauteloso, pois a planta que apresenta a síntese de lignina alterada é suscetível à perda da capacidade de suporte e da auto defesa contra pragas e doenças. No entanto, existem vias alternativas de síntese que minimizam esses riscos. Além disso, deve-se considerar que a planta mutante pode apresentar outras alterações como redução da produtividade, e esse impasse criou resistência em sua comercialização (BARRIERE et al., 2004). Lewis et al. (2004) avaliaram a produtividade de

matéria seca de híbridos de milho para silagem. Para o híbrido mutante o valor foi de 12,4 toneladas de MS/ha, e para o híbrido convencional 14,2 toneladas de MS/ha. Li et al. (2008) também observaram redução da biomassa em milhos BMR, além da redução do tamanho de espigas e da resistência a patógenos. Ferreira et al. (2020) encontraram maior produção de biomassa para híbrido de milho para silagem convencional do que para o híbrido mutante BMR (22,5 e 18,9 tonelada de MS/ha respectivamente).

Apesar dos registros de redução de produtividade, é válido ponderar os ganhos em digestibilidade da fibra. Dessa forma, lavouras de híbridos de milho mutantes podem apresentar menor produção de MS, mas em contrapartida, apresentarem também maior produção de MS digestível (FERREIRA, 2016). Por isso a importância de avaliar os efeitos agronômicos dos híbridos de milho mutantes para silagem, assim como, os efeitos nutricionais e de desempenho animal.

2.3.3 Silagem de milho BMR e desempenho de vacas leiteiras

Altos níveis de produção de leite são alcançados com a utilização de forragens de alta qualidade associadas aos componentes complementares da dieta. A exploração da qualidade da fibra tornou-se crucial para o incremento da produção de leite, e a produção de híbridos de milho específicos para silagem ganhou espaço no mercado agropecuário (MOREIRA et al., 2003). A utilização de híbridos de milho BMR para silagem apresenta bom potencial, principalmente pelos ganhos em consumo e em digestibilidade da MS.

Oba e Allen (1999), fornecendo dietas com proporção volumoso/concentrado de 56/44, observaram produção de 41,59 kg/leite/dia para as vacas alimentadas com dieta contendo silagem de milho BMR (mutação bm3), e de 38,82 kg/leite/dia para as vacas alimentadas com silagem de milho convencional. Barrière et al. (2004) avaliaram a silagem de um híbrido de milho mutante bm3 com silagens de cinco híbridos isogênicos normais. Os animais que receberam a silagem bm3 tiveram aumento no consumo de matéria seca e na produção de leite de 10,5% e 7,03%, respectivamente, em comparação aos animais que receberam as silagens de híbridos isogênicos normais. Elbing e Kung Jr (2004) trabalharam com silagem de milho convencional e de milho mutante, e relataram aumento da ingestão de matéria seca e da produção de leite para vacas do grupo mutante. A produção de leite foi equivalente a 44,3 kg de leite/dia para vacas recebendo silagem mutante, e 41,4 kg leite/dia para vacas recebendo silagem convencional.

Lim, Nestor Jr e Kung Jr (2015) avaliando dietas com 35% de silagem de milho convencional ou 35% de silagem de milho BMR, encontraram maior produção em vacas recebendo silagem de milho BMR, com incremento diário de 2,2 kg de leite. Ferrareto et al. (2015) também observaram um aumento na produção diária de leite de 2,2 kg em vacas alimentadas com silagem BMR quando comparadas às vacas alimentadas com silagem de milho “*floury-leafy*”. Barrière (2017) analisou resultados de trabalhos que avaliaram consumo e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho mutante BMR, e observou aumento na IMS e na produção de leite na ordem de 1,16 e 1,26 kg/vaca/dia, respectivamente. Hassanat, Gervais e Benchaar (2017), em experimento com vacas alimentadas com silagem de milho convencional ou silagem de milho BMR, também encontraram aumento de 1,6 kg/IMS/dia e de 3,0 kg/leite/dia em vacas recebendo silagem BMR.

Com esses resultados, é possível verificar que a inclusão de híbridos com qualidade de fibra na dieta contribui de fato com o consumo e com a produção de leite das vacas. No entanto, estudos do fornecimento de milho BMR para vacas leiteiras em condições tropicais são escassos. Assim, é necessária a continuidade de pesquisas que avaliem o desenvolvimento de híbridos BMR, assim como, o efeito de sua utilização na dieta dos animais e os reais benefícios advindos dessa prática.

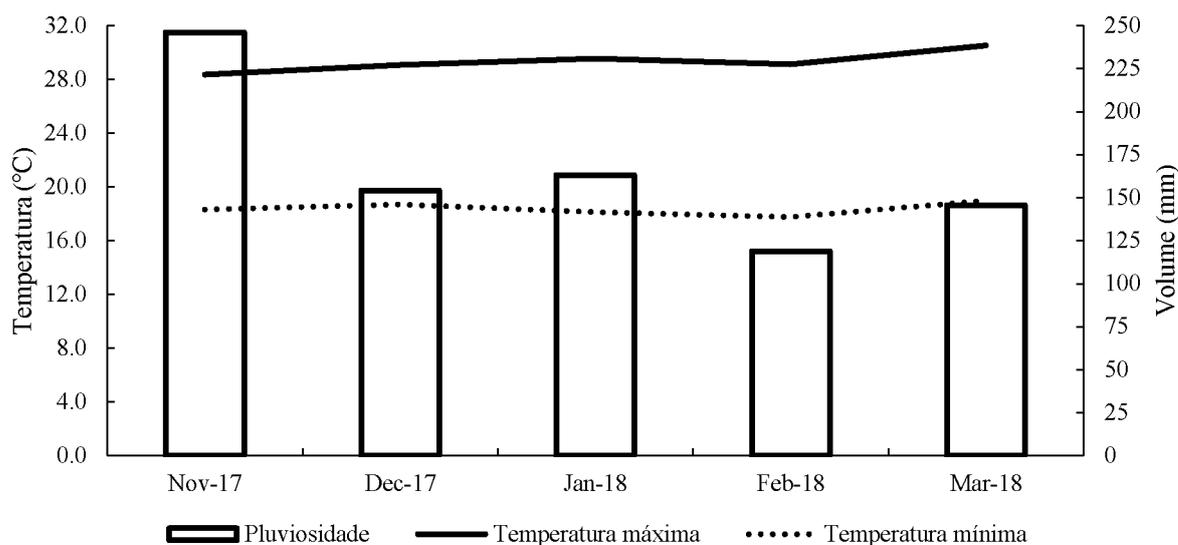
3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Uberlândia, sob protocolo nº 035/18.

3.1 Local e período experimental

A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, nas coordenadas geográficas 48° 12' 54"S, 18° 56' 53" W e 910 metros de altitude. As lavouras foram estabelecidas em solo classificado como Latossolo Vermelho Mesotrófico. Os dados de pluviosidade e temperatura durante o estabelecimento e crescimento das lavouras são apresentados na Figura 4.

Figura 4. Pluviosidade e temperatura durante o desenvolvimento das lavouras



3.2 Material genético avaliado

Foram avaliados 2 híbridos comerciais e um híbrido experimental de nervura marrom - *brown midrib*-bm3 (Tabela 1).

Tabela 1 - Características genóticas dos híbridos de milho

Característica	BMR-3 (Híbrido experimental bm3)	H1 (B2688PW)	H2 (30F35VYHR)
Ciclo	Precoce	Precoce	Precoce
Uso	Silagem	Grãos e silagem	Grãos e silagem
Graus-dia	900	808	910
Textura do grão	Semi-dentado	Semi-duro	Semi-duro
Yield Gard®			X
Yield Gard™ VT PRO™	X	X	
Herculex®	X	X	X
Agrisure Viptera®			X
Liberty Link®	X	X	X
Roundup Ready®	X	X	X

3.3 Plantio, manejo agrônômico e ensilagem

Os híbridos foram plantados em novembro de 2017 via plantio direto. Utilizou-se semeadora mecânica, com profundidade de deposição de semente regulada para 40 mm de profundidade. Durante o plantio, foram aplicados 450 Kg/ha do adubo na fórmula 03-21-21. A adubação de cobertura foi realizada nos estágios V1 (200Kg/ha de ureia + 120 Kg/ha de KCl), V3 (200 Kg/ha de ureia) e V5 (100 Kg/ha de sulfato de amônio). Na condução da cultura, foram

aplicados 250 mL/ha de Nicossulfuron, 5 L/ha de Atrazina, 240 mL/ha de Tembotriona, 300 mL/ha de Azoxistrobina+Ciproconazol, 3,0 Kg/ha de Mancozebe, 3,0 Kg/ha de Casugamicina e 1,0 L/ha de Tiofanato Metílico.

A colheita foi realizada nos dias 09 e 10 de março 2018, com colhedora de forragem autopropelida John Deere modelo 8300, regulada para tamanho de corte de 12 mm, com processador de grãos (cracker) e altura de corte de 0,3 m.

Cada híbrido foi ensilado em um silo de superfície e vedado com filme de barreira de oxigênio de 45 µm (Silostop® Black) e manta protetora anti-UV.

Após 117 dias de fermentação, os silos foram abertos e iniciou-se o ensaio com animais.

3.4 Delineamento e dietas experimentais

Foram utilizadas 12 vacas mestiças (3/4 e 7/8 Holandês x Gir) com $1,8 \pm 0,8$ partos, peso vivo de $548,8 \pm 73,7$ Kg e $85,9 \pm 30,2$ dias de lactação. Os animais foram mantidos em baias individuais com dimensões de 4 metros de largura e 6 metros de comprimento, dotadas de cocho e bebedouro individuais e sombra artificial.

O experimento foi realizado em delineamento em quadrado latino 3x3. Quatro quadrados foram montados com base no estágio de lactação, produção de leite e ordem de parto. Dentro de cada quadrado, as vacas foram aleatoriamente distribuídas para uma das três dietas experimentais (BMR, H1 e H2). Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e 7 dias de coletas de dados e amostras.

As dietas foram balanceadas segundo *National Research Council* (2001) para atender os requisitos de vacas em lactação com 550kg de PV, produzindo 32 kg de leite por dia com 4,0% de gordura e 3,3% de proteína. As dietas foram isoproteicas e iso PDR (proteína degradável no rúmen). A composição química das silagens e das dietas estão apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Composição química das silagens

Item	BMR-3	H1	H2
MS ¹	31,14	35,50	39,57
MM ²	3,23	2,89	2,86
PB ²	10,13	9,24	8,01
FDN _{cp} ²	49,23	40,16	37,73
FDA ²	27,75	21,68	29,57
LIG ²	3,21	3,14	4,44
EE ²	3,46	4,80	3,61
CNF ²	33,95	42,91	47,79

Distribuição das partículas da dieta oferecida, % MN

> 19 mm	2,0	5,0	5,0
8-19 mm	70,0	71,0	68,0
4-8 mm	18,0	16,0	18,0
< 4 m,	9,0	8,0	8,0

¹⁰% matéria natural; ²⁰% matéria seca; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina; EE = extrato etéreo; CNF = carboidrato não fibroso; MN = matéria natural.

Tabela 3. Dietas experimentais

Ingrediente (% MS)	BMR-3	H1	H2
Silagem de milho	59,81	58,45	59,07
Milho moído	11,52	11,60	10,62
Polpa cítrica	4,09	4,09	4,09
Caroço de algodão	6,45	6,45	6,45
Farelo de soja	10,47	12,25	12,50
<i>Soypass</i>	4,01	3,51	3,62
Núcleo mineral ¹	2,62	2,62	2,62
Bicarbonato de sódio	1,03	1,03	1,03

¹ 19,27 % Ca, 4,20 % P, 0,95 % Mg, 2,65% S, 5,5 mg Co/kg, 520 mg Cu/kg, 1.128 mg Mn/kg, 2.151,5 mg Zn/kg, 13,5 mg Se/kg, 22,0 mg I/kg, 180 KUI Vitamina A/kg, 50 KUI Vitamina D/kg, 1.600 UI Vitamina E/kg. MS = matéria seca.

Tabela 4. Composição química das dietas

Item	BMR-3	H1	H2
MS ¹	39,02	45,00	47,99
MO ²	93,70	93,76	94,05
PB ²	15,26	15,24	15,10
FDNcp ²	39,61	38,20	39,10
FDNf ²	29,44	23,47	22,29
FDA ²	22,78	23,60	23,87
LIG ²	3,18	4,15	4,26
EE ²	4,03	4,35	4,62
CNF ²	34,80	35,97	35,08
Distribuição das partículas da dieta oferecida, % MN			
> 19 mm	2,96	3,64	3,27
8-19 mm	59,37	55,21	54,05
4-8 mm	14,77	16,16	15,33
< 4 m,	22,90	24,99	27,34

¹⁰% matéria natural; ²⁰% matéria seca; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para proteína; FDNf = fibra

insolúvel em detergente neutro da forragem; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina; EE = extrato etéreo; CNF = carboidrato não fibroso.

3.5 Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente total

Para a determinação do consumo foram registrados diariamente a dieta oferecida e as sobras, sendo essas recolhidas e pesadas antes do trato da manhã. Os animais foram arraçados três vezes ao dia (08:00, 12:00 e 16:00) e o fornecimento da dieta foi calculado para garantir entre 5 e 10% de sobras, sendo realizado ajuste da quantidade quando as sobras permaneceram abaixo ou acima da meta por três dias consecutivos.

Nos dias 4, 5 e 6 de cada período de coletas, foram realizadas amostragens da dieta oferecida, das sobras e das fezes. As fezes foram coletadas diretamente na ampola retal. O *pool* de cada amostra foi acondicionado em sacos plásticos e armazenado em freezer a -20 °C. Ao final do período de coleta, as amostras foram pré-secas em estufas de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. As amostras já pré-secas foram processadas em moinho com peneira de 1 mm.

Nas amostras processadas a 1 mm foram realizadas análises de matéria seca (MS) (INCT-CA, 2012; método G-003/1), cinzas (INCT-CA, 2012; método M-001/1), proteína bruta (PB) (INCT-CA, 2012; método N-001/1) e conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995); extrato etéreo (EE) (AOAC, 1995); fibra em detergente neutro (FDN) (INCT-CA, 2012; método F-001/1); proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (INCT-CA, 2012, método N-004/1); cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) (INCT-CA, 2012, método M-002/1); e (carboidratos não fibrosos (CNF) $(100 - (PB + FDN + EE + cinzas))$).

A excreção total de fezes foi estimada através da concentração do indicador interno de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Para avaliação dos teores de componentes indigestíveis, a fração das amostras da dieta oferecida, das sobras e das fezes foram processadas em peneira de 2 mm e acondicionados em sacos de tecido não-tecido (TNT – 100 g/m²) com dimensões de 4 × 5 cm. As amostras foram acondicionadas na proporção de 20 mg de MS/cm² de superfície (NOCEK, 1988) e incubadas por 240 horas no rúmen (CASALI et al., 2008), de um bovino canulado e previamente adaptado com concentrado e silagem de milho.

Após a retirada do rúmen, os sacos foram lavados com água corrente até total clareamento e imediatamente transferidos para estufa de ventilação forçada (60 °C), onde

permaneceram por 72 horas. Os resíduos da incubação foram analisados quanto a concentração de FDNi, segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002).

3.6 Comportamento ingestivo

Para avaliação do comportamento ingestivo, as vacas foram submetidas à observação visual a cada 10 minutos durante período de 24 horas ininterruptas, no dia 6 de cada período experimental. Durante as observações foram coletadas informações para determinação do tempo de alimentação, ruminação e ócio, expressos em minutos.

3.7 Desempenho

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia (07:00h e 16:00h) em sistema de ordenha duplo-oito com medidores eletrônicos FI5 e frascos coletores FI5 (DeLaval®, Tumba, Suécia). A produção de leite foi determinada por três dias consecutivos em cada período experimental, iniciando-se no dia 2. Para a análise dos componentes foi coletada uma alíquota do leite proveniente da mistura proporcional das duas ordenhas diárias no 2º, 3º e 4º dia de cada período experimental.

As amostras de leite foram acondicionadas em frascos plásticos sob refrigeração com 2-bromo 2-nitropropano 1,3-diol na relação de 10 mg para 50 mL de leite, e enviadas, posteriormente, para a realização de análises no Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da Esalq/USP. A determinação das porcentagens de proteína total, gordura, lactose, sólidos totais e nitrogênio ureico foram realizadas com o uso da metodologia eletrônica (Bentley® Instruments, Chaska, Minnesota, USA).

A partir dos dados de composição do leite, a produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura (LCG3,5) conforme recomendado por Tyrrell e Reid (1965). A secreção diária de energia no leite (SE) foi calculada pela equação do NRC (2001):

$$SE=[(0,0929 \times \% \text{ gordura})+(0,0547 \times \% \text{ de proteína})+(0,0395 \times \% \text{ de lactose})] \times \text{kg de leite}$$

A produção de leite corrigida para energia (LCE) foi calculada pela equação abaixo, assumindo que o conteúdo de energia do leite com 3,7% de gordura, 3,2% de proteína e 4,6% de lactose é 0,70 Mcal/kg:

$$LCE=SE \div 0,70$$

Para determinar a eficiência de conversão de MS em leite, foi calculada a eficiência alimentar (EA) com a seguinte fórmula:

$$EA = \frac{\text{Produção de leite, Kg}}{\text{Ingestão de MS, Kg}}$$

3.8 Peso vivo e escore de condição corporal (ECC)

A determinação do peso vivo foi realizada por meio de balança, no 1º dia de cada período experimental. Neste mesmo dia, foi determinado o escore de condição corporal (ECC), sempre pelo mesmo avaliador. Esta avaliação foi realizada utilizando-se a escala de ECC com valores de 1 a 5 pontos, na qual 1 representa vacas muito magras e 5 vacas excessivamente gordas, classificadas a intervalos de 0,25 pontos (WILDMAN et al., 1982).

3.9 Parâmetros metabólicos

Cinco amostras de sangue foram coletadas na veia ou artéria coccígea de cada vaca, no dia 1 de cada período experimental. A primeira coleta foi realizada imediatamente antes do fornecimento da refeição do período da manhã, e as demais a cada 2 horas.

Previamente à coleta foi realizada assepsia do local com álcool iodado. O sangue foi colhido em três tubos do tipo Vacutainer®, sendo um com gel ativador de coágulo para análise de ureia, um com anticoagulante (EDTA 10%) para a dosagem de β -hidroxibutirato e ácidos graxos não esterificados, e outro com inibidor da via glicolítica (fluoreto de sódio a 12%) para a mensuração de glicose.

Após a coleta, os tubos foram acondicionados em caixas isotérmicas com gelo. Os tubos sem anticoagulante foram mantidos à temperatura ambiente por 1 hora para completar o processo de coagulação. No laboratório, os tubos foram centrifugados pelo tempo de 10 minutos a 5.000 rpm. Após a centrifugação o soro e o plasma foram separados, armazenados em eppendorfs, e congelados a -20 °C para posterior realização das análises.

3.10 Análises estatísticas

Os dados foram avaliados pelo teste de Lilliefors para verificação quanto à normalidade da distribuição e analisados empregando delineamento experimental em quadrado latino, utilizando-se quatro quadrados 3 x 3 para testar o efeito de híbridos de milho (n = 3) usados para produção de silagens. Significância estatística foi considerada quando $P \leq 0,05$ e, nesse caso, o teste de Fisher ($P < 0,05$) foi conduzido para a comparação das médias obtidas para os diferentes híbridos. Adicionalmente, a associação entre variáveis dependentes foi analisada pelo coeficiente de correlação de Pearson ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito do híbrido de milho sobre o consumo de matéria seca e nutrientes (Tabela 5). Os valores de IMS foram 25,11; 24,49 e 24,35 kg/dia para os híbridos BMR-3, H1 e H2, respectivamente.

Tabela 5. Efeito do híbrido de milho sobre o consumo de vacas leiteiras

Item	Híbrido			EPM	P-valor
	BMR-3	H1	H2		
Ingestão (Kg/d)					
MS	25,11	24,49	24,35	0,854	> 0,500
PB	3,88	3,81	3,78	0,148	> 0,500
FDN _{CP}	9,74	9,03	9,14	0,367	> 0,500
CNF	8,85	9,04	8,85	0,340	0,260
Ingestão (% PV/d)					
MS	4,26	4,13	4,11	0,111	> 0,500
FDN _{CP}	1,65	1,53	1,54	0,047	0,151

Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). EPM = erro padrão da média. MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN_{CP} = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; PV = peso vivo.

Castro et al. (2010), avaliando o consumo de vacas holandesas no início da lactação, observaram maior IMS (26,4 x 24,7 kg/dia) e de FDN (9,3 x 8,9 kg/dia) em animais recebendo silagem de milho BMR quando comparados aos animais alimentados com silagem de milho convencional, e atribuíram esses resultados à maior degradação da fibra e à maior taxa de passagem da digesta no rúmen. Stone et al. (2012) também encontraram maior IMS durante duas semanas antes do parto (14,3 x 13,2 kg/dia) e três semanas após o parto (20,1 x 18,1 kg/dia) para vacas holandesas alimentadas com silagem de milho BMR, em virtude da menor concentração de lignina da dieta e da maior digestibilidade *in vitro* da FDN. Moreira et al. (2003) relataram aumento da IMS de 1,9 kg/dia em vacas recebendo dieta com alta proporção de forragem (75:25) contendo silagem de milho BMR, em comparação a vacas recebendo dieta baseada em silagem de milho comum com a mesma proporção de forragem.

Genero et al. (2015), em experimento com silagem de milho BMR e silagem de milho convencional, relataram aumento da IMS de vacas do grupo BMR no início da lactação (26,34 x 24,84 kg/dia). Porém, ao final da lactação, os valores de IMS entre os grupos não se diferiram. Coons et al. (2019) encontraram maior IMS para vacas alimentadas com silagem de milho BMR

(28,0 kg/dia) em comparação às vacas alimentadas com silagem de milho convencional (26,8 kg/dia). Corroborando com o presente estudo, Akins e Shaver (2014) também não observaram diferenças na IMS de vacas recebendo silagem de milho “*dual-purpose*” ou silagem de milho BMR. Lim, Nestor Jr e Kung Jr (2015), avaliaram o consumo de vacas alimentadas com dietas constituídas por silagem de milho convencional ou por silagem de milho BMR, em diferentes proporções, e não encontraram diferenças na IMS apesar do menor teor de lignina (2,19 x 3,09%) e da maior digestibilidade *in vitro* de FDN (62,8 x 52,2%) do híbrido BMR.

Os diferentes resultados encontrados na literatura sobre o efeito da silagem de milho BMR no consumo animal, permitem perceber que o nível de IMS vincula-se a outros fatores, além do tipo de híbrido escolhido para a confecção da silagem. A interação da fibra da silagem com os demais componentes fibrosos da dieta, o balanceamento nutricional da dieta, o estágio de lactação, nível de produção e o manejo alimentar dos animais, são variáveis que podem exercer efeito sobre o consumo, e este então, será resultante da somatória desses efeitos.

Não houve efeito do híbrido de milho sobre a digestibilidade da MS, MO, PB e de CNF (Tabela 6). Entretanto, as dietas com os híbridos BMR-3 e H1 apresentaram digestibilidades da FDN semelhantes e superiores à das dietas com o híbrido H2.

Tabela 6. Efeito do híbrido de milho sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta

Item	Híbrido			EPM	P-valor
	BMR-3	H1	H2		
Digestibilidade (%)					
MS	64,38	65,10	60,36	1,595	0,162
MO	65,79	66,24	62,39	1,525	0,222
PB	63,71	67,97	62,71	1,839	0,174
FDN _{CP}	45,25 a	41,99 a	32,68 b	2,387	0,008
CNF	86,50	87,08	85,40	1,236	>0,500

Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). EPM = erro padrão da média. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN_{cp} = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para proteína; CNF = carboidrato não fibroso.

Como verificado na literatura, o híbrido BMR-3 demonstrou maior digestibilidade em relação a híbridos convencionais, especificamente em relação ao H2. Diferentemente do híbrido H1, o H2 foi colhido em estágio avançado de maturidade, o que pode ser verificado pelo maior teor de MS da silagem, e pode ter contribuído para o maior teor de lignina e menor digestibilidade da FDN. A semelhança na digestibilidade da FDN das dietas do híbrido BMR-

3 e H1, pode estar associado ao bom desempenho agrônômico e sanidade verificados para este último durante o crescimento das lavouras, que refletiu em teores próximos de lignina. Outro ponto importante refere-se ao fato de que no presente estudo, os híbridos avaliados não são linhagens isogênicas, diferentemente do que ocorre com outros estudos avaliando milho BMR. Neste caso, é possível que em alguma magnitude, os resultados encontrados estejam associados às diferenças entre os híbridos.

Oba e Allen (1999) encontraram maior digestibilidade *in vitro* de FDN para silagem de milho BMR em comparação à silagem do híbrido isogênico convencional (33,1 x 30,9%) . Ebling e Kung Jr (2004) verificaram que a silagem de milho BMR apresentou maior digestibilidade *in vitro* do que silagem de milho convencional 7511 (54,0 x 39,9%). Genero et al. (2015) também observaram maior valor de digestibilidade *in vivo* de FDN de dieta contendo silagem de milho BMR em relação à dieta contendo silagem de milho convencional (39,99 x 33,36%). Lim, Nestor Jr e Kung Jr (2015), avaliando dietas com diferentes proporções de forragem (35:65 ou 50:50), e diferentes híbridos de milho (convencional ou BMR), verificaram maior digestibilidade aparente total de FDN para as dietas que continham silagem de milho BMR. Akins e Shaver (2014) avaliando três tipos de híbridos de milho para silagem, relataram maior digestibilidade *in vitro* de FDN para a dieta com inclusão de silagem de milho mutante bm3. Em contrapartida, Hassanat, Gervais e Benchaar (2017) não encontraram maior digestibilidade da fibra em dietas contendo silagem de milho BMR quando comparada às dietas com silagem de milho convencional. Porém, estes autores observaram aumento da produção de leite assim como os trabalhos citados que encontraram maior digestibilidade nos tratamentos com silagem de milho BMR.

Dietas com fibras mais digestíveis possuem potencial para otimizar o consumo de matéria seca, fornecem maior aporte energético e incrementam a produção de leite. No entanto, os resultados na literatura sobre a relação entre digestibilidade de silagens de milho BMR e produção de leite são inconstantes. Ferrareto e Shaver (2015), através de uma meta-análise de trabalhos que avaliaram o efeito de diferentes tipos de híbrido para silagem sobre o desempenho de vacas leiteiras, observaram que o aumento em uma unidade percentual da digestibilidade *in vitro* de FDN refletiu em um aumento da produção de leite de 0,14 kg/dia. Refat e Yu (2016), revisando estudos publicados no periódico *Journal of Dairy Science* entre os anos de 1999 e 2010, observaram uma correlação não significativa entre a digestibilidade *in vitro* de FDN e a produção de leite. Essa variação de resultados ressalta a influência de outros fatores, além da digestibilidade da dieta, no consumo e na produção de leite dos animais. Esses fatores envolvem

as características fisiológicas e produtivas do animal, as condições ambientais, as práticas de manejo, e a forma como o experimento foi conduzido.

O híbrido de milho não influenciou a produção de leite corrigida para gordura e energia, assim como o teor e a produção de sólidos do leite. A eficiência alimentar também foi semelhante entre os híbridos de milho. Vacas alimentadas com a silagem do híbrido BMR-3 apresentaram menor valor de NUL (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito do híbrido de milho sobre o desempenho e eficiência alimentar de vacas leiteiras

Item	Híbrido			EPM	P-valor
	BMR-3	H1	H2		
Produção (Kg/d)					
Leite	32,96 a	33,08 a	31,20 b	0,552	0,030
LCG3,5	35,11	34,65	33,60	0,666	0,238
LCE	33,62	33,31	32,26	0,625	0,264
Gordura	1,29	1,25	1,24	0,022	> 0,500
Proteína	1,04	1,06	1,01	0,019	0,207
Lactose	1,48	1,49	1,41	0,028	0,066
Sólidos	3,81	3,80	3,66	0,065	0,163
Composição (%)					
Gordura	3,98	3,82	4,03	0,070	0,310
Proteína	3,20	3,21	3,25	0,046	> 0,500
Lactose	4,53	4,50	4,52	0,032	> 0,500
NUL (mg/dl)	11,55 b	12,91a	13,09 a	0,229	< 0,001
Eficiência (Kg/Kg)					
Leite/IMS	1,32	1,39	1,31	0,030	> 0,500
LCG3,5/IMS	1,42	1,46	1,43	0,065	> 0,500
LCE/IMS	1,36	1,41	1,37	0,063	> 0,500
PV (Kg)	589,25	588,58	588,00	13,644	> 0,500
ECC	3,04	3,06	3,04	0,044	> 0,500

Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). EPM = erro padrão da média. LCG3,5 = leite corrigido para gordura 3,5%; LCE = leite corrigido para energia; NUL = nitrogênio ureico do leite. IMS = ingestão de matéria seca; PV = peso vivo; ECC = escore de condição corporal.

A maior produção de leite para as vacas alimentadas com as silagens dos híbridos BMR-3 e H1, pelo menos parcialmente, pode estar associada à maior digestibilidade da FDN, uma vez que para a fração CNF não houveram diferenças. Uma possível explicação para o resultado do NUL seria o fato de o híbrido BMR-3 estar em um estágio de maturidade menos avançado

em relação aos demais, o que poderia refletir em maior degradação ruminal do amido e maior utilização do nitrogênio pelos microorganismos. Apesar de ter sido verificada semelhança na digestibilidade da CNF no trato digestivo total, é importante ressaltar que o intestino pode compensar parcialmente uma menor degradação ruminal do amido.

Oba e Allen (1999) verificaram incremento de leite de 2,6 kg/dia (leite corrigido para gordura) em vacas alimentadas com silagem de milho BMR (bm3) comparadas às vacas alimentadas com silagem de milho convencional, em dietas com teor de FDN e proporção de forragem equivalentes. Esses mesmos autores em outro estudo, avaliando o efeito de dietas com híbrido BMR ou com híbrido convencional em diferentes teores de FDN, 29 e 38%, observaram aumento da produção de leite de 3,4 e 3,3 kg/dia, respectivamente (OBA e ALLEN 2000). Moreira et al. (2003) relataram aumento de 2,0 kg de leite/vaca/dia para vacas recebendo dieta com silagem de milho BMR, com alta proporção de forragem (75:25), em relação às vacas recebendo dieta com silagem de milho convencional na mesma proporção. Elbin e Kung Jr (2004), observaram aumento de 2,9 kg de leite/dia para vacas alimentadas com silagem de milho BMR comparadas às vacas alimentadas com silagem de milho convencional 7511. Stone et al. (2012) relataram aumento na produção de leite de vacas recém paridas recebendo silagem BMR de 3,2 kg/dia. Akins e Shaver (2014), avaliando três híbridos de milho para silagem observaram maior produção de leite para vacas recebendo silagem BMR quando comparadas às vacas alimentadas com *dual-purpose* (40,7 x 38,8 kg/vaca/dia). Genero et al. (2015), avaliando vacas no início da lactação, identificaram maior produção de leite para vacas recebendo silagem de milho BMR do que para vacas recebendo silagem de milho convencional (38,35 x 35,44 kg/vaca/dia). Porém neste mesmo estudo, para vacas ao final da lactação, a produção de leite não diferiu entre os tratamentos. São muitos os trabalhos que encontraram aumento da produção de leite, entretanto, também é possível encontrar estudos que não relataram efeito positivo da silagem BMR sobre o desempenho de animal (CASTRO et al., 2010; FERRARETO et al., 2015; HOLT et al., 2013).

Resultados de composição do leite obtidos por Holt et al. (2003) e Moreira et al. (2003) corroboram com os resultados do presente estudo. Oba e Allen (1999) encontraram maiores produções de proteína (1,24 x 1,14 kg/dia) e gordura (1,42 x 1,33 kg/dia) para vacas alimentadas com silagem de milho BMR em relação às vacas alimentadas com silagem de milho convencional, apesar de os teores desses dois componentes terem sido semelhantes. Em um segundo estudo, esses mesmos autores observaram redução no teor de gordura do leite de vacas alimentadas com silagem de milho BMR em dieta com baixo teor de FDN (Oba e Allen, 2000).

Ferrareto et al. (2015), Genero et al. (2015), Hassanat, Gervais e Benchaar (2017) e Lim, Nestor Jr e Kung Jr (2015) observaram aumento da produção de proteína e redução no teor de gordura no leite de vacas que receberam silagem de milho BMR.

Semelhante ao obtido no presente estudo, Hassanat, Gervais e Benchaar (2017) relataram menores valores de NUL para vacas alimentadas com silagem de milho BMR em comparação às vacas alimentadas com silagem de milho convencional (15,8 x 19,2 mg/dl respectivamente). Neste mesmo sentido, Coons et al. (2019) relataram que vacas recebendo dieta com silagem de milho BMR apresentaram menor concentração de NUL em relação às vacas recebendo silagem de milho convencional (11,61 x 13,60 mg/dl). Segundo Holt et al. (2013), menores valores de NUL em vacas alimentadas com silagem de milho BMR estariam associados a uma maior digestibilidade dos carboidratos e maior eficiência de síntese de proteína microbiana.

Dados de eficiência alimentar de vacas recebendo silagem de milho BMR observados por Genero et al. (2015), Holt et al. (2003), Hassanat, Gervais e Benchaar (2017), Lim, Nestor Jr e Kung Jr (2015) corroboram com os dados desse estudo.

O comportamento ingestivo não foi influenciado pelo híbrido de milho (Tabela 7). Em média, os animais passaram 324,44; 518,61 e 596,94 minutos alimentando, ruminando e em ócio, respectivamente. As eficiência de ingestão e ruminação também foram semelhantes entre os híbridos de milho.

Tabela 8 – Efeito do híbrido de milho sobre o comportamento ingestivo de vacas leiteiras.

Item	Híbrido			EPM	P-valor
	BMR-3	H1	H2		
Tempo (min/d)					
Ingestão	325,83	323,33	324,17	14,184	> 0,500
Ruminação	503,33	528,33	524,17	16,504	> 0,500
Ócio	610,83	588,33	591,67	18,985	> 0,500
Eficiência					
Ingestão (g MS/min)	78,09	75,93	75,80	2,592	> 0,500
Ruminação (g FDN _{cp} /min)	30,29	27,98	28,49	1,051	0,316

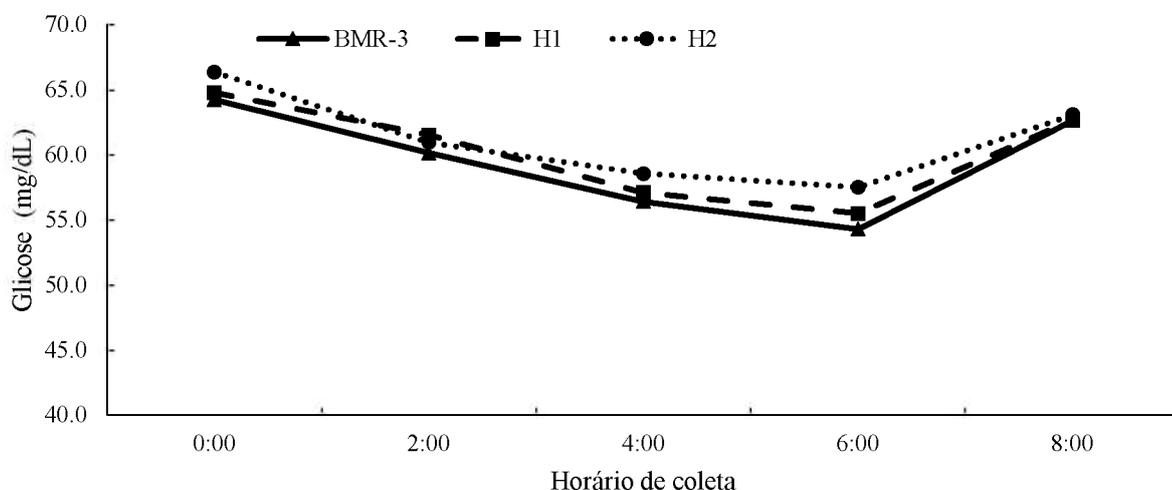
Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Fisher (P<0,05). EPM = erro padrão da média. MS = matéria seca; FDN_{cp} = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para proteína.

Dan et al. (2015) não encontraram diferenças no tempo de ingestão, ruminação e ócio de vacas alimentadas com dietas contendo silagem de milho convencional ou BMR, em

variadas proporções. Oba e Allen (2000b) relataram que dietas com silagem de milho convencional ou com silagem de milho BMR (bm3) não afetaram o tempo de ruminação, e concluíram que apesar da silagem BMR apresentar melhor digestibilidade de FDN, a efetividade da fibra não foi comprometida. No presente estudo, tal fato pode ser corroborado pela semelhança nos teores de gordura do leite, indicando manutenção do ambiente ruminal adequado mesmo com o aumento da digestibilidade da FDN.

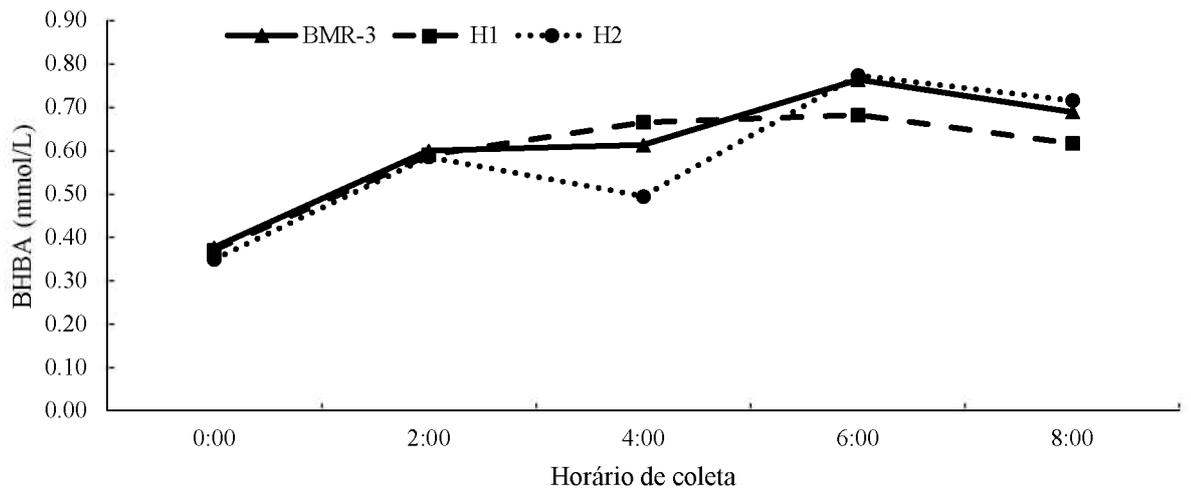
Os níveis sanguíneos de glicose e BHBA não foram influenciados pelo híbrido de milho (Figuras 4 e 5). Vacas alimentadas com silagens do híbrido H2 apresentaram níveis mais elevados de AGNE em relação às vacas alimentadas com silagens do híbrido H1 (Figura 6). Para o nível de ureia no sague, as vacas alimentadas com silagem do híbrido BMR-3 apresentaram menores valores em relação aos demais híbridos, que foram semelhantes (Figura 7). Este resultado juntamente com o menor valor de NUL, indicam maior digestibilidade dos carboidratos e/ou maior eficiência de síntese de proteína microbiana em vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho BMR.

Figura 4 – Efeito do híbrido de milho sobre a glicemia de vacas leiteiras.



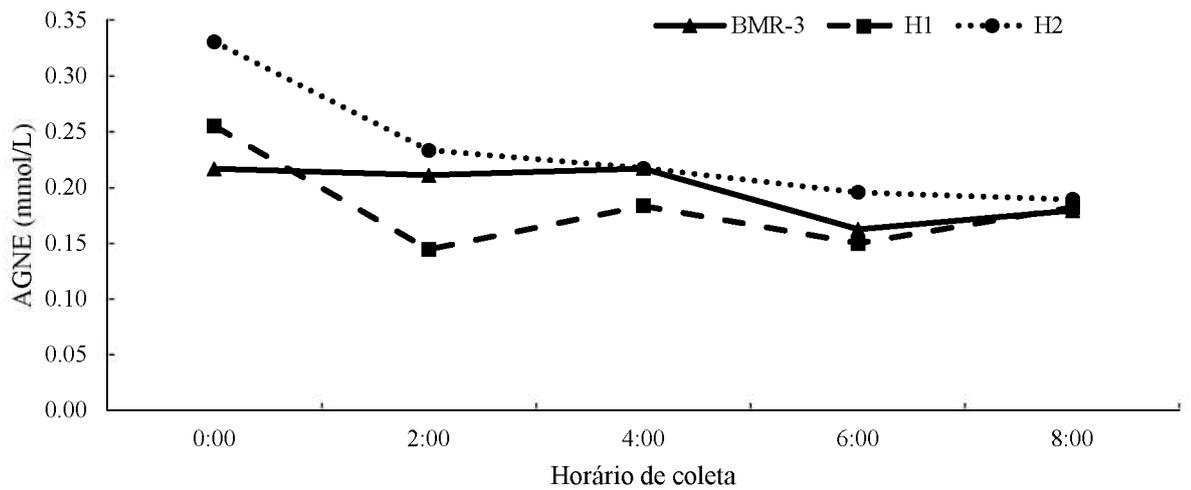
P-tratamento = 0,246; P tempo = < 0,001; P Tratamento x tempo = > 0,05; EPM = 1,626.

Figura 5 – Efeito do híbrido de milho sobre os valores de β -hidroxibutirato no sangue de vacas leiteiras.



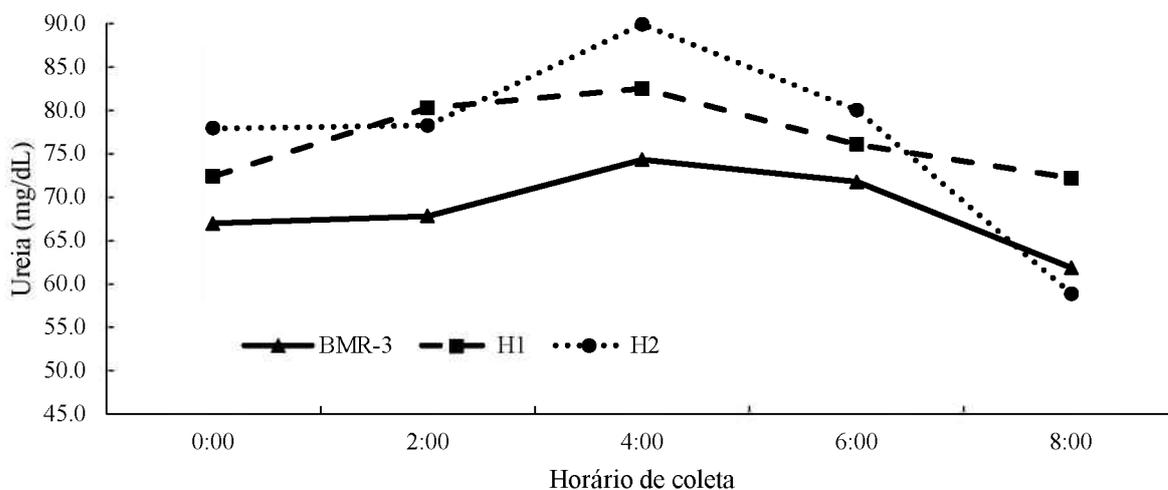
P-tratamento = > 0,05; P tempo = < 0,001; P Tratamento x tempo = 0,327; EPM = 0,050.

Figura 6 – Efeito do híbrido de milho sobre os valores de ácidos graxos não esterificados no sangue de vacas leiteiras.



P-tratamento = 0,005; P tempo = 0,043; P Tratamento x tempo = > 0,05; EPM = 0,032

Figura 7 – Efeito do híbrido de milho sobre os valores de ureia no sangue de vacas leiteiras.



P-tratamento = < 0,001; P tempo = < 0,001; P Tratamento x tempo = 0,118; EPM = 3,738.

Dos estudo que avaliaram os efeitos de híbridos BMR para vacas leiteiras, poucos têm monitorado metabólitos sanguíneos. Castro et al. (2010) encontraram maiores concentrações de glicose em vacas recebendo silagem de milho BMR, o que segundo estes autores estaria associado a um maior *pool* de carboidratos fermentáveis no rúmen. Stone et al. (2012) não encontraram diferenças nos valores de BHBA e AGNE de vacas alimentadas com dietas contendo silagem de milho BMR ou silagem de milho convencional no pós-parto. Holt et al. (2013) também relataram menores valores de ureia no sangue para vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho BMR, possivelmente devido a uma menor concentração de nitrogênio amoniacal, conforme verificado por Oba e Allen (2000).

5. CONCLUSÃO

A digestibilidade da fibra da dieta e a produção de leite do tratamento BMR-3 foram superiores apenas ao tratamento com híbrido convencional H2. As menores concentrações de NUL e de ureia no sangue encontradas para as vacas do tratamento BMR-3 revelam otimização da eficiência de síntese microbiana ruminal. Estudos futuros deverão ser realizados para avaliar o efeito da utilização deste híbrido em diferentes sistemas de produção nos trópicos.

REFERÊNCIAS

AKINS, M. S.; SHAVER, R. D. Influence of corn silage hybrid type on lactation performance by Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 12, p. 7811-7820, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214006717>. Acesso em: 15. Jul. 2021

ALI, F. et al. Identification of novel brown midrib genes in maize by tests of allelism. **Plant Breeding**, v. 129, n. 6, p. 724-726, 2010. disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0523.2010.01791.x?casa_token=aVseFc6ejmYAAAAA%3AQJxamuMHRCPJAF8KB3etoN0GveRarsb7HVVM9eJQdtTZpmhH51DA8dYwCgx9-gy8BxpJY37L21haGocfyA. acesso em: 28 jun. 2021

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p. 3063-3075, 1996. disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/74/12/3063/4624807>. Acesso em: 16 jul. 2021

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007. Disponível em: http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552007000100001&lng=pt. acesso em: 27 jul. 2021

BARRIÈRE, Y. et al. Genetic and molecular basis of grass cell wall biosynthesis and degradability. II. Lessons from brown-midrib mutants. **Comptes rendus biologiques**, v. 327, n. 9-10, p. 847-860, 2004. DISPONIVEL EM: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069104001787>. ACESSO EM: 30 JUL. 2021

BARRIÈRE, Y. Brown-midrib genes in maize and their efficiency in dairy cow feeding. Perspectives for breeding improved silage maize targeting gene modifications in the monolignol and p-hydroxycinnamate pathways. **Maydica**, v. 62, n. 2, p. 1-19, 2017. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01595409/>. Acesso em: 02 jul. 2021

BERNARDES, T. F; WEINBERG, Z. Aspectos associados ao manejo da ensilagem. *In*: REIS, R.A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura – Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME 2013. cap 42. p. 671-679.

BEVILAQUA, J. M. **Efeitos do ácido rosmarínico na estrutura da lignina visando redução da recalcitrância da biomassa lignocelulósica em milho**. 2017. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5784/1/Jennifer%20Munik%20Bevilaqua_2017.pdf. Acesso em: 30 jul. 2021.

BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annual review of plant biology**, v. 54, n. 1, p. 519-546, 2003. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.54.031902.134938?casa_token=f64bmmAH0KUAAAAA%3Adq0C2rqcoBnfAvH6yboCSt8gl2Bb27DbI-4yFheKZAmIc2dYcBI-aHerXBJ1MgLUKq7PvrwdZZb9bdMh_A. Acesso em: 30 jul. 2021

BORREANI, G. et al. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218303205>. Acesso em: 15 jul. 2021

BOSE, S. K. et al. Lignin content versus syringyl to guaiacyl ratio amongst poplars. **Bioresource technology**, v. 100, n. 4, p. 1628-1633, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085240800789X?casa_token=ZJzzDHOSD6kAAAAA:fpzCFQ7m1twrFnfvHmgW9eqwOHX8PIzsVA3BO9d_FbVmYcOseqwNZBR3GPa44WscQj4ctLUo13cd. Acesso em: 9 ju. 2021

BROLEZE, D. F.. 2019. **Eficiência alimentar e produtividade materna de vacas da raça nelore**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2019. Disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1555509202.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2021

CAÑIZARES, G. I. L.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M. C. Metabolismo de carboidratos não-estruturais em ruminantes. **Archives of veterinary Science**, v. 14, n. 1, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/13615/10723>. Acesso em 02 jul. 2021.

CASALI, A. O. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 335-342, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/4KFXF46DfzMMpg9WD4XTwKF/?lang=pt>. Acesso em: 01 jan. 2018

CASTRO, J. J. et al. Brown midrib corn silage and Tifton 85 bermudagrass in rations for early-lactation cows. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 5, p. 2143-2152, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030210002043>. Acesso em: 15 ago. 2021.

CHIZZOTTI, M.L.; CHIZZOTTI, F. H. M. Consumo e digestibilidade de plantas forrageiras. *In*: REIS, R.A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura – Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME 2013. cap 28. p. 425-433.

COONS, E. M. et al. Influence of a novel bm3 corn silage hybrid with floury kernel genetics on lactational performance and feed efficiency of Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 102, n. 11, p. 9814-9826, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219307349>. Acesso em: 23 ago. 2021.

CRUZ, J.C. Circular Técnica 87 – Manejo da Cultura do Milho. 1. ed. Sete Lagoas: Tânia Maria Assunção Barbosa, 2006. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/protilp/artigos/Circ_87.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021.

DA SILVA, M. J. et al. Características bromatológicas em híbridos de milho para produção de silagem no estado de Minas Gerais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 76-82, 2018. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1584>. Acesso em: 15 jul. 2021

DIXON, R. A. et al. The biosynthesis of monolignols: a “metabolic grid”, or independent pathways to guaiacyl and syringyl units?. **Phytochemistry**, v. 57, n. 7, p. 1069-1084, 2001. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942201000929?casa_token=9nrvh2d3z_MAAAAA:xPi_rMWx8lzi6cq0WCB4oUqXYN6Zt4MZtwRRAYOv1c3lZf5-AQOnHVI77kM1wpj9thSQiDQymqUB. Acesso em: 20 jul. 2021.

DRACKLEY, J. K. et al. Metabolic changes in dairy cows with ketonemia in response to feed restriction and dietary 1, 3-butanediol. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 6, p. 1622-1634, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030292779193>. Acesso em: 23 ago. 2021

EBLING, T. L.; KUNG JR, L. A comparison of processed conventional corn silage to unprocessed and processed brown midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 87, n. 8, p. 2519-2526, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030204733767>. Acesso em: 29 jul. 2021

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO STAT - Livestock Primary. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acesso em: 14 jul. 2021.

FERRARETTO, L. F. et al. Effect of corn silage hybrids differing in starch and neutral detergent fiber digestibility on lactation performance and total-tract nutrient digestibility by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 395-405, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214007930>. Acesso em: 5 jun. 2021

FERREIRA, G. et al. Effects of planting population, genotype, and nitrogen fertilization on dry matter yield, nutrient composition, in vitro ruminal neutral detergent fiber disappearance, and nitrogen and phosphorus removal of corn for silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114615, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840120305198?casa_token=5SRZzPr-WEQAAAAA:-gm3vzqa6unv_vzkh9KdBvP3R3wYhEJXJOkjQKUMZMj2tvObXrQOk3Of2UMQ8NSWcJW24wfkEcQ. Acesso em: 03 ago. 2021

FERREIRA, P. D. S. **Potencial forrageiro de um híbrido de sorgo com capim-sudão portador da mutação bmr colhido em quatro estádios de maturação**. 2016. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-200062>. Acesso em 25 jun. 2021.

FORNALE, S. et al. Altered lignin biosynthesis improves cellulosic bioethanol production in transgenic maize plants down-regulated for cinnamyl alcohol dehydrogenase. **Molecular Plant**, v. 5, n. 4, p. 817-830, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674205214601982>. Acesso em: 28 jun. 2021.

FONTANELI, R. S. Fatores que afetam a composição e as características físico-químicas do leite. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS. Bioquímica do Tecido Animal, p. 1-25, 2001.

GENERO, G. A. et al. Replacing conventional with brown midrib corn silage in a total mixed ration: the impact on early and late lactation dairy cow intake, milk yield and composition, and milk fatty acids profile. **Animal Production Science**, v. 56, n. 7, p. 1136-1143, 2015. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/an>. Acesso em: 10 ago. 2021.

GOMES, L. C et al. Desempenho agrônômico e produção de matéria seca digestível de híbridos de sorgo com capim sudão, normais e mutantes BMR (portadores de nervura marrom). In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. Anais... Maringá: Universidade Estadual de Maringá: SBZ, 2009., 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/659776>. Acesso em: 05 jul. 2021.

GONÇALVES, A.; DOMINGUES, J. L. Uso de gordura protegida na dieta de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 4, n. 5, p. 475-486, 2007. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/047V4N5P475_486_SET2007.pdf. Acesso em 20 ago. 2021.

GONZÁLES, F.H.D; NORO, D.; GONZÁLES, FHD. Variações na composição do leite no subtropical brasileiro. GONZÁLES, FHD et al. Qualidade do leite bovino, variações no trópico e subtropical. Passo Fundo, Brasil: LacVet, p. 11-27, 2011. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2017/05/qualidade_leite.pdf#page=12. Acesso em: 10 ago. 2021.

GOTTARDO, P. et al. Fatty acid composition of milk from Holstein-Friesian, Brown Swiss, Simmental and Alpine Grey cows predicted by mid-infrared spectroscopy. **Italian Journal of Animal Science**, v. 16, n. 3, p. 380-389, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1828051X.2017.1298411>. Acesso em: 22 ago. 2021.

GOULARTE, S. R. et al. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1479-1486, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/Xr9wzTC7hhytXxXXWzThtnm/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 30 jul. 2021.

HALPIN, C. et al. Brown-midrib maize (bm1)–a mutation affecting the cinnamyl alcohol dehydrogenase gene. **The Plant Journal**, v. 14, n. 5, p. 545-553, 1998. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-3113X.1998.00153.x>. Acesso em: 30 jul. 2021

HASSANAT, F.; GERVAIS, R.; BENCHAAAR, C. Methane production, ruminal fermentation characteristics, nutrient digestibility, nitrogen excretion, and milk production of dairy cows fed conventional or brown midrib corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 4, p. 2625-2636, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217300966>. Acesso em: 01 ago. 2021

HE, X. et al. Improvement of forage quality by downregulation of maize O-methyltransferase. **Crop Science**, v. 43, n. 6, p. 2240-2251, 2003. Disponível em: https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2003.2240?casa_token=7br1EEsjYLGAAAAA%3AKHPYkJ4nBpEexs8iHSeODdkbjg37b2HAmM448AwGUWhgOdpL6xUQcf6YWs2H06TYpWKZJ_B-oHzxhfSBow. Acesso em: 1 jul. 2021.

HOLT, M. S. et al. Corn silage hybrid type and quality of alfalfa hay affect dietary nitrogen utilization by early lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 10, p. 6564-6576, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213005626>. Acesso em: 20 ago. 2021.

JOHNSON, R. G.; YOUNG, A. J. The association between milk urea nitrogen and DHI production variables in western commercial dairy herds. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 9, p. 3008-3015, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203738995>. Acesso em: 10 ago. 2021

JOBIM, C. C; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. *In*: REIS, R.A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura – Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME 2013. cap 40. p. 649-658.

JUNG, H. G.; CASLER, M. D. Relationship of lignin and esterified phenolics to fermentation of smooth bromegrass fibre. **Animal feed science and technology**, v. 32, n. 1-3, p. 63-68, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037784019190010P>. Acesso em: 28 jul. 2021.

JÚNIOR, et al. Fatores que afetam a qualidade de plantas forrageiras. *In*: REIS, R.A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura – Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME 2013. cap 27. p. 409-420.

KELSEY, J. A. et al. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 8, p. 2588-2597, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203738545>. Acesso em: 10 ago. 2021.

KLEIN, J. L. et al. Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 17, n. 1, p. 101-110, 2018. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/865>. Acesso em: 01 jul. 2021

KOZLOSKI, G. V. Bioquímica dos ruminantes. 3 ed. Santa Maria: editoraufsm, 2011.

LAGO, E. P. et al. Parâmetros metabólicos em vacas leiteiras durante o período de transição pós-parto. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 11, n. 1-2, 2004. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20180601203921id/http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rbcv.2014.353>. Acesso em: 23 ago. 2021.

LAUER, J.G.; COORS, J.G.; FLANNERY, P.J. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different areas. *Crop Science*, v.41, p.1449-1455, 2001. Disponível em: https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2001.4151449x?casa_token=dKYGfCm3AP8AAAAA%3AB6tt0IHEjsBk60ehlgWxiCr0jGQ5fup7-fRwtSmhrhsPMtg8lcJFul6Xp3gbrqzDUNt7mXYp4ijABz83Q. Acesso em: 01 ago. 2021

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 2, p. 557-564, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203736340>. Acesso em: 01 jan. 2018.

LEWIS, A. L.; COX, W. J.; CHERNEY, J. H. H., maturity, and cutting height interactions on corn forage yield and quality. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 1, p. 267-274, 2004. Disponível: https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2004.2670?casa_token=7I0ZnKH6oikAAAAA%3AbkfoJjVGGBRYwAQotk3K8kPariYSF3gVG-pCm2j9D9yovUeLeDcOt5K1PAOvYcGk-33d2VTzwqDf5d-UDA. Acesso em: 03 jul. 2021

LEÃO, G. F. M. et al. Nitrogênio uréico no leite: aplicações na nutrição e reprodução de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 29-36, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/446>. Acesso em: 22 ago. 2021

LI, Xu; WENG, Jing-Ke; CHAPPLE, Clint. Improvement of biomass through lignin modification. **The Plant Journal**, v. 54, n. 4, p. 569-581, 2008.. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-313X.2008.03457.x>. Acesso em: 25 jun. 2021.

LI, Y. et al. Acid detergent lignin, lodging resistance index, and expression of the caffeic acid O-methyltransferase gene in brown midrib-12 sudangrass. **Breeding science**, v. 65, n. 4, p. 291-297, 2015. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsbbs/65/4/65_291/article/-char/ja/. Acesso em: 2 jul. 2021

LIM, J. M.; NESTOR JR, K. E.; KUNG JR, L. The effect of hybrid type and dietary proportions of corn silage on the lactation performance of high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 2, p. 1195-1203, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214008546>. Acesso em: 08 ago. 2021.

MARITA, J. M. et al. Variations in the cell wall composition of maize brown midrib mutants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 5, p. 1313-1321, 2003. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0260592>. Acesso em: 15 jul. 2021.

- MELDAU, D. C. Lignina. Infoescola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/lignina/#>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (ed). Forage quality evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science of America, 1994. p. 450-493. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016033693> . Acesso em: 29 jun. 2021.
- MEYER, P. M. et al. Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio uréico no leite de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1114-1121, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/KxYrCmxRM47zgQJszdFZm8f/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 2 ago. 2021.
- MOREIRA, V. R. et al. Produção de leite de vacas alimentadas com alta proporção de forragem em dietas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 197-202, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/PbOXrxBjwjZVtPtkfvdk98y/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 29 jul. 2021
- NEUMANN, M. Produção de silagem de milho de alta qualidade. Paraná: Unicentro-PR, 2011.
- NEUMANN, M. et al. Produção e aspectos qualitativos do leite de vacas jersey durante período inicial de suplementação de gordura protegida de óleo de palma. **Nucleus Animalium**, v. 7, n. 2, p. 4, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5329053>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- NEUMANN, M. et al. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 51-57, 2017. Disponível em: <https://www.uco.es/servicios/ucopress/az/index.php/az/article/view/2125>. Acesso em: 28 jun. 2021
- NEUMANN, M.; LUPATINI, G. C. Sistemas de forrageamento e alternativas para intensificação da produção de carne bovina integrada a lavoura. ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA DO SUL DO BRASIL, p. 217-243, 2002.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011. cap 7. p. 193-234.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 82, n. 3, p. 589-596, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299752719>. Acesso em: 02 jul. 2021

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 6, p. 1333-1341, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200750004>. Acesso em: 20 jul. 2021.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 2. Chewing activities. **Journal of dairy science**, v. 83, n. 6, p. 1342-1349, 2000b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200750016>; Acesso em: 23 ago. 2021.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 1, p. 135-142, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299752173>. Acesso em: 08 ago. 2021.

OLIVEIRA, M. R. et al. Nutritional composition and aerobic stability of wheat and corn silages stored under different environmental conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 253-260, 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4457/445760069022/445760069022.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021.

PACIULLO, D. S. C. et al. Composição química e digestibilidade in vitro de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 964-974, 2001.

PAZIANI, S. F. et al. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 411- 417, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/V8VNdRbjpC77RGn64y85RTv/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PEREIRA, M.V. Carboidratos e valor nutricional de plantas forrageiras. *In*: REIS, R.A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura – Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME 2013. cap 40. p. 383-691.

QUEIROZ, O. C. M.; RABAGLINO, M. B.; ADESOGAN, A. T. Silage pathogenicity and implications for the ruminant production chain. *In*: Proceedings of the International Symposium on Forage Quality and Conservation. M. Zopollato, Muraro, GB, Nussio, LG, FEALQ, Piracicaba, SP, Brazil. 2011. p. 225-241.

RECH, C. L. S. et al. Ruminantes: fundamentos fisiológicos e nutricionais. 1 ed. Salvador:EDUNEB, 2013.

REFAT, B.; YU, P. Maximizing Fiber Utilization of Silage in Ruminants. *In*: **Advances in Silage Production and Utilization**. IntechOpen, 2016. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YXaODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA123&dq=Maximizing+Fiber+Utilization+of+Silage+in+Ruminants&ots=F0scgEy0wv&sig=dv4Qe8pe3G3QAUzTQJrMV8AiUA0#v=onepage&q=Maximizing%20Fiber%20Utilization%20of%20Silage%20in%20Ruminants&f=false>. Acesso em: 16 ago. 2021.

REITER, S. et al. Evaluation of an ear-tag-based accelerometer for monitoring rumination in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 4, p. 3398-3411, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218300419>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SANTIAGO, G.; ARALDI, D. F. Pontos críticos no processo de produção de silagens. Anais do Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2020. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?cluster=5733477721334457712&hl=pt-BR&as_sdt=0.5&as_ylo=2017. Acesso em: 15 jul. 2021

SATTLER, S. E.; FUNNELL-HARRIS, D. L.; PEDERSEN, J. F. Brown midrib mutations and their importance to the utilization of maize, sorghum, and pearl millet lignocellulosic tissues. **Plant Science**, v. 178, n. 3, p. 229-238, 2010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945210000051?casa_token=1E8qq5oHErYAAAAA:ua6lziPkh4bf3A6IVRuJ7k7q6rq_ppyKOKZIGgJr0Qu-ulluVAvPI82S_erIDKN1Itrd-kVxHX2t. Acesso em; 29 jul 2021.

SATTLER, S. E. et al. Characterization of novel sorghum brown midrib mutants from an EMS-mutagenized population. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v. 4, n. 11, p. 2115-2124, 2014. Disponível em: <https://academic.oup.com/g3journal/article/4/11/2115/6025592?login=true>. Acesso em: 11 jul. 2021.

SILVA, L. F. P. **Avaliação de características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho para silagem**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-20191218-140248/publico/SilvaLuisFelipePradaE.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2021

SILVA, J. F. C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011. cap 3. p. 61-81.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SIQUEIRA, G. R; BERNARDES, T. F. Culturas destinadas à ensilagem. *In*: REIS, R.A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura – Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME 2013. cap 41. p. 661-668.

SOETRISNO, D. Brown midrib resistance (BMR) corn. In: International Seminar on Tropical Animal Production (ISTAP). p. 808-814. 2010. Disponível em: <https://journal.ugm.ac.id/istaproceeding/article/view/30841>. Acesso em: 30 jul 2021.

STONE, W. C. et al. Brown midrib corn silage fed during the peripartal period increased intake and resulted in a persistent increase in milk solids yield of Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 11, p. 6665-6676, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212006534>. Acesso em: 15 ago. 2021.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PpO4DQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=filosofia+vegetal+taiz+e+zeiger&ots=7RCnuWIUP9&sig=9AEeuKi4Oeo_W_yr9aBW2n6UMqE#v=onepage&q=filosofia%20vegetal%20taiz%20e%20zeiger&f=false. Acesso em: 28 jul. 2021.

TANG, H. M. et al. The maize brown midrib2 (bm2) gene encodes a methylenetetrahydrofolate reductase that contributes to lignin accumulation. **The Plant Journal**, v. 77, n. 3, p. 380-392, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tpj.12394>. Acesso em: 10 jun 2021.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: Feeding behavior and milk yield of lactating cows. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 4, p. 1425-1433, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030205728101> Acesso em: 23 ago. 2021

TYRRELL, H. F.; REID, J. T. Prediction of the energy value of cow's milk¹, 2. **Journal of dairy science**, v. 48, n. 9, p. 1215-1223, 1965. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030265884302>. Acesso em: 3 jul. 2021

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=-mwUu6PL1UgC&oi=fnd&pg=PP13&dq=Nutritional+ecology+of+the+ruminant.&ots=DQQAx2GhMz&sig=P7ajEafM_8byPx9pdOMn4-sijfY#v=onepage&q=Nutritional%20ecology%20of%20the%20ruminant.&f=false. Acesso em: 10 jul. 2021.

VANDERWERFF, L. M.; FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D. Brown midrib corn shredlage in diets for high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 8, p. 5642-5652, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030215003689>. Acesso em: 20 jun. 2021

VANHOLME, R. et al. Lignin biosynthesis and structure. **Plant physiology**, v. 153, n. 3, p. 895-905, 2010. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/153/3/895/6109625?login=true>. Acesso em: 13 jul. 2021.

VERMERRIS, W. et al. Phenotypic plasticity in cell walls of maize brown midrib mutants is limited by lignin composition. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 9, p. 2479-2490,

2010. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/61/9/2479/532129?login=true>. Acesso em: 4 jul. 2021.

WHITE, R. R. et al. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 12, p. 9551-9568, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217308949>. Acesso em: 22 ago. 2021.

WILDMAN, E. E. et al. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of dairy science**, v. 65, n. 3, p. 495-501, 1982. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030282822236>. Acesso em: 01 jan. 2018.

ZANINE, A. et al. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 4, p. 1-11, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617138003.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2021