

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GIOVANA RODRIGUES THEODORO DE ANDRADE

Silagens de dieta total com inclusão de coprodutos submetidas a quatro tempos de estocagem, com e sem aditivo

UBERLÂNDIA

2021

GIOVANA RODRIGUES THEODORO DE ANDRADE

Silagens de dieta total com inclusão de coprodutos submetidas a quatro tempos de estocagem, com e sem aditivo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária – FAMEV-UFU, como requisito obrigatório para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Manoel Eduardo Rozalino Santos

Co-orientador: Alex de Matos Teixeira

UBERLÂNDIA

2021

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

A553
2021 Andrade, Giovana Rodrigues Theodoro de, 1996-
Silagens de dieta total com inclusão de coprodutos
submetidas a quatro tempos de estocagem, com e sem
aditivo [recurso eletrônico] / Giovana Rodrigues
Theodoro de Andrade. - 2021.

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.2021.479>
Inclui bibliografia.

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.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



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/ 009/2021				
Data:	30 de agosto de 2021	Hora de início:	08:00h	Hora de encerramento:	10:30h
Matrícula do Discente:	11912MEV004				
Nome do Discente:	GIOVANA RODRIGUES THEODORO DE ANDRADE				
Título do Trabalho:	SILAGENS DE DIETA TOTAL COM INCLUSÃO DE COPRODUTOS SUBMETIDAS A QUATRO TEMPOS DE ESTOCAGEM, COM E SEM ADITIVO				
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 10:27, 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 10:35, 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 12:23, 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 **2985696** e o código CRC **62A2FD36**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por ter me presenteado com uma família preciosa.

Ao meu filho, Heitor, pelo coração puro e cheio de amor que me motiva todos os dias a buscar meus objetivos. Você é luz na minha vida, Heitor. Mamãe te ama incondicionalmente!

Ao meu amado esposo, companheiro e melhor amigo, José Theodoro, por todo amor, carinho e suporte emocional durante essa caminhada, compartilhando das minhas batalhas e conquistas e não me deixando desanimar.

Aos meus pais, Jane e Amauri, por todo o amor, pelas orações, pelo incentivo nos estudos e, sobretudo, por não medirem esforços para me ajudar. Gratidão por tudo que são e fazem por mim. Amo muito vocês!

Aos meus irmãos, Douglas e Paula, por acreditarem e torcerem por mim.

Aos meus sobrinhos, João Lucas, Maria Júlia e Aida, por trazerem mais alegria à família.

As minhas avós, Maria Augusta (Mariola) e Izaíra, pelo exemplo, carinho e amor.

A minha sogra, Raquel, pelos conselhos, carinho maternal, e exemplo de força feminina.

Aos meus cunhados, Rodrigo, Heros, Josi e Pen, pela amizade, confiança e carinho.

As minhas tias, primos e primas, pela união.

Aos meus animais, dentão, cabeludinho e leozinho, pela alegria e carinho genuínos.

As grandes amigas que a faculdade me proporcionou, Fabi, Debrinha e Lele, que compartilham das mesmas lutas e conquistas. Obrigada por todo apoio, meninas.

Ao professor Dr. Alex, pelos conhecimentos transmitidos, apoio e oportunidades desde a graduação.

A professora Dra. Simone, pela cordialidade e ajuda durante as minhas análises.

Ao professor Dr. Manoel, pela disposição e boa vontade.

Ao LABAN e aos colegas que compartilharam dos dias de laboratório.

A Empresa Cargill Agrícola pela parceria, confiança e apoio financeiro, em especial ao Jardel Neri e ao Gustavo dos Anjos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias – PPGCVET e professores da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, pela oportunidade.

AGRADEÇO!

RESUMO

Frente a competição com outras cadeias agropecuárias e com a alimentação humana por insumos tradicionais, o uso de alimentos alternativos na bovinocultura consiste em uma estratégia definitiva para a sustentabilidade e lucratividade do setor. Nesse sentido, foi realizado um experimento no qual objetivou-se avaliar a composição de silagens de dieta total com inclusão de coprodutos submetidas a quatro tempos de estocagem, com e sem aditivo. Para desenvolvimento do ensaio, foi confeccionada uma mistura com coprodutos da indústria de processamento do milho e do ácido cítrico. Processou-se duas batidas, sendo uma com inoculante (FRESHCUT® Plus) e outra sem inoculante. A mistura foi realizada em vagão forrageiro e posteriormente ensilou-se a dieta em silos fardos cilíndricos (± 1.000 kg), compactados e envoltos por filme. Estocou-se as silagens por 0, 15, 30 e 60 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 (com e sem aditivo) x 4 (tempos de estocagem), com 3 repetições. Os resultados apresentaram diminuição nos teores de MO com o prolongamento do tempo de estocagem, já os teores de FDN_{CP} apresentaram resposta quadrática. Para as silagens sem aditivo, o teor de PB aumentou de acordo com o avanço do tempo de estocagem. Além disso, houve mudança nas frações proteicas, observando-se incremento da fração A e diminuição das frações B1+B2 em razão do tempo de armazenamento. Em relação ao perfil fermentativo, com o avanço do tempo de estocagem, houve redução do pH e aumento do $N-NH_3$. O uso de aditivo à base de ácido propiônico resultou em silagens com maiores valores de pH e tendência de maiores teores de $N-NH_3$. Dessa forma, silagens de dieta total confeccionadas com ingredientes com alta umidade e inclusão de coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico, a estocagem por 15 dias garante uma fermentação adequada, com poucas mudanças na composição da dieta e estabilidade aeróbia de 240 horas. Nessas condições, a utilização de aditivo à base de ácido propiônico não proporciona melhoria do valor nutritivo nas silagens de dieta total.

Palavras-chave: alimentos alternativos; TMR; subprodutos; valor nutricional.

ABSTRACT

Faced to a competition with other agricultural chains and human nutrition for traditional foods, the use of alternative foods for cattle is a strategy for the sustainability and profitability of the sector. In this context, an experiment was conducted in order to evaluate the composition of total mixed ration silages containing by-products submitted to four storage times, with and without additives. To carry out the experiment, a mixture was made with by-products from the corn processing industry and citric acid. Two treatments were performed, one with inoculant (FRESHCUT® Plus) and the other without inoculant. The mixture was carried out in a forage wagon and then the diet was ensiled in bale silos ($\pm 1,000$ kg), compacted and wrapped in film. The silos were stored for 0, 15, 30 and 60 days. The experimental design was completely randomized, in a factorial arrangement 2 (with and without additive) x 4 (storage times), with 3 replications. The results showed a decrease in the OM contents with the advancement of the storage time, whereas the NDF contents showed a quadratic response. For silages without additive, the CP content increased as storage time progressed. In addition, there was a change in the protein fractions, with an increase in fraction A and a decrease in fractions B1+B2 due to storage time. Regarding the fermentation profile, with the advancement of storage time, the pH was reduced and the $\text{NH}_3\text{-N}$ increased. The use of propionic acid-based additive resulted in silages with higher pH values and a trend towards higher $\text{NH}_3\text{-N}$ contents. Thus, total diet silages made with ingredients with high moisture and inclusion of co-products from the corn industry and citric acid, storage for 15 days ensures adequate fermentation, with few changes in diet composition and aerobic stability of 240 hours. Under these conditions, the use of propionic acid-based additive does not improve the nutritive value of total diet silages.

Keywords: alternative foods; TMR; by-products; nutritional value.

LISTA DE SIGLAS

BAL: bactérias produtoras de ácido láctico

CEPEA: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CH₄: metano

CHOs: carboidratos solúveis

CO₂: dióxido de carbono

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento

CNA: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CNF: Carboidratos não-fibrosos

CNF_{cp}: Carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína

EA: estabilidade aeróbia

EE: extrato etéreo

FDA: fibra insolúvel em detergente ácido

FDN: fibra insolúvel em detergente neutro

FDN_{cp}: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína

FDN_{fe}: fibra fisicamente efetiva

FGM-21: farelo de glúten de milho úmido

IMS: ingestão de matéria seca

H⁺: íon de hidrogênio

H₂O: água

PB: proteína bruta

pH: potencial de hidrogênio

pKa: logaritmo de base 10 negativa da constante de dissociação de ácidos (K_a)

Mcal: megacaloria

MM: matéria mineral

MS: matéria seca

MN: matéria natural

NNP: nitrogênio não proteico

N-NH₃: nitrogênio amoniacal

PNDR: proteína não degradável no rúmen

UFC: unidade formadora de colônias

TMR: *total mixed ration*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: Considerações sobre o uso de silagem de dieta total como estratégia de conservação dos coprodutos: caracterização; qualidade de conservação; valor nutricional; e desempenho de bovinos leiteiros.....	12
1.1 Introdução.....	12
1.2 Coprodutos	13
1.2.1 Micélio e Raffinate.....	13
1.2.2 Farelo de Glúten de Milho Úmido – GoldenMill.....	15
1.2.3 Palha de milho.....	17
1.3 Silagem de dieta total ou TMR	18
1.3.1 Caracterização da silagem de TMR	18
1.3.2 Qualidade da conservação	20
1.3.2.1 Processo fermentativo e produtos da fermentação	20
1.3.2.2 Tempo de estocagem	22
1.3.2.3 Perdas de Matéria Seca	24
1.3.2.4 Estabilidade aeróbia	24
1.3.2.5 Aditivos.....	26
1.3.3 Valor nutricional	29
1.3.4 Desempenho de bovinos leiteiros.....	31
REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO 2: Composição das silagens de dieta total com inclusão de coprodutos submetidas a diferentes tempos de estocagem, com e sem aditivo.	41
2.1 Introdução.....	43
2.2 Material e métodos	45
2.2.1 Local e confecção das silagens.....	45
2.2.2 Composição química	47
2.2.3 Produtos finais da fermentação	48
2.2.4 Perdas de matéria seca.....	48
2.2.5 Análise estatística	49
2.3 Resultados	50
2.4 Discussão.....	55
2.5 Conclusão.....	59
REFERÊNCIAS.....	60

CAPÍTULO 1: Considerações sobre o uso de silagem de dieta total como estratégia de conservação dos coprodutos: caracterização; qualidade de conservação; valor nutricional; e desempenho de bovinos leiteiros.

1.1 Introdução

Estratégias de nutrição de precisão que minimizem o custo de produção, principalmente em cenários de baixo preço do leite, são limitantes para a sustentabilidade do setor. A nutrição de precisão consiste no aporte pontual às exigências nutricionais com maximização do retorno econômico e minimização do efeito negativo ao meio ambiente, decorrentes da harmonia entre custo, desempenho e impactos ambientais (TOMICCH et al., 2015).

Nesse panorama, os coprodutos configuram-se como uma medida viável às agroindústrias e aos produtores. Isso porque, esses insumos, provenientes do processamento secundário de resíduos agroindustriais, demonstram bons valores nutritivos na alimentação dos animais, capazes de suprir demandas nutricionais com um custo inferior ao de insumos tradicionais, além de reduzir a poluição ambiental causada pelo descarte de resíduos industriais (MESCHIATTI, 2015). Consolidando, assim, uma pecuária mais sustentável.

Nas dietas de bovinos leiteiros, esses coprodutos podem ser fontes de energia, proteína e fibra efetiva (FDN_e), flexibilizando sua inclusão a partir da substituição parcial ou total de alimentos concentrados, volumosos ou de ambos. Para isso, é fundamental o conhecimento detalhado da composição química e digestibilidade desses insumos, assim como das exigências dos animais, a fim de garantir uma dieta total balanceada (MESCHIATTI, 2015; PEREIRA et al., 2009).

Apesar das vantagens dos coprodutos na alimentação de ruminantes, alguns desafios limitam seu uso, tais como: alta variabilidade na composição química entre plantas industriais; escassez de trabalhos avaliando desempenho animal; e, baixa estabilidade aeróbia e dificuldade na logística de transporte e armazenamento para aqueles com alta umidade (BRADFORD; MULLINS, 2012; PEREIRA et al., 2009).

Nesse contexto, a silagem de dieta total é uma estratégia que vem sendo adotada em países orientais para viabilizar o uso de coprodutos úmidos na alimentação de ruminantes. A mistura dos coprodutos à ingredientes de baixa umidade garante um teor adequado de matéria seca para

o processo de fermentação, contribuindo para redução de perdas, evitando gastos com secagem e permitindo a conservação da qualidade dos alimentos (WEINBERG et al., 2011).

A seguinte revisão foi escrita com o objetivo de apresentar os principais aspectos envolvidos na confecção, qualidade de conservação e valor nutricional de silagens de dieta total com inclusão de coprodutos do processamento do milho e ácido cítrico.

1.2 Coprodutos

Coproducto pode ser conceituado como um material não comestível aos humanos que, por outro lado, tem a possibilidade de aproveitamento na alimentação dos animais, e advém do beneficiamento de resíduos da produção de alimentos, bebidas e etanol (ABDOLLAHZADEH et al., 2010; PEREIRA et al., 2009; STOCK et al., 1999; VELASCO et al., 2009).

Diante da competição com outras cadeias produtivas por *commodities*, como o milho e a soja, a oportunidade do uso de coprodutos na alimentação de ruminantes satisfaz aos preceitos de nutrição de precisão por permitirem a formulação de dietas com maximização do desempenho animal, menor custo e redução de impactos ambientais. Além disso, representam receitas extras para as agroindústrias pela venda dos mesmos (PEREIRA et al., 2009; NERI et al., 2019).

Considerando-se a distribuição regional e as características bromatológicas, tais insumos podem ser empregados como fonte de energia, proteína (aminoácidos) e/ou fibra efetiva. De acordo com o levantamento realizado por Pinto e Millen (2019), os principais coprodutos consumidos nas dietas de bovinos de corte confinados no Brasil são o caroço de algodão, seguido por polpa cítrica peletizada, casca de soja e casca de algodão com alto teor de gordura.

Há ainda, uma vasta diversidade de coprodutos disponíveis, mas que ainda são pouco utilizados e/ou conhecidos pelos produtores, podendo-se destacar o farelo de glúten de milho úmido e a palha de milho, oriundos da indústria do milho, e o Micélio e Raffinate, provenientes da indústria do ácido cítrico. O potencial dos coprodutos na alimentação de bovinos de leite (DANN et al., 2014; MULLINS et al., 2010; WEISS, 2012) e corte (MESCHIATTI, 2015) vem sendo demonstrado na literatura.

1.2.1 Micélio e Raffinate

Grande parte da produção mundial do ácido cítrico ocorre pela via fermentativa, na qual o fungo *Aspergillus niger*, na presença de oxigênio, converte açúcares em ácido cítrico. Denomina-se Micélio, a biomassa residual do processo de produção desse ácido e Raffinate o resíduo líquido proveniente da recuperação do mesmo (GONÇALVES et al., 2014; LITZ et al., 2014).

A etapa inicial do processo compreende em proporcionar o crescimento do *Aspergillus niger* através da adição de substratos, como o sabugo de milho, farelo de algodão e água acidificada (Figura 01). Após a propagação, o mesmo é destinado aos tanques de fermentação na presença de açúcar e/ou dextrose, minerais e demais nutrientes que permitam a máxima conversão do açúcar em ácido cítrico, em condições controladas de temperatura, pH e umidade.

Em seguida, o crescimento do fungo é interrompido e ele torna-se inativo. Então, por filtração, separa-se o caldo fermentado do material sólido, a biomassa de Micélio. Esta biomassa, composta pelo fungo inativado, substratos para crescimento e resíduos de açúcar e ácido cítrico, passa por uma prensa que reduz o teor de umidade a 65% (GONÇALVES et al., 2014; LITZ et al., 2014).

A partir do caldo fermentado, acrescenta-se um solvente no intuito de recuperar o ácido cítrico por extração. O resíduo restante da extração denomina-se Raffinate, e é composto principalmente de açúcares intermediários da conversão a ácido cítrico.

A Tabela 01 contempla a composição química desses insumos. A escassez de trabalhos que caracterizem e avaliem o consumo desses alimentos e a ampla variação bromatológica, evidenciam a demanda de estudos para avaliar o valor nutritivo deles. Essa alta variabilidade constitui uma limitação comum aos coprodutos, e pode estar relacionada às diferenças entre partidas de uma empresa e entre empresas, épocas do ano e o processo de produção (FERREIRA, 2016).

Tabela 01. Composição bromatológica dos coprodutos Micélio e Raffinate

Parâmetro	Micélio			Raffinate		
	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
MS ⁴	36,6	16,8	33,6	61,0	74,6	57,9
PB ⁵	7,2	18,5	19,0	10,0	8,8	13,2
FDN ⁵	23,1	21,5	66,1			
FDA ⁵	31,0	7,5	48,5			
MM ⁵	0,1	5,6	1,7	16,5	3,5	4,7
EE ⁵	0,1	6,5	3,0	3,7	1,5	0,1

¹Gonçalves et al. (2014); ²Litz et al. (2015); ³Meschiatti (2015); ⁴% matéria natural; ⁵% matéria seca; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo.
Fonte: adaptado de Ferreira (2016).

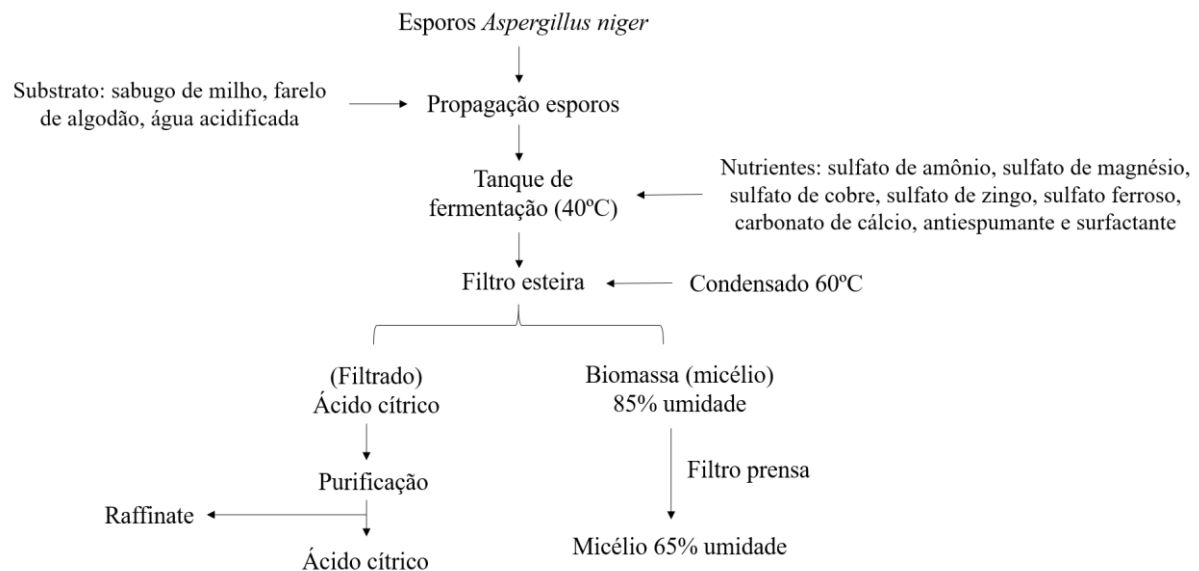


Figura 01. Fluxograma das etapas de produção do ácido cítrico e obtenção dos coprodutos Micélio e Raffinate – Cargill. Fonte: adaptado de Ferreira (2016).

1.2.2 Farelo de Glúten de Milho Úmido – GoldenMill

O farelo de glúten de milho úmido (FGM-21) é formado a partir da combinação das fibras do milho com a água de maceração concentrada, ambas obtidas durante o processamento úmido do milho. No que concerne às características dietéticas, com cerca de 40% de matéria seca (MS), esse coproduto constitui uma fonte de energia, proteína bruta (PB) de alta qualidade, fibra digestível e minerais (BLASI et al., 2001; BOYLES, 2011).

O processamento ocorre a partir de uma série de etapas (Figura 02) cujo foco é a segregação do amido, para uso na indústria alimentícia ou não alimentícia, em sua forma natural ou convertido a outros açúcares (STOCK et al., 1999; MENEGHETTI; DOMINGUES, 2008).

Primeiramente é realizada a limpeza e retirada da palha do milho e, posteriormente, a destinação dos grãos aos tanques de maceração, onde são imergidos em água sulfatada entre 45 e 50°C por 40 a 48 horas. A solução de dióxido de enxofre enfraquece as ligações de enxofre entre o amido e a proteína, evita a germinação e amolece o grão de milho, permitindo, assim, a posterior segregação em seus principais componentes (STOCK et al., 1999; CARDOSO, 2020).

Com aproximadamente 5-7% de sólidos do milho, a água de maceração é retirada da massa de grãos e continuamente evaporada até atingir 45-50% de umidade. Essa massa passa pela primeira moagem e centrifugação, em que, por densidade, o gérmen é desprendido dos demais componentes do milho. O óleo é extraído do gérmen, dando origem ao coproduto torta de gérmen.

A massa restante da segregação do gérmen é submetida a nova moagem e centrifugas ou peneiras, e as cascas (fibra) são isoladas do endosperma (glúten e amido). O pericarpo é posteriormente misturado à água de maceração do milho e eventualmente a torta de gérmen dando origem ao farelo de glúten de milho. Por fim, uma última centrifugação separa o glúten do amido por diferença de densidade. Sendo o primeiro destinado à alimentação animal, denominado farelo de glúten de milho 60, e o último à fermentação alcoólica ou a fabricação de produtos alimentícios, farmacêuticos ou têxteis (MENEGETTI; DOMINGUES, 2008).

Na dieta, este coproduto é capaz de ser fornecido de forma alternativa aos volumosos convencionais e, por sua relevante composição em fibra de alta digestibilidade, na substituição parcial de cereais em dietas com alto teor de concentrados. Em razão da composição rica em fibras altamente digestíveis e com baixo teor de amido, o FGM-21 pode ser utilizado como ferramenta de auxílio da manutenção do pH ruminal em níveis adequados (MOSCARDINI, 2008). Ademais, permite a redução de insumos proteicos por conter aproximadamente 25% de PB em sua composição (Tabela 02) (SCHROEDER, 2003), composta principalmente de fração solúvel presente na água de maceração (HOPKINS; WHITLOW, 2002; NRC, 1996).

Em uma revisão de 11 trabalhos com inclusão do FGM-21 variando de 12 a 60% da MS da dieta, Blasi et al. (2001) concluíram que há poucos efeitos do coproduto sobre a produção ou composição do leite, e que embora dietas com níveis consideráveis de FGM-21 apresentem menor valor energético comparadas às convencionais, a produção foi semelhante. Nos casos em que se relataram aumento na produção, houve também maior ingestão de matéria seca (IMS), o que pode explicar o efeito positivo sobre a produção de leite (PEDROSO; SANTOS; BITTAR, 2009).

Os efeitos sobre a ingestão de matéria seca parecem pouco conclusivos, podendo apresentar um aumento, principalmente quando em substituição parcial ao volumoso,

justificado pela rápida e extensa degradabilidade da fibra, levando ao aumento na taxa de passagem; não alteração; ou até mesmo queda, o que pode estar associado à MS da dieta total abaixo de 50% ou curto período de adaptação (MENEGHETTI; DOMINGUES, 2008; PEDROSO; SANTOS; BITTAR, 2009).

Tabela 02. Composição bromatológica do farelo de glúten de milho úmido

Parâmetro	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	Estudo 4
MS ⁵	56,9	42,0-44,0	48,4	40,0
PB ⁶	22,8	14,0-22,0	21,9	17-26
FDN ⁶	49,3		27,7	36,0
FDA ⁶	12,2		9,8	13,0
EE ⁶	2,6	3,5	3,1	1-7
MM ⁶	7,2	7,2-9,0	8,1	

¹Gunderson et al. (1988); ²Blasi et al. (2001); ³Schroeder (2003); ⁴Boyles (2011); ⁵% matéria natural; ⁶% matéria seca; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral.

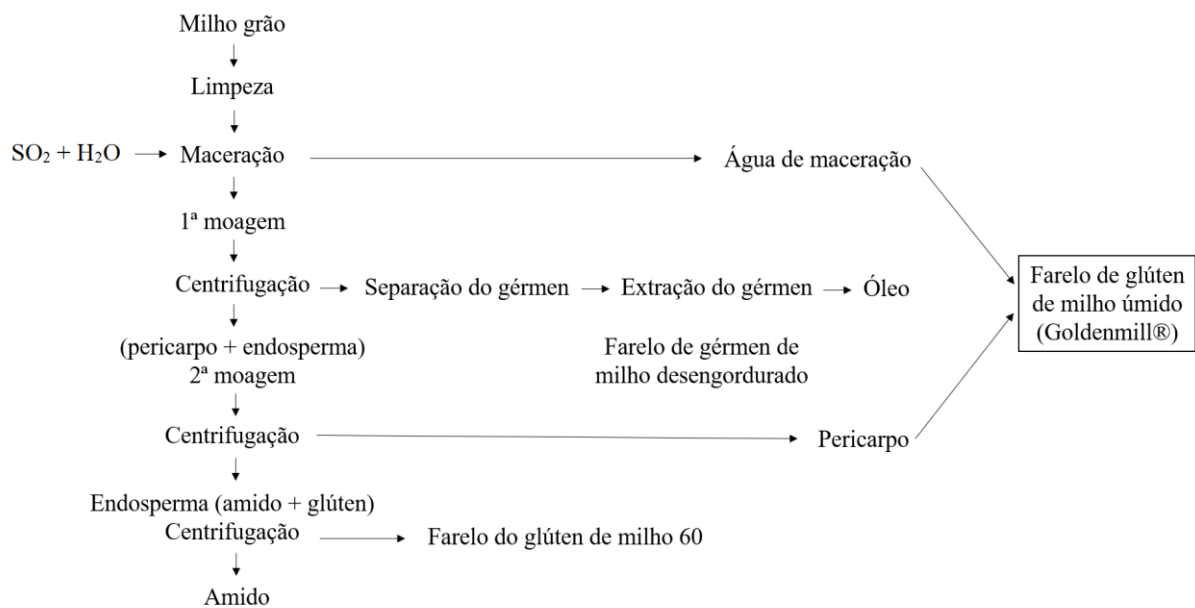


Figura 02. Fluxograma das etapas de produção do FGM-21.
Fonte: adaptado de Ferreira (2016).

1.2.3 Palha de milho

O uso da palha de milho na alimentação tem como principais fatores atrativos a boa disponibilidade e o baixo custo. A composição química é determinada por diversos fatores, como o estágio de maturação, uso de fertilizante, clima e condições de armazenamento,

resultando em uma variabilidade considerável da composição química (Tabela 03) (CARDOSO, 2020; VELASCO et al., 2009).

Apesar do potencial de uso da palha de milho, sobretudo como fonte de FDN fisicamente efetiva para manutenção da saúde ruminal, os baixos teores energéticos e proteicos e elevados de fibras altamente lignificadas e pouco digestíveis configuram um desafio para alcançar maiores consumos (CARDOSO, 2020; VELASCO et al., 2009). O aumento no teor de FDNfe pode causar diminuição significativa da taxa de passagem de partículas do retículo para o omaso, promovendo enchimento ruminal e redução do consumo voluntário de matéria seca (CARDOSO, 2020).

Tabela 03. Composição bromatológica da palha de milho

Parâmetro	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
MS ⁴		91	70-90
PB ⁵	2-4	2	4-6
FDN ⁵	83	77	73-79
EE ⁵		1	0-1
MM ⁵			5-10
Lignina ⁵	5-7		
Digestibilidade da MS ⁵	58		

¹Klopfenstein, Owen (1980); ²Rosa (2017); ³Cardoso (2020); ⁴% matéria natural; ⁵% matéria seca; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral.

1.3 Silagem de dieta total ou TMR

1.3.1 Caracterização da silagem de TMR

O termo dieta total, ração completa ou TMR refere-se a um tipo de dieta na qual alimentos concentrados e volumosos são misturados juntos e ofertados como um alimento completo. A homogeneidade durante a oferta da dieta total proporciona vantagens sobre os métodos convencionais, destacando-se menor variação no consumo de volumoso e concentrado (em razão da menor capacidade de seleção). Com isso, há maior estabilidade do pH ruminal e constância no suprimento de nutrientes aos microrganismos ruminais, melhorando a eficiência de utilização da energia e proteína disponível no retículo-rúmen. Há ainda a possibilidade da inclusão de alimentos menos palatáveis (COPPOCK et al., 1981).

Segundo Jobim e Nussio (2013), silagem é o produto da fermentação de culturas submetidas à anaerobiose. Para isso, teores adequados de matéria seca e carboidratos solúveis, assim como baixa capacidade de tamponamento são características imprescindíveis para um bom padrão de fermentação. Embora muitos coprodutos não apresentem tais atributos isoladamente, a união dos ingredientes e ensilagem na forma de dieta completa garante efetividade ao processo fermentativo (NISHINO; HARADA; SAKAGUCHI, 2003; WANG; NISHINO, 2008).

Assim como na ensilagem de forrageiras, o processo fermentativo da dieta total é caracterizado pela quebra de açúcares disponíveis por bactérias e conversão em ácidos orgânicos responsáveis pela redução no pH do material ensilado (JOBIM; NUSSIO, 2013). Nesse contexto, a silagem de dieta total foi desenvolvida e vem sendo aplicada em países asiáticos, como Israel e Japão, como estratégia de conservação de coprodutos utilizados na alimentação de ruminantes (MIYAJI; MATSYAMA; NONAKA, 2017; WANG; NISHINO, 2013; WEINBERG et al., 2011).

A partir da compilação dos dados de 32 trabalhos, Neri et al. (2019) relataram que as silagens de TMR têm sido confeccionadas a partir da mistura de considerável número de ingredientes, com um número médio nos estudos de 9 ingredientes, porém podendo chegar a um maior número de ingredientes ($n=18$). Em países orientais, a ensilagem de ração total tem sido realizada em silos fardos com capacidade de 600 a 750 kg, e as silagens apresentam em média 50 a 60%, 15 a 18% e 70 a 74% de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, respectivamente. (MIYAJI; MATSYAMA; NONAKA, 2017; WANG; NISHINO, 2013; WEINBERG et al., 2011).

Bueno et al. (2020) realizaram uma revisão a respeito dos principais aspectos envolvidos na ensilagem de TMRs na qual demonstraram que a confecção dessas silagens nas indústrias normalmente é feita a partir da mistura dos ingredientes em vagões misturadores estacionários e posteriormente armazenamento em bags ou enfardamento com compactadoras agrícolas. Para o enfardamento as máquinas procedem em duas etapas: a primeira consiste na embalagem dos ingredientes com plástico filme e a segunda no embrulho do fardo plástico filme *stretch*, que possui resistência mecânica e alta capacidade de aderência. Essas tecnologias aplicadas para ensilagem de TMRs permitem o transporte e uso flexível das silagens pelos produtores. Além disso, essas embalagens estão associadas à baixa perda de nutrientes durante o armazenamento mesmo quando há danos na embalagem (RESTELATTO, 2018).

De acordo com o levantamento de Neri et al. (2019), pesquisas com o uso de silagem de TMR têm sido conduzidas em outros países, como Finlândia (SEPPALA et al., 2013), Irã (ABDOLLAHZEDEH et al., 2010) e China (HU et al., 2015) e, mais recentemente, na Argentina (BRETSCHIEDER et al., 2015) e Brasil (GUSMÃO et al., 2018; RESTELATTO et al., 2019).

1.3.2 Qualidade da conservação

1.3.2.1 Processo fermentativo e produtos da fermentação

De acordo com Jobim e Nussio (2013), as principais características que permeiam a qualidade da fermentação durante a ensilagem são %MS e %CHOs, com relação proporcional, e, por outro, lado o poder tampão, o qual normalmente dificulta o processo. Além disso, a população epífita das plantas também possui forte impacto no curso da fermentação (rotas metabólicas).

Silagens de dieta total apresentam em média de 50 a 60% de MS (NERI et al., 2019). Esse conteúdo restrito de umidade além de inviabilizar o crescimento de alguns microrganismos prejudiciais à qualidade da fermentação, como bactérias do gênero *Clostridium* e algumas leveduras, pode ter efeito sinérgico na queda do pH, devido à tolerância de BAL (JOBIM; NUSSIO, 2013; MCDONALD et al., 1991).

Para o teor de carboidratos solúveis, um mínimo de 6 a 8% parece ser necessário para o curso desejável da fermentação (MCDONALD et al., 1991). Apesar da inclusão de ingredientes já fermentados (ex. silagem de milho) na TMR limitar o teor desses açúcares, ela pode contribuir para a acidificação do material imediatamente após a mistura, diminuindo a quantidade desses carboidratos necessários para a fermentação (BUENO et al., 2020). Ademais, é importante ressaltar que enzimas fibrolíticas presentes na massa e a hidrólise ácida podem disponibilizar esses carboidratos a partir da degradação das hemiceluloses (JOBIM; NUSSIO, 2013).

Quanto à capacidade tampão das silagens de TMR, ela é afetada principalmente pelo teor de PB, minerais e inclusão de tampões, como o bicarbonato de sódio. Apesar de essa capacidade ser desfavorável para a velocidade de redução do pH, ela viabiliza maior produção de ácido láctico (JOBIM; NUSSIO, 2013). Esse efeito pode contribuir para a estabilidade aeróbia da silagem quando nela há bactérias que utilizam esse ácido como precursor do ácido acético e

propiónico, os quais são conhecidos pela eficácia contra microrganismos deteriorantes (BUENO et al., 2020; WILKINSON; DAVIES, 2012).

Como mencionado anteriormente, a população microbiana presente da silagem é determinante para o curso da fermentação. Assim sendo, bactérias que realizam fermentação (1) homolática e (2) heterolática são as mais desejáveis para (1) redução do pH com menores perdas de matéria seca e (2) retardar a deterioração aeróbia. Por outro lado, são indesejáveis a fermentação por (3) enterobactérias e (4) clostrídios (fermentação butírica) em razão (3) das perdas fermentativas e potencial de causarem danos à saúde dos animais e (4) das perdas relevantes de MS e diminuição na palatabilidade e IMS da silagem. Porém, neste último caso, como bactérias do gênero *Clostridium* precisam de alta umidade para o crescimento, podem não representar um risco relevante para silagens de TMR (JOBIM; NUSSIO, 2013; RESTELLATO et al., 2019).

As silagens são passíveis, ainda, de (5) fermentação alcoólica por leveduras. Além da produção de etanol e das perdas significativas de MS durante a anaerobiose, a exposição ao oxigênio após a abertura do silo torna o crescimento das leveduras mais expressivo, resultando no aumento da temperatura da silagem e deterioração (MCDONALD et al., 1991; WANG; NISHINO, 2008). Por serem tolerantes a teores mais baixos de umidade e pH, podem ocorrer nas silagens de dieta total (JOBIM; NUSSIO, 2013, WANG; NISHINO, 2008).

Durante o processo fermentativo da silagem de dieta total ácidos orgânicos, compostos nitrogenados, álcoois, aldeídos, ésteres e cetonas são produzidos (BUENO et al., 2020; WEIMBERG et al, 2011). Conforme o levantamento de Neri et al. (2019), silagens de TMRs em relação à mesma dieta *in natura*, apresentaram redução do pH entre 17 e 26% e aumento dos teores de ácido láctico (180 a 392%), acético (172 a 285%) e propiônico (20 a 56%). Esses resultados apontam eficácia no padrão fermentativo das misturas ensiladas.

Em relação aos produtos da fermentação, normalmente o ácido láctico é o produto final predominante e é fundamental para reduzir o pH e preservar a MS e a energia da dieta. O ácido acético, também encontrado em concentrações significativas, desempenha papel notório na inibição de fungos e na estabilidade após a abertura do silo (NERI et al., 2019). Por outro lado, em alguns estudos como de Wang e Nishino (2008), tem sido verificada prevalência de etanol, representando até 3,1% da MS, o que segundo os autores, seria consequência da composição e/ou da maior presença de leveduras na TMR ensilada o que pode causar elevada perda de MS.

A redução do pH consiste em uma ferramenta importante na avaliação da qualidade de fermentação da silagem (MUCK, 2013), mas depende também da MS da dieta, ingredientes e tempo de armazenamento. Para silagens de dieta total com teor de matéria seca superior a 40%, é esperado um pH entre 4,0 e 5,0. Esses valores são aceitáveis para silagens com matéria seca elevada e foram capazes de limitar o crescimento de microrganismos indesejáveis durante a vedação (LIU et al., 2011; RESTELATTO et al., 2019).

Quanto ao nitrogênio amoniacal, teores inferiores à 10% em relação ao nitrogênio total indicam que não houve degradação excessiva de proteína; por outro lado, valores superiores a 15% apontam para uma proteólise mais significativa (AFRC, 1987). A atividade proteolítica tem origem de proteases vegetais e de microrganismos presentes no material ensilado, como bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias (OWENS et al., 2003; PAHLOW et al., 2003; RESTELATTO, 2019).

1.3.2.2 *Tempo de estocagem*

De maneira geral, à medida que se aumenta o tempo de armazenamento, ocorre maior fermentação e, conseqüentemente, conversão de açúcares disponíveis a ácidos láctico e acético; redução do pH da massa ensilada; aumento da estabilidade aeróbia e alteração do perfil microbiano em silagens estocadas por até 60 ou 90 dias (HU et al., 2015; MIYAJI; MATSUYAMA; NONAKA, 2017; RESTELATTO et al., 2019; WANG et al., 2016). Contudo, poucas mudanças parecem ser observadas após 90 dias de armazenamento (MIYAJI; MATSUYAMA; NONAKA, 2017).

Em relação a estabilidade aeróbia, há evidências que o aumento do tempo de fermentação ou estocagem proporciona maior estabilidade à massa ensilada. Restelatto et al. (2019) encontraram que a mudança do período de estocagem de 15 para 60 dias melhorou a estabilidade aeróbia de 61 para 216 horas, o que corrobora com os estudos de Wang et al., (2016) que demonstraram um aumento gradual de 102 para 122, 292 e 411 horas de estabilidade ao passo que se aumentava o período de armazenamento de 7, para 14, 28 e 56 dias, respectivamente.

Segundo Restelatto et al. (2019), a relação entre o tempo até a deterioração aeróbia e o tempo de armazenamento está associada à mudança no perfil de microrganismos nas silagens. De acordo com os autores, quando a TMR foi ensilada por mais tempo, foram encontradas maiores contagens de BAL e menores de leveduras. Resultados semelhantes foram relatados

por Wang e Nishino (2013) comparando o efeito de três períodos diferentes de estocagem (10, 30 e 90 dias) sobre a fermentação, estabilidade aeróbia e população microbiana.

Nesse sentido, Wang e Nishino (2009) compararam dietas armazenadas por 14 e 56 dias e encontraram reduções significativas nas contagens de leveduras de 10^5 ufc/g para níveis indetectáveis, e aumento da estabilidade aeróbia de 5,5 dias para no mínimo 14 dias sem deterioração. Além disso, foi observado que apesar de algumas espécies de BAL não terem sido identificadas na dieta fresca, foram encontradas na dieta ensilada por 56 dias, como o *Lactobacillus buchneri*, BAL heterofermentativa. Em relação aos produtos da fermentação, houve redução do ácido láctico (18,5 vs 14,9 g/kg) concomitante ao aumento expressivo do ácido acético (6,81 vs 11,6 g/kg), entre 14 e 56 dias de ensilagem.

Essas mudanças na composição química e microbiana encontradas por Wang e Nishino (2009, 2013) e Restelatto et al. (2019), ajudam a explicar o acréscimo na estabilidade aeróbia com o decorrer do tempo de estocagem. Isso ocorre devido ao potencial antifúngico das bactérias ácido lácticas heterofermentativas, que produzem ácido acético e precursores do ácido propiônico a partir do ácido láctico.

Quando o tempo de armazenamento é muito curto ou as dietas são de baixo valor nutritivo, o crescimento de bactérias ácido lácticas homo e heterofermentativas pode ser restrito, com consequências negativas ao padrão fermentativo, resultando em baixa produção de ácidos benéficos para a conservação da silagem. Como esses ácidos são fundamentais para a inativação de microorganismos deteriorantes, a baixa produção deles é acompanhada de elevado pH da silagem e alta contagem de fungos e leveduras. Nessas situações, é possível a recomendação do uso de inoculante visando a melhora da estabilidade aeróbia da silagem (CAO et al., 2011; YUAN et al., 2015).

Em razão da deterioração das silagens em poucas horas após a abertura (50 a 68 h), Restelatto et al. (2019) concluíram que o período de 15 dias de ensilagem pareceu insuficiente para adequada fermentação. Por outro lado, Guimarães (2019) encontrou estabilidade superior a 240 horas em período semelhante de estocagem. Esses diferentes resultados demonstram que as características intrínsecas de cada dieta também devem ser consideradas na definição do período de armazenamento. Determinar o tempo de estocagem é pertinente sobretudo do ponto de vista das indústrias, as quais precisam organizar a logística de produção, espaço para estocagem dos silos e comercialização (WANG, NISHINO, 2009).

A despeito da relação bem estabelecida entre tempo de estocagem e qualidade de conservação, o efeito sobre as características dietéticas possuem alta variabilidade na literatura (NERI et al., 2019), ensejando o desenvolvimento de pesquisas que visem estabelecer melhor essas alterações durante a ensilagem. De modo geral, com o aumento do tempo de armazenamento parece ocorrer redução na matéria seca da dieta, aumento do nitrogênio não proteico e redução de FDN e amido (MIYAJI; MATSUYAMA; NONAKA, 2017; RESTELATTO et al., 2019).

1.3.2.3 Perdas de Matéria Seca

As perdas de matéria seca decorrentes da ensilagem estão associadas principalmente à produção de dióxido de carbono (BORREANI et al., 2018). Assim como as concentrações de ácidos orgânicos, as perdas fermentativas são dependentes principalmente da população microbiana presente na massa ensilada, teor de MS, tempo de armazenamento e ingredientes que compõem a dieta (RETELATTO, 2018).

Embora elas sejam inerentes ao processo fermentativo, as pesquisas com silagens de TMR, em sua maioria, constataram perdas discretas de aproximadamente $4,6 \pm 2,6\%$ da matéria seca (NERI et al., 2019).

A inclusão de ingredientes com alto teor de matéria seca nas misturas com coprodutos úmidos atua como aditivos absorventes, contribuindo para o aumento da matéria seca da mistura. Esse aumento consiste em uma das principais razões para o sucesso na redução das perdas de matéria seca na TMR, uma vez que reduz a atividade de água e aumenta a pressão osmótica em silagens, criando um ambiente hostil ao desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (MUCK, 2010; GUSMÃO, 2017).

Ademais, a eficiência de compactação e vedação também são frequentes nas misturas ensiladas, as quais apresentam densidade média de 324 a 499 kg de MS/m³ (BUENO et al., 2020), contribuindo para reduzir as perdas de matéria seca (RESTELATTO et al., 2019).

1.3.2.4 Estabilidade aeróbia

Durante o período pós-abertura do silo, eventualmente é possível identificar o processo de deterioração do material ensilado decorrente do crescimento de microrganismos aeróbios. Esse processo normalmente inicia-se com a oxidação de CHOs e ácido lático por leveduras, gerando CO₂, H₂O, calor e ácido acético (PAHLOW et al., 2003).

Kung Jr. et al. (2000) definiram estabilidade aeróbia como o tempo necessário para que a temperatura da silagem ultrapasse a do ambiente em 2 °C, representando a resistência da silagem ao aquecimento causado pelo crescimento de microrganismos aeróbios no painel do silo. Esse tempo até o início da deterioração pode ser afetado por vários fatores, tais como: pH, concentração de ácidos lático e acético, etanol, carboidratos solúveis residuais e população de fungos filamentosos e leveduras (RESELLATO et al., 2019; WANG; NISHINO, 2008).

Fungos filamentosos e leveduras têm sido apontados como os principais microrganismos responsáveis pelo processo de deterioração aeróbia em razão da maior habilidade de sobreviverem sob condições de baixo pH e de tolerarem ácidos orgânicos (HAO et al., 2015; JOBIM; NUSSIO, 2013).

De acordo com McDonald (1991), a presença de leveduras em concentração superior a 10^5 ufc/g de massa ensilada está associada ao processo de deterioração aeróbia. Portanto, a estabilidade aeróbia é uma característica de grande relevância não apenas em razão das perdas de matéria seca e nutrientes em consequência do processo de deterioração, mas também pelo risco da produção de micotoxinas prejudiciais à saúde dos animais (SCMIDT; KUNG, 2010).

Em estudos complementares aos do presente experimento, Guimarães (2019) avaliou a estabilidade aeróbia da dieta total com e sem adição de aditivo à base de ácido propiônico tamponado submetida a quatro tempos de estocagem (0, 15, 30 e 60 dias). No estudo, o período mínimo de 15 dias de armazenamento garantiu 240 horas de estabilidade, independente do uso de inoculante. Em contrapartida, a TMR *in natura* em apenas 13,8 horas superou a temperatura ambiente em 2 °C e com 160,2 horas de exposição atingiu a temperatura máxima (29,9°C), que foi seis graus superior (23,8°C), à relatada nas silagens de 15 dias de estocagem. Além disso, houve redução linear das temperaturas médias até os 60 dias de armazenamento, sendo elas 28,8, 22,4, 21,2 e 20,2°C, para 0, 15, 30 e 60 dias, respectivamente.

De maneira geral, nas silagens de TMR a estabilidade aeróbia tende a ser maior em comparação às silagens de gramíneas (NISHINO et al., 2004; XU et al., 2010). Segundo Wang e Nishino (2008), a alta resistência à deterioração das silagens de TMR pode estar associada a uma redução na contagem de leveduras quando o processo fermentativo é prolongado para 30 dias ou mais, tornando-as quase ou completamente indetectáveis em silagens ($<10^2$ ufc/g) de TMR de 56 d. Todavia, mesmo quando a contagem de fungos foi superior a 10^6 ufc/g, os autores observaram resistência ao processo de deterioração. Dessa forma, outra possibilidade sugerida pelos autores é dessa estabilidade ser atribuída a alta produção de ácidos não dissociados no

processo de fermentação, os quais mantiveram-se altos mesmo após a abertura e exposição ao ar. De acordo com os autores, tais ácidos, sobretudo o ácido acético, desempenham um papel inibitório sobre o desenvolvimento dos fungos.

Sendo assim, ainda não são muito bem elucidadas as informações sobre como e por que estas misturas são mais estáveis em aerobiose e quais as características ideais da TMR a ser ensilada (WILKINSON E MUCK, 2018).

1.3.2.5 Aditivos

De acordo com Siqueira (2013), o propósito de utilização dos aditivos está relacionado à meta que se queira atingir. Portanto, para atingir resultados promissores é indispensável o conhecimento prévio das características do alimento que será submetido à ensilagem e do processo fermentativo. Quando utilizados adequadamente, os aditivos garantem benefícios ao processo de ensilagem, tais como: redução nas perdas, conservação do valor nutritivo, aumento da estabilidade aeróbia e efeitos benéficos sobre o desempenho e produtividade animal.

Para Wilkinson e Davies (2012), a preservação dos nutrientes advém de todo o processo envolvido na produção da silagem e termina com a ingestão do alimento pelo animal. Durante o armazenamento, a massa ensilada está sujeita a quatro etapas, (1) respiração aeróbia imediatamente após a vedação do silo, (2) fermentação anaeróbica, (3) estabilização e (4) abertura do silo e exposição ao oxigênio.

De acordo com Van Soest (1994), as principais metas do uso de aditivos em silagens são influenciar o padrão fermentativo e alterar a composição do material ensilado, buscando melhor valor nutritivo. Neste sentido, por muitos anos as pesquisas se direcionaram a alcançar um padrão fermentativo ideal na fase dois, fomentando o desenvolvimento de aditivos potencializadores ou inibidores de fermentação. Contudo, a proliferação de microrganismos deteriorantes e perda de valor nutritivo observadas na fase quatro, tornaram-na reconhecida com igual importância às anteriores na manutenção da qualidade da silagem (KUNG et al., 2003; MCDONALD et al., 1991).

Durante a anaerobiose, bactérias produtoras de ácido láctico (BAL), epifíticas ou inoculadas, desempenham um papel imprescindível para a queda do pH, resultando na inibição de enzimas e microrganismos prejudiciais para a preservação do material (SCHMIDT; KUNG, 2010; TABACCO et al., 2011; WEINBERG et al., 2011; WILKINSON; DAVIES, 2012). Por

muitos anos as culturas de BAL homofermentativas foram usadas como inoculantes no intuito de obter melhores conservação e valor nutritivo do material ensilado (MCDONALD et al., 1991). No entanto, embora a inoculação de BAL melhore a qualidade da fermentação, ela não inibe o crescimento de leveduras. Além disso, pode aumentar a instabilidade aeróbia da silagem, uma vez que o ácido láctico é usado como substrato para o crescimento de microrganismos deteriorantes (HU et al., 2009; KUNG et al., 2003; RIBEIRO; QUEIROZ; NUSSIO, 2005; WILKINSON; DAVIES 2012).

Posto isto, inoculantes com cepas de bactérias heterofermentativas, como a *Lactobacillus buchneri*, foram desenvolvidos como alternativa nos casos em que a deterioração aeróbia representa um problema na propriedade (WILKINSON; DAVIES 2012).

O *L. buchneri* tem sido utilizado para melhoria da estabilidade aeróbia em silagens em decorrência do potencial dos produtos de sua fermentação contra fungos associados ao início do processo de deterioração (RANJIT; KUNG, 2000; TABACCO et al., 2009; TAYLOR et al., 2002). Essa propriedade advém da capacidade de fermentar o ácido láctico em ácido acético e 1,2-propanodiol, sendo que este último tem a possibilidade de ser degradado em 1-propanol e ácido propiônico na presença de *Lactobacillus diolivorans* (KROONEMAN et al., 2002).

Tanto o ácido acético quanto o propiônico são eficazes contra microrganismos deteriorantes (MOON, 1983). A presença de ácidos graxos de cadeia curta não dissociados inibem o crescimento de fungos, prolongando o período de estabilidade em exposição ao oxigênio (WILKINSON; DAVIES 2012). A maior concentração da forma não dissociada de tais ácidos ocorre quando o pH do material é inferior ao pKa dos ácidos (3,08, 4,76 e 4,86 para os ácidos láctico, acético e propiônico, respectivamente) (ZIRCHROM, 2021). Dessa forma, são capazes de atravessar a membrana celular dos fungos e liberar H⁺ no meio intracelular, causando desequilíbrio ácido-base e morte dos mesmos (MUCK et al., 2018).

O baixo pKa do ácido láctico que o mantém na forma dissociada e não permeável, é consistente com os achados de que esse ácido se mostra ineficaz contra leveduras e fungos filamentosos e com maior propensão a instabilidade aeróbia (WILKINSON; DAVIES, 2012; ZIRCHROM, 2021). Por outro lado, silagens com altas concentrações de ácido acético não dissociado são mais estáveis. Embora tenha ação antifúngica semelhante à do ácido acético, a inibição de bactérias produtoras de propionato em pH < 4,8, faz com que este ácido se apresente em quantidades inferiores aos demais. (MERRY; DAVIES, 1999; MOON, 1983; PAHLOW; HONIG, 1994).

Nesse contexto, a utilização de aditivo químico à base de ácido propiônico tamponado tem sido eficaz na inibição de leveduras que assimilam ácido láctico após a exposição da silagem ao oxigênio (MUCK et al. 2018). Essa propriedade ocorre em razão da forte propriedade antifúngica deste ácido quando se encontra na forma não dissociado, ou seja, em pH reduzido (KLEINSCHMIT; SCHIMIDT; KUNG, 2005).

Os estudos de Kung et al. (1998, 2000) demonstraram melhoria na estabilidade da silagem de milho com a aplicação de ácido propiônico a 0,2 e 0,3% do peso da forragem, com aumento gradativo proporcional a dose. Todavia, quando a aplicação foi de 0,1% do peso da forragem fresca, Kleinschmit et al. (2005) relataram falha na prevenção contra o acúmulo de leveduras.

Chen et al. (2016) avaliaram o efeito de quatro aditivos sobre a conservação da silagem de TMR, sendo eles (1) sem aditivos, (2) inoculante com BAL (*Lactobacillus plantarum*) a 10^6 ufc/g, (3) ácido propiônico a 0,3% da matéria natural e (4) ácido propiônico a 0,3% + BAL a 10^6 ufc/g. Todas as silagens apresentaram bom padrão de fermentação, representados pelo baixo pH (3,78 a 3,94) e N-NH₃ (2,34 a 5,28% MS), e alto teor de ácido láctico, indicando, portanto, que a TMR pode ser preservada com ou sem aditivos. Em contrapartida, após 12 dias de exposição ao oxigênio apenas os tratamentos com ácido propiônico permaneceram estáveis, e os demais deterioraram-se, indicado por uma redução no ácido láctico e um aumento no pH e número de leveduras. Além disso, a associação do ácido propiônico e da BAL melhorou a digestibilidade *in vitro* dos nutrientes da silagem TMR.

Segundo a revisão de Muck et al. (2018), outros estudos demonstraram que a aplicação de aditivo à base de propionato na dose de 0,2% de matéria natural não só aumentou a estabilidade aeróbia, mas também reduziu o teor de ácido butírico e etanol. Ademais, aditivos compostos por uma mistura de ingredientes incluindo ácido propiônico, aplicados entre 2 e 5 litros por tonelada também demonstraram eficiência em eliminar leveduras (10^1 vs 10^5 ufc/g) e reduzir perdas de matéria seca.

Diferentemente dos resultados mencionados acima, Guimarães (2019) relatou que a utilização de aditivo à base de ácido propiônico tamponado (0,5 L/ tonelada de dieta fresca e diluição 1:4) não influenciou a estabilidade aeróbia e/ou temperaturas acumulada, média e máxima das silagens de dieta total. Contudo, para ambos os tratamentos (com e sem aditivo) as silagens demonstraram boa estabilidade quando submetidas a 15 ou mais dias de estocagem.

1.3.3 Valor nutricional

Segundo o levantamento realizado por Neri et al. (2019), a composição química das silagens de TMRs têm apresentado em média os teores 52,5; 16,5; 32,7; 28,2% para MS, PB, FDN e amido, respectivamente. Para os autores, esses parâmetros revelam uma composição típica de dietas para vacas leiteiras de alta produção (Tabela 04).

Tabela 04. Composição química das silagens de TMR (*total mixed ration*)

Parâmetro	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	Estudo 4
⁵ MS	43,2	64,1	49,4	56,1
⁶ PB	15,4	15,6	18,5	16,2
⁶ FDN	31,1	35,4	32,2	32,8
⁶ Amido	35,3	20,7	26,5	28,0

¹MIYAJI et al. (2012); ²MIYAJI et al. (2013); ³MIYAJI et al. (2014); ⁴MYIAJI; NONAKA (2018); ⁵% matéria natural; ⁶% matéria seca; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral.

Fonte: Adaptado de NERI et al. (2019).

Existe uma variabilidade expressiva entre os estudos referente às mudanças na composição química decorrentes da ensilagem de TMRs, o que torna difícil prever as alterações esperadas em cada parâmetro (BUENO et al., 2020). Em geral, comparadas à dieta *in natura*, as misturas ensiladas possuem maiores tendências a diminuição nos teores de MS, carboidratos solúveis e também podem apresentar redução do amido e aumento de PB (HU et al., 2015; MIYAJI; MATSYAMA; NONAKA, 2015, 2017; WANG et al., 2016). Além disso, Restelatto et al. (2019) e Wang et al. (2016) observaram menor teor de FDN.

Os carboidratos solúveis em água são os principais substratos para o crescimento microbiano durante a fermentação e sofrem um rápido declínio durante as primeiras semanas de fermentação. Entretanto, Weinberg et al. (2011) relataram uma diminuição contínua até os 144 dias de armazenamento (9 a 1% da MS). Após a ensilagem, os produtos finais da fermentação se acumulam às custas do consumo desses carboidratos (BUENO et al., 2020).

Em relação ao conteúdo proteico, a degradação da proteína durante a ensilagem é inevitável e causa a mudança no perfil de nitrogênio em comparação a dieta *in natura*. Segundo McDonald et al. (1991) e Rooke e Hatfield (2003), essas mudanças no perfil proteico durante a ensilagem são conseqüentes da hidrólise de proteínas por proteases vegetais e microbianas, elevando a proporção de peptídeos, aminoácidos e N-NH₃ durante a ensilagem.

A hidrólise da proteína ocorre em duas etapas: a primeira consiste no catabolismo dos macropeptídeos e resulta em peptídeos e aminoácidos livres, enquanto a segunda corresponde a descarboxilação e desaminação de desses aminoácidos, levando à produção de aminas biogênicas, NH_3 , CO_2 e ácidos orgânicos (BUENO et al., 2020). Sendo assim, na silagem de ração total misturada é esperado que haja aumento da proporção de nitrogênio não proteico em relação à proteína verdadeira por ação de proteases vegetais e microbianas (BUENO et al., 2020).

Apesar da degradação inicial das proteínas em pequenos peptídeos e aminoácidos normalmente ser mediada por enzimas vegetais (OHSHIMA; MCDONALD, 1978), para as silagens de dieta total essas transformação proteicas parecem ser predominantemente por ação dos microrganismos (HAO et al., 2019). Procedimentos envolvidos no beneficiamento de alimentos e manipulação dos coprodutos e a baixa umidade de silagens de TMRs causam uma provável inativação das proteases presentes no alimento (KONDO et al., 2015; HAO et al., 2019).

Algumas estratégias que viabilizam o rápido declínio pH no silo, como a adição de alimentos ricos em carboidratos solúveis (GUSMÃO, 2017) e de inoculantes (ARAKI, 2020), são capazes de limitar a extensão da proteólise e, assim, garantir maior preservação da proteína verdadeira. Além disso, outros fatores também influenciam a intensidade da degradação proteica durante a ensilagem, como a temperatura e espécie de microrganismos presentes (ROOKE, HATIFIELD; 2003).

Quanto ao amido, a maioria das bactérias responsáveis pela fermentação da silagem de dieta total não foi associada a atividade amilolítica (BUENO et al., 2020). Contudo, Miyaji; Matsuyama e Nonaka (2017) observaram redução do amido à medida que aumentou o tempo de armazenamento, com valores variando de 24,3% (dieta contendo milho floculado) e 27,3% (dieta total contendo arroz integral) no dia 0, para 20,5% após 210 dias de estocagem. Segundo os autores, essa redução pode ser ocasionada por bactérias ácido lácticas e leveduras, refletindo na produção de ácido láctico, ácido acético e etanol. Apesar das possíveis perdas, o processo de fermentação é capaz de solubilizar a matriz proteica que recobre os grânulos de amido e aumentar a digestibilidade do amido (MIYAJI; MATSUYAMA; NONAKA, 2017). Miyaji; Matsuyama e Hosoda (2014) sugeriram que esse efeito poderia aumentar a síntese de proteína microbiana ruminal.

Em relação aos polissacarídeos da parede celular, Wang et al. (2016) encontraram redução dos teores de FDN em uma TMR estocada por 56 d (46 vs. 43 %MS), enquanto os teores de FDA permaneceram estáveis (27% MS), sugerindo a ocorrência de hidrólise das hemiceluloses. Nesse sentido, Restelatto et al. (2019) também reportaram redução da FDN em função do período de estocagem (15 vs 60 d) e dentro do mesmo período (15d) para tratamentos diferentes (sem inoculante, 38,3% vs com inoculante BAL, 35,2 -35,4%). Segundo McDonald et al. (1991), pequenas proporções de hemiceluloses podem sofrer decomposição química durante a fermentação da silagem, liberando açúcares passíveis de serem fermentados por BAL.

A respeito da composição lipídica, em rações completas ela é representada principalmente por sementes oleaginosas, grãos e coprodutos. Em silos com boa vedação, a falta de oxigênio leva ao excesso de equivalentes redutores, como a nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzida- NADH. Assim, a betaoxidação lipídica e outras reações que dependem dessas moléculas para captação de hidrogênio ficam estagnadas durante a anaerobiose e, portanto, silagens bem conservadas normalmente apresentam teores de gordura semelhante ao do material fresco (BUENO et al., 2020). Esse comportamento pode ser observado no trabalho de Restelatto (2018), no qual todos os tratamentos obtiveram valores de EE semelhantes ao da dieta *in natura*, 2,9% MS.

Embora a mudança no percentual de lipídios não seja esperada, o perfil, por outro lado, pode sofrer variação. Lipases presentes nos vegetais podem ter suas atividades elevadas logo após a colheita, clivando as moléculas de triacilglicerol em glicerol e ácidos graxos livres. Esses ácidos graxos podem ser alvos tanto de biohidrogenação por bactérias presentes na silagem, diminuindo a proporção de ácidos graxos insaturados, quanto de enzimas lipoxigenases, em condições de pH neutro a alcalino, que resultam na produção de aldeídos e cetonas (WONGNEN et al., 2009; BUENO et al., 2020).

1.3.4 Desempenho de bovinos leiteiros

Após o reestabelecimento do uso de TMR nas duas últimas décadas como alternativa para a conservação de coprodutos, passou a existir uma demanda elevada de estudos sobre o desempenho de animais recebendo essas dietas. Ou seja, além da “qualidade de conservação do material ensilado”, a qual se refere ao padrão de fermentação e conservação do material, houve a necessidade de entender também a “qualidade da silagem”, que diz respeito à resposta animal ao alimento (JOBIM; NUSSIO, 2013).

Nesse sentido, Wongnen et al. (2009) avaliariam os efeitos da dieta total ensilada vs fresca sobre a produção e composição do leite em vacas leiteiras. De acordo com os autores, não foi observada qualquer influência sobre a produção de leite, composição ou eficiência alimentar. Embora o teor de gordura do leite não tenha variado, o perfil foi alterado: os ácidos graxos insaturados na gordura do leite foram maiores em vacas alimentadas com TMR comparados à TMR ensilada, devido à biohidrogenação do ácido oleico durante a fermentação.

Miyaji e Nonaka (2018) avaliaram o desempenho de vacas leiteiras de alta produção alimentadas TMR *in natura* ou ensilada, utilizando duas fontes de amido (arroz integral laminado a seco ou milho floculado). Os autores encontraram maior teor de amido e tendência de aumento na digestibilidade da MS para as dietas ensiladas. Houve uma tendência de aumento da IMS comparado às dietas frescas (23,0 vs 22,4 kg/d) e maior produção de leite (37,6 vs 35,4 kg/d).

Tomando os estudos acima como referência, é possível concluir que a dieta total ensilada consiste em um método eficiente para preservação da qualidade da TMR sem comprometer o desempenho de vacas leiteiras (WONGNEN et al., 2009), podendo, ainda, alcançar melhores resultados comparados aos de vacas alimentadas com TMR *in natura* (MIYAJI; NONAKA, 2018). Neste caso, o melhor desempenho estaria associado ao aumento na digestibilidade dos nutrientes como o amido, em consequência do processo fermentativo.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHZADEH, F. *et al.* Effect of feeding ensiled mixed tomato and apple pomace on performance of Holstein dairy cows. **Slovak Journal of Animal Science**, Lužianky, v. 43, n. 1, p. 31–35, 2010. ISSN: 1337-9984.
- AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report 2. **Characterization of feedstuffs**. Nutrition Abstracts and Reviews, Series B., v.57, p.713-736, 1987.
- ARAKI, H. M. C. **Silagem de dieta total para vacas leiteiras em lactação**. 2020. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2020.
- BLASI, D. A. *et al.* Corn Gluten Feed: Composition and Feeding Value for Beef and Dairy Cattle. Kansas State University, Manhattan, 2001. 14 p. Fev. 2001.
- BORREANI, G. *et al.* Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, mai. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>.
- BOYLES, S. **Corn gluten feed**. Ohio State University Extension, Beef Information, 2011.
- BRADFORD, B. J.; MULLINS, C. R. Invited review: Strategies for promoting productivity and health of dairy cattle by feeding nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 9, p. 4735-5460, set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5393>.
- BRETSCHNEIDER, G. *et al.* Effect of ensiling a total mixed ration on feed quality for cattle in smallholder dairy farms. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 47, n. 2, p. 225-229, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000200015>.
- BRODERICK, G. A.; MUCK, R. E.; PAULY, T. Relação entre proteólise no silo e eficiência de utilização de proteína dietética por vacas leiteiras em lactação. In 3º Simpósio Internacional sobre Qualidade e Conservação de Forragens, Campinas. **Anais...** DANIEL, J. L.P. *et al.* Piracicaba: FEALQ, jul. 2013; p. 219-240.
- BUENO, A. V. I. Ensiling Total Mixed Ration for Ruminants: A Review. **Agronomy**, South Dakota – USA, v. 10, n. 6, p. 879, jun. 2015. DOI: doi:10.3390/agronomy10060879.
- CAO, Y. *et al.* Fermentation characteristics and microorganism composition of total mixed ration silage with local food by-products in different seasons. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 82, p. 259- 266, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00840.x>.
- CARDOSO, R. R. **Avaliação de coprodutos ensilados da indústria do milho em dietas de vacas em lactação**. 2020. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2020.
- CHEN, L. *et al.* Effect of lactic acid bacteria and propionic acid on conservation characteristics, aerobic stability and in vitro gas production kinetics and digestibility of whole-crop corn based total mixed ration silage, **Journal of Integrative Agriculture**, China, v. 15, n.7, p. 1592-1600, set. 2016. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61482-X.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Pecuária leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017**. Compêndio de estudos Conab, v. 16, p. 1-67. Brasília: 2018. ISSN: 2448-3710.

COPPOCK, C. E.; D. L BATH; HARRIS, B. From feeding to feeding systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 6, p. 1230-1249, jun. 1981. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82698-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82698-7).

DANN, H. M. *et al.* Evaluation of lower-starch diets for lactating Holstein dairy cows. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 97, n. 11, p. 7151-7161, nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8341>.

FERREIRA, L. B. **Utilização de misturas de coprodutos em rações de vacas leiteiras**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

GUIMARÃES, M. E. S. **Estabilidade aeróbia de silagem de dieta total submetida a diferentes tempos de estocagem com ou sem presença de aditivo**, 2019. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2019..

GONÇALVES, M. F. *et al.* Desempenho de novilhas alimentadas com coprodutos da indústria do milho ou do ácido cítrico. **Veterinária notícias**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 28-36, mai. 2014. DOI: <https://doi.org/10.14393/VTV20N1a2014.24600>.

DERSON, S. L. *et al.* Nutritional Value of Wet Corn Gluten Feed for Sheep and Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 5, p. 1204-1210, mai. 1988. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79675-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79675-7).

GUSMÃO, J. O.; *et al.* Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass and Forage Science**, England, v. 73, n. 3, p. 717-726, abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12357>.

GUSMÃO, J. O. **Silagens de dietas completa contendo o capim-elefante como fonte de forragem**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

HAO, W. *et al.* Aerobic Stability and Effects of Yeasts during Deterioration of Non-fermented and Fermented Total Mixed Ration with Different Moisture 371 Levels. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, Gwanak-gu, v. 28, n. 6, p. 816-826, jun. 2015. DOI: [10.5713/ajas.14.0837](https://doi.org/10.5713/ajas.14.0837).

HAO, W. *et al.* Characteristics of proteolytic microorganisms and their effects on proteolysis in total mixed ration silages of soybean curd residue. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Gwanak-gu, v. 33, n. 1, p. 100-110, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0933>.

HOPKINS, B. A.; WHITLOW, L. W. **Recommendations for feeding selected by-product feeds to dairy cattle**. North Carolina State University: Cooperative Extension Service, 2002. 4 p.

HU, P. *et al.* Characterization of the predominant spoilage bacteria in sliced vacuum-packed cooked ham based on 16S rDNA-DGGE. **Food Control**, v. 20, n. 2, p. 99-104, fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.02.007>.

HU, X. *et al.* Fermentation characteristics and lactic acid bacteria succession of total mixed ration silages formulated with peach pomace. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, Gwanak-gu, v. 28, n. 4, p. 502–510, abr. 2015. DOI: [10.5713/ajas.14.0508](https://doi.org/10.5713/ajas.14.0508).

KLEINSCHMIT, D. H.; SCHMIDT, R. J.; KUNG JR, L. [The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage](#). **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 6, p. 2130–2139, jun. 2005. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72889-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72889-7).

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. Multipress. Jaboticabal. p. 649-658, 2013.

KLOPFENSTEIN, T.; OWEN, F. G. Value and potential use of crop residues and by-products in dairy rations. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 64, n. 6, p. 1250-1268, jun. 1981. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82699-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82699-9).

KONDO, M. *et al.* Changes in nutrient composition and in vitro ruminal fermentation of total mixed ration silage stored at different temperatures and periods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 96, n. 4, p. 1175-1180, abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7200>.

KROONEMAN, J. *et al.* *Lactobacillus diolivorans* sp. nov., a 1,2- propanediol degrading bacterium isolated from aerobically stable maize silage. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 52, n. 2, p. 639-646, mar. 2002. DOI: [10.1099/00207713-52-2-639](https://doi.org/10.1099/00207713-52-2-639).

KUNG J. R. L., *et al.* Microbial populations, fermentation end products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, Champaign v. 83, n. 7, p. 1479–1486, jul. 2000. DOI:

KUNG J. R., L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives: silage science and technology. **American Society of Agronomy**, Madison, n. 42, p. 305-360. jan. 2003. p. 305-360. DOI: [10.2134/agronmonogr42.c7](https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c7).

KUNG J. R. L., *et al.* The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1322–1330, mai. 1998. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75695-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75695-4).

LITZ, F. H. *et al.* Avaliação bromatológica e digestibilidade "in vitro" de rações para bovinos formuladas com coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico. **Veterinária notícias**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 42-47, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/VTv20n2a2014.23560>.

LIU, Q. H. *et al.* The effects of wilting and storage temperatures on the fermentation quality and aerobic stability of stylo silage. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 82, n. 4, p. 549-553, abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00873.x>.

MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The Biochemistry of Silage**. 2 ed. England: Chalcombe Publications, 1991. 340 p. ISBN 0-948617-22-5.

MENEGHETTI, C. D. C.; DOMINGUES J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista eletrônica nutritime**,

[S.I.], v. 5, n. 2, p. 512-536, mar/abr. 2008.

MERRY R. J.; DAVIES D. R. Propionic bacteria and their role in the biological control of aerobic spoilage in silage. **Le Lait**, Paris, v. 79, n. 1, p. 149–164, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1051/lait:1999112>.

MESCHIATTI, M. A. P. **Substituição do milho moído por co-produtos da indústria de processamento do ácido cítrico em dietas de terminação de bovinos em confinamento**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba, 2015.

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, HOSODA, K. Effect of substituting brown rice for corn on lactation and digestion in dairy cows fed diets with a high proportion of grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 2, p. 952-960, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7046>.

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H; NONAKA, K. Change in fermentation characteristics and nutrient contents of high-moisture ensiled total mixed ration containing steam-flaked corn or brown rice during storage. **Japanese Journal of Grassland Science**, v. 61, n. 3, p. 170–174, 2015. (English abstract). DOI: <https://doi.org/10.14941/grass.61.170>.

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H; NONAKA, K. Effect of ensiling process of total mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and in situ ruminal degradation characteristics of diet, **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 88, n. 1, p. 134-139, jan. 2017. DOI: [10.1111/asj.12610](https://doi.org/10.1111/asj.12610).

MIYAJI, M.; NONAKA, K. Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 6, p. 5092–5101, mar. 2018. DOI: [10.3168/jds.2017-13802](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13802).

MOON, N. J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, Malden, v. 55, n. 3, p. 453-460, dez. 1983. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1983.tb01685.x>.

MOSCARDINI, M. C. **Substituição do milho moído fino por polpa cítrica e/ou farelo de glúten de milho em rações para bovinos terminados em confinamento**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba, 2008.

MUCK, R. E. *et al.* **Silage review: Recent advances and future uses of silage additives**. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, mai. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>.

MUCK, R. E. Recent advances in the silage microbiology. **Agricultural and Food Science**, Finlândia, v. 22, n. 1, p. 3 – 15, mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.6718>.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 193-191, jul. 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010001300021.

MULLINS, C. R. *et al.* Effects of feeding increasing levels of wet corn gluten feed on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**,

Champaign, v. 93, n. 11, p. 5329-5337, nov. 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3310>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001.

NERI, J. *et al.* Silagem de TMR (total mixed ration) e PMR (partial mixed ration) para vacas leiteiras: desafios e oportunidades. In: Simpósio Internacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite, 2019, Uberlândia. **Anais...** Belo Horizonte: FEPMVZ, set. 2019, p. 10-16.

NISHINO, N. *et al.* Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 8, p. 2563-2570, ago. 2004. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73381-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73381-0).

NISHINO, N.; HARADA, H.; SAKAGUCHI, E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, p. 557-563, mar. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1395>.

OHSHIMA, M.; MCDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 29, n. 6, p. 497-505, jun. 1978. DOI: 10.1002/jsfa.2740290602.

OWENS, V. N.; ALBRECHT, K. A.; MUCK, R. E. Protein degradation and fermentation characteristics of unwilted red clover and alfalfa silage harvested at various times during the day. **Grass and Forage Science**, England, v. 57, n. 4, p. 329- 341, abr. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00333.x>.

PAHLOW G.; HONIG, H. The role of microbial additives in the aerobic stability of silage. In: 15th General Meeting European Grassland Federation, 1994, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Netherlands Society for Grassland and Fodder Crops, 1994. p. 149-151.

PAHLOW, G. *et al.* **Microbiology of ensiling**. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R.; HARRISON, J. R. (Ed). *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 31-93. DOI: 10.2134/agronmonogr42.c2. DOI: 10.2134/agronmonogr42.c2.

PEDROSO, A. M.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. M. Substituição do milho em grão por farelo de glúten de milho na ração de vacas em lactação em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1614-1619, ago. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800028>.

PEREIRA, L. G. R. *et al.* **Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes**. In: Embrapa Informática Agropecuária. **Embrapa**. Petrolina: Embrapa SemiÁrido, ago. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/257241/aproveitamento-dos-coprodutos-da-agroindustria-processadora-de-suco-e-polpa-de-frutas-para-alimentacao-de-ruminantes>. Acesso em 06 jun. 2021.

PEREIRA, L. G. R. *et al.* **O milho na alimentação de gado de leite.** In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 240-269.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: The 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 99, n. 2, p. 392-407, jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>.

RANJIT, N. K.; KUNG J. R. L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 3, p. 526-535, abr. 2000. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74912-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74912-5).

RESTELATTO, R. **Perfil fermentativo, composição químico-bromatológica e perdas na silagem de ração em mistura total.** 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2018

RESTELATTO, R. *et al.* Chemical composition, fermentative losses, and microbial counts of total mixed ration silages inoculated with different *Lactobacillus* species. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, n. 4, p. 1634-1644, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz030>.

RIBEIRO, J. L.; QUEIROZ, O. C.; NUSSIO, L. G. Desenvolvimento de aditivos microbianos para ensilagem: realidade e perspectivas. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2005, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2005. p. 1-23.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. **Biochemistry of ensiling.** In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISSON, J. H. Silage science and technology. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 95-140.

ROSA, A. A. **Degradabilidade in situ da fibra da palha de milho tratada com óxido de cálcio.** 2017. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei. 2017.

SCHADER, C. *et al.* Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. **Journal of the Royal Society Interface**, [SI], v. 12, n. 113, p. 20150891, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>.

SCHMIDT, R. J.; KUNG JR., L. The effects of *Lactobacillus buchneri* with or without a homolactic bacterium on the fermentation and aerobic stability of corn silages made at different locations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 4, p. 1616-1624, abr. 2010. DOI: [10.3168/jds.2009-2555](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2555).

SCHMIDT, P.; RESTELATTO, R.; ZOPOLLATTO, M. Ensiling total mixed rations - an innovative procedure. In: International Symposium on Forage Quality and Conservation, 2017, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: Luiz Gustavo Nussio, ESALQ, 2017. p. 7-20.

SCHROEDER, J. W. Optimizing the level of wet corn gluten feed in the diet of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 844-851, mar. 2003. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73667-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73667-4).

SENGER, C. C. D. et al. Composição e digestibilidade ‘in vitro’ de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600026>.

SEPPÄLÄ, A. *et al.* Controlling aerobic stability of grass silage-based total mixed rations. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 179, n. 1, p. 54-60, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.11.011>.

SIQUEIRA, G. R. Aditivos Associados à Ensilagem. IN: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Jaboticabal: Multipress, 2013. p. 649-658.

STOCK, R. A. *et al.* Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. In: American Society of Animal Science, 1999, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska. Faculty Papers and Publications in Animal Science. 1999, p. 1-12.

TABACCO, E. *et al.* Clostridial spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silages as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 107, n. 5, 1632–1641, nov. 2009. DOI: [10.1111/j.1365-2672.2009.04344.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04344.x).

TAYLOR, C. C. *et al.* The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, jul. 2002. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74253-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74253-7).

TOMICICH, T.R. et al. Nutrição de precisão na pecuária leiteira. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, Embrapa Gado de Leite, n. 79, v. 5, p. 54-72, dez 2015.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p. ISBN: 10-080142772X.

VELASCO, F. O. *et al.* **Hidróxido de sódio em resíduos agroindustriais para ruminantes**. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 209-239.

WANG, F.; NISHINO, N. Association of *Lactobacillus buchneri* with aerobic stability of total mixed ration containing wet brewers grains preserved as a silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, n. 3-4, p. 265-274, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.06.012>.

WANG, C.; NISHINO, N. Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 114, n. 6, p. 1687-1695, jun. 2013. DOI: [10.1111/jam.12200](https://doi.org/10.1111/jam.12200).

WANG, F.; NISHINO, N. Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 6, p. 2380– 2387, jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0821>.

WANG, H. *et al.* Dynamics associated with prolonged ensiling and aerobic deterioration of total mixed ration silage containing whole crop corn **Asian-Australasian Journal Animal**

Science, Gwanak-gu, v. 29, n. 1, p. 62–72, jan. 2016. DOI: [10.5713/ajas.15.0319](https://doi.org/10.5713/ajas.15.0319).

WEINBERG, Z. G. *et al.* Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film – A commercial scale experiment. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 164, n. 1, p. 125-129, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.016>.

WEISS, W. P. Use of a corn milling product in diets for dairy cows to alleviate milk fat depression. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 95, n. 4, p. 2081-2090, abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5026>.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, England, v. 68, n. 1, p. 1-19, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>.

WILKINSON, J. M.; MUCK, R. E. The future of ensiling: challenges and opportunities. In: XVIII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 2018, Bonn-Alemanha. **Proceedings...** Bonn-Alemanha: Organising Committee, 2018. p. 2-15.

WONGNEN, C. *et al.* Effects of Fermented Total Mixed Ration and Cracked Cottonseed on Milk Yield and Milk Composition in Dairy Cows. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, Gwanak-gu, v. 22, n. 12, p. 1625-1632, dez. 2009. DOI: 10.5713/ajas.2009.80668.

XU, C. *et al.* Feeding value of total mixed ration silage with spent mushroom substrate. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 81, p. 194-198, mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00728.x>.

YUAN, X. *et al.* The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 207, p. 41-50, set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.001>.

ZIRCHROM (2021). **Dissociation constants of organic acids and bases**. Disponível em: <https://www.zirchrom.com/organic.htm>.

CAPÍTULO 2: Composição das silagens de dieta total com inclusão de coprodutos submetidas a diferentes tempos de estocagem, com e sem aditivo.

RESUMO

A ensilagem de dieta total vem sendo aplicada recentemente como estratégia para otimizar o uso de coprodutos úmidos na alimentação de bovinos, contudo são escassas as pesquisas nacionais que subsidiam e consolidam a prática no Brasil. O objetivo com este trabalho foi avaliar a qualidade de conservação e composição bromatológica das silagens de dieta total com inclusão de coprodutos do processamento do milho e ácido cítrico, submetidas a quatro tempos de estocagem (0, 15, 30 e 60 dias), com e sem aditivo à base de ácido propiônico. Foram realizadas duas batidas, sendo uma com inoculante (FRESHCUT® Plus) e outra sem inoculante. Após a mistura dos alimentos em vagão forrageiro, a dieta foi ensilada em silos fardos cilíndricos (± 1.000 kg), compactados e envoltos por filme. As silagens foram estocadas por 0, 15, 30 e 60 dias de fermentação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 (com e sem aditivo) x 4 (tempos de estocagem), com 3 repetições. Os teores de MO reduziram com o avanço do tempo de estocagem, enquanto os teores de FDN_{CP} apresentaram resposta quadrática. Nas silagens sem aditivo, houve aumento do teor de PB com o aumento do tempo de estocagem. Em relação ao fracionamento proteico, com o aumento do período de estocagem observou-se aumento da fração A e redução das frações B1+B2. Em relação ao perfil fermentativo, com o aumento do tempo de estocagem houve redução no pH e aumento no N-NH₃. As silagens com aditivo apresentaram maiores valores de pH e tendência de maiores teores de N-NH₃. Sendo assim, silagens de dieta total confeccionadas com ingredientes com alta umidade e inclusão de coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico, a estocagem por 15 dias garante uma fermentação adequada, com poucas mudanças na composição da dieta e estabilidade aeróbia de 240 horas. Nessas condições, a utilização de aditivo à base de ácido propiônico não proporciona melhoria do valor nutritivo nas silagens de dieta total.

Palavras-chave: conservação de ração total misturada; análise química; fracionamento proteico; subprodutos.

ABSTRACT

The total mixed ration (TMR) silage has been recently applied as a strategy to optimize the use of wet by-products in cattle feed, however, there are few national research that support the practice in Brazil. In this context, an experiment was conducted in order to evaluate the conservation quality and chemical composition of total mixed ration silages containing corn processing by-products and citric acid, submitted to four storage times (0, 15, 30 and 60 days), with and without propionic acid additive. Two mixtures were performed, one with inoculant (FRESHCUT® Plus) and the other without inoculant. After mixing the ingredients in stationary mixer wagon, the mixtures were wrapped in film and stored in bale silos (\pm 1,000 kg). The silages were stored for 0, 15, 30 and 60 days of fermentation. The experimental design was completely randomized, in a factorial arrangement 2 (with and without additive) x 4 (storage times), with 3 replications. The samples were used for chemical composition, pH and NH₃-N analyses. The OM contents decreased with the advancement of storage time, while the NDF contents showed a quadratic response. In silages without additive, there was an increase in CP content with increasing storage time. Regarding protein fractions, an increase of fraction A was observed and decreased of B1+ B2. Regarding the fermentation profile, there was a reduction in pH and an increase in NH₃-N with increasing storage time. Silages with additive showed higher pH values and a trend towards higher NH₃-N contents. For total diet silages made with ingredients with high moisture and inclusion of co-products from the corn industry and citric acid, storage for 15 days ensures adequate fermentation, with few changes in diet composition and aerobic stability of 240 hours. Under these conditions, the use of propionic acid-based additive does not improve the nutritive value of total diet silages.

Keywords: TMR conservation; chemical analysis; protein fractions; by-products.

2.1 Introdução

A alimentação dos animais é um dos fatores de maior representatividade na produção e nos custos dos diferentes sistemas de produção. De acordo com dados da CONAB (2018), a alimentação representa aproximadamente 45% do custo operacional total da atividade leiteira. Além disso, o cenário de adversidades climáticas concomitantes à desvalorização da moeda nacional, tornaram ainda mais onerosa a aquisição de insumos nacionais e importados (CEPEA-Esalq/USP/CNA, 2021).

Nesse panorama, a utilização de coprodutos apresenta-se como uma estratégia importante para as agroindústrias e os produtores. Provenientes do processamento secundário de resíduos agroindustriais, esses insumos apresentam bom valor nutritivo, sendo capazes de suprir demandas nutricionais com um custo inferior ao de insumos tradicionais. Além disso, sua utilização na alimentação animal é uma maneira eficaz de reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte de resíduos industriais, consolidando assim, uma pecuária mais sustentável.

A despeito dos potenciais benefícios do uso de coprodutos, a introdução dos mesmos nas dietas torna-se limitada em virtude de alguns desafios, como a variabilidade na composição química entre plantas industriais, a escassez de trabalhos avaliando desempenho animal e, aos que apresentam elevado teor de umidade, a baixa estabilidade aeróbia e o entrave na logística de transporte e armazenamento (BRADFORD; MULLINS, 2012; PEREIRA et al., 2009).

Nesse sentido, a prática da ensilagem de dieta total, ou do inglês TMR (*total mixed ration*), consiste em uma estratégia capaz de otimizar o uso de coprodutos, principalmente úmidos, em dietas para ruminantes. A combinação de ingredientes de baixa umidade com coprodutos úmidos através da formulação da dieta total, viabiliza um teor adequado de matéria seca para o processo de fermentação. O correto armazenamento contribui para redução de perdas, gastos com secagem, e, sobretudo, possibilita a preservação da qualidade dos alimentos, características que são fundamentais para o sucesso na utilização dos coprodutos (WEINBERG et al., 2011).

Segundo Neri et al. (2019) as silagens de TMR vêm sendo produzidas a partir da combinação de um número considerável de ingredientes, em média 9. Após a mistura, a dieta é armazenada em silos fardos com 600 a 750 kg e 50 a 60% de matéria seca (MIYAJI; MATSYAMA; NONAKA, 2017; WANG; NISHINO, 2013; WEINBERG et al., 2011).

O elevado teor de matéria seca impede o crescimento de muitos gêneros de microrganismos prejudiciais à preservação, como bactérias do gênero *Clostridium* e algumas leveduras, e pode ter efeito sinérgico no declínio do pH, devido à tolerância de BAL (JOBIM; NUSSIO, 2013; MCDONALD et al., 1991). Dessa forma, as pesquisas com silagens de TMR, em sua maioria, constataram perdas discretas de aproximadamente $4,6 \pm 2,6\%$ da matéria seca (NERI et al., 2019).

Em relação ao processo fermentativo, à medida que se aumenta o tempo de armazenamento, há maior transformação de carboidratos solúveis em ácidos láctico e acético; diminuição do pH; aumento da estabilidade aeróbia e alteração do perfil microbiano em silagens estocadas por até 60 ou 90 dias (HU et al., 2015; MIYAJI; MATSUYAMA; NONAKA, 2017; RESTELATTO et al., 2019; WANG et al., 2016).

Miyaji e Nonaka (2018) avaliaram o desempenho de vacas leiteiras de alta produção alimentadas TMR *in natura* ou ensilada, utilizando duas fontes de amido (arroz integral laminado a seco ou milho floculado). Os autores encontraram uma tendência de aumento da IMS da dieta ensilada em comparação às dietas frescas (23,0 vs 22,4 kg/d) e maior produção de leite (37,6 vs 35,4 kg/d).

No Brasil ainda são poucos os trabalhos disponíveis que contemplam e subsidiam as técnicas empregadas na ensilagem de TMR. Além das boas perspectivas para as agroindústrias, representa uma oportunidade aos produtores, os quais nem sempre dispõem de mão-de-obra, equipamentos, estrutura para armazenamento de insumos e conhecimento para produzir e oferecer uma dieta total balanceada aos seus animais.

A condução do ensaio ocorreu a partir das hipóteses: (i) a composição bromatológica e perfil fermentativo das silagens seriam influenciados pelos tempos de estocagem, com melhores resultados obtidos em períodos mais prolongados de armazenamento; (ii) com o uso de aditivos à base de ácido propiônico, haveria melhora no perfil fermentativo, com menos perdas e mudanças na composição durante a ensilagem.

A partir disso, o objetivo com esse trabalho foi avaliar a qualidade de conservação e composição bromatológica das silagens de dieta total com inclusão de coprodutos do processamento do milho e ácido cítrico, submetidas a quatro tempos de estocagem (0, 15, 30 e 60 dias), com e sem aditivo à base de ácido propiônico.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local e confecção das silagens

O experimento foi conduzido em parceria do Setor de Bovinocultura de Leite da Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia com a unidade de Uberlândia da empresa Cargill Agrícola S.A. Para o ensaio confeccionou-se uma dieta total com inclusão de coprodutos da indústria de processamento do milho e do ácido cítrico (Tabela 05). A composição dos ingredientes utilizados está descrita na Tabela 06.

Tabela 05. Composição da dieta total

Ingredientes	% na matéria seca
Palha de milho	3,2
Silagem de milho	45,8
Casca de soja	6,9
Milho quebrado	6,7
Raffinate	3,0
Micélio	2,6
Caroço de algodão	4,3
Farelo de soja	4,2
GoldenMill	16,1
Soypass	3,4
Núcleo mineral e vitamínico ¹	2,6
Bicarbonato de sódio	1,2

¹19,27 % Ca, 4,20 % P, 9,5% Na, 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, 500 mg Monensina/Kg.

Tabela 06. Valor nutricional dos ingredientes utilizados

Parâmetro	Silagem de milho	Palha de milho	Caroço de algodão	Soypass	Farelo de soja	GoldenMill	Milho quebrado	Casca de soja	Micélio	Rafinate
MS ¹	26,69	80,20	91,77	85,75	86,27	40,19	85,97	86,25	19,96	59,47
MO ²	96,11	96,95	95,87	92,72	92,50	92,66	98,28	95,07	98,43	95,26
PB ²	6,89	5,29	25,52	50,79	49,36	27,54	9,70	10,66	18,84	23,18
EE ²	3,53	1,26	16,32	2,13	2,91	3,98	4,86	2,77	1,75	8,96
FDN _{cp} ²	55,81	77,97	44,70	11,26	16,47	37,53	18,74	72,48	57,10	
CNF _{cp} ²	29,87	12,43	9,34	28,53	23,76	23,61	64,98	9,15	20,75	63,13
FDA ²	32,84	46,06	40,09	11,82	14,34	12,53	4,28	47,93	49,10	
Lignina ²	5,84	7,00	14,50	1,18	0,61	0,89	0,85	3,14	6,57	

¹% matéria natural; ²% matéria seca; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF_{cp} = carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido.

A primeira etapa de produção consistiu na mistura da dieta por meio do vagão forrageiro modelo RC295 HELN (Kuhn Knight Inc., Brodhead, WI), com capacidade de 27 m³. Foram realizadas duas batidas, sendo uma com inoculante e outra sem inoculante. O inoculante utilizado FRESHCUT[®] Plus é composto por uma combinação de três ácidos orgânicos, propiônico, benzoico e acético (Kemin Industries, Des Moines, IA) e foi aplicado na dose de 0,5 litros por tonelada de dieta *in natura*, com diluição de 1:4, e vazão de 1 litro por minuto (250 ml correspondente ao aditivo). A aspersão foi realizada com auxílio de uma bomba costal durante o transporte, via esteira, da dieta misturada até o local de compactação e enfardamento. Para a dieta total sem aditivo um volume de água equivalente foi igualmente aspergido.

A dieta foi ensilada com uso da compactadora Orkel modelo MP2000 (Orkel, Fannrem, Norway). No total foram confeccionados 24 silos fardos cilíndricos, sendo 12 com aditivo e outros 12 sem aditivo, com dimensão de 1,2 metros de altura por 1,15 metros de diâmetro e aproximadamente 1.000 kg de matéria natural. Durante a compactação e enfardamento, os silos foram revestidos por 8 camadas de filme resistente a UV e espessura de 25 µm. Posteriormente à confecção, eles foram individualmente pesados e em seguida estocados até o momento da abertura, ou seja, após 0, 15, 30 e 60 dias de fermentação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 (com e sem aditivo) x 4 (tempos de estocagem), com 3 repetições.

2.2.2 Composição química

No momento da abertura de cada silo fardo, foi coletada uma amostra em diferentes pontos da massa já desensilada e submetida a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e, posteriormente, processadas em moinho de faca tipo Willey e peneira com crivos de 1 mm.

No Laboratório de Nutrição Animal (FAMEV-UFU), as amostras processadas a 1 mm foram analisadas quanto aos teores matéria seca (MS; método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB; método INCT-CA N-001/1), proteína insolúvel em detergente neutro (INCT-CA N-004/1) e proteína insolúvel em detergente ácido (INCT-CA N005/1), extrato etéreo (EE, método INCT-CA G-004/1), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN; método INCT-CA F-001/1), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA; método INCT-CA F-004/1) conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; DETMANN, et al., 2012). A matéria

orgânica (MO) foi calculada a partir da diferença entre matéria seca e cinzas (AOAC, 2000 método 942,05).

O fracionamento de proteína foi realizado em quatro frações (A, B1+B2, B3 e C). A fração A, correspondente ao nitrogênio não proteico (NNP), foi determinada através da diferença entre N total e N insolúvel em ácido tricloroacético (TCA). Para isso foi imergido 0,5 g de amostra em 50 mL de água por 30 minutos, adicionando-se posteriormente, 10 mL de ácido tricloroacético a 10% por mais 30 minutos. A seguir procedeu-se a filtragem da amostra com papel filtro (Whatman 54), medindo-se o N residual pelo método de Kjeldahl. O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram dosados a partir dos resíduos de FDN e FDA, respectivamente, e multiplicados pelo fator 6,25 para determinação dos teores proteicos. Assim, a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) constituiu a fração C, enquanto a fração B3, proteína de degradação lenta, foi determinada pela diferença entre a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e PIDA. A fração B1+B2, proteína verdadeira de degradação mais rápida, foi obtida através da diferença $100 - (A + B3 + C)$ (SNIFFEN et al., 1992).

Os teores de carboidratos não fibrosos foram calculados utilizando a equação proposta pelo NRC (2001), $CNF = 100 - (\% FDN + \% PB + \% EE + MM)$.

2.2.3 Produtos finais da fermentação

A determinação do pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi realizada através de um extrato aquoso das silagens, em que 25 g de amostra foram misturadas a 225 ml de água destilada. A leitura do pH foi realizada após 30 minutos de repouso da solução com medidor de pH de bancada (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Para obtenção do teor de nitrogênio amoniacal, o extrato aquoso foi previamente filtrado e em seguida diluído em 25 ml de água destilada. Em sequência, foi feita a destilação do extrato com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, empregando-se solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,06 N (AOAC, 1995).

2.2.4 Perdas de matéria seca

A determinação das perdas de matéria seca ocorridas durante o processo de fermentação foi calculada por diferença entre o peso (em MS) de cada silo fardo logo após a confecção e o peso (em MS) no momento de abertura, decorridos os tempos de armazenamento. A pesagem

dos silos foi realizada através da Balança Eletrônica de Piso Gênova[®] (modelo 2000 kg x 500g - plataforma 1,50 x 1,50).

2.2.5 Análise estatística

Os dados foram avaliados pelo teste de Lilliefors para verificação quanto à normalidade da distribuição e analisados considerando os efeitos fixos de utilização de aditivo (com ou sem aditivo), tempo de estocagem (0, 15, 30 e 60 dias) e da interação entres esses fatores e efeito aleatório de silo ($n = 3$). Significância estatística foi considerada quando $P \leq 0,05$ e, nesse caso, foi feito estudo de regressão em função dos tempos de estocagem (efeitos linear e quadrático, $P < 0,05$). Significância marginal foi considerada quando $0,05 < P \leq 0,10$. Adicionalmente, a associação entre variáveis dependentes foi analisada pelo coeficiente de correlação de Pearson ($P < 0,05$).

2.3 Resultados

Os efeitos do tempo de estocagem e do uso de aditivo sobre a composição química das silagens e fracionamento da proteína bruta são apresentados na Tabela 07 e 08, respectivamente.

Não houve efeito do uso de aditivo sobre o valor nutricional das silagens de dieta total. De maneira semelhante, o tempo de estocagem não influenciou os teores de EE (3,3%), FDA (24,6%) e lignina (4,1%) das silagens.

Em contrapartida, houve efeito do tempo de estocagem sobre os teores de MS, MO, PB, FDN_{CP} e CNF_{CP}, que foram, em média, 37,3, 92,8, 15,8, 40,3 e 33,4%, respectivamente. Os teores de MO reduziram com o avanço do tempo de estocagem, enquanto os teores de FDN_{CP} e CNF_{CP} apresentaram resposta quadrática, com os valores mais altos (42,3%) e mais baixos (31,3%) sendo observados nas silagens estocadas por 30 dias, respectivamente. Nas silagens sem aditivo, houve aumento do teor de PB com o aumento do tempo de estocagem.

A utilização de aditivo não modificou o fracionamento da PB, porém o avanço no tempo de estocagem resultou em aumento da fração A e redução das frações B1+B2, sugerindo ocorrência de hidrólise da proteína verdadeira de degradação rápida (Tabela 08). Em relação à dieta *in natura*, na silagem estocada por 60 dias houve aumento de 28% ou 0,5 unidades percentuais por dia de estocagem na fração A, e redução de 49% ou 0,8 unidades percentuais por dia de estocagem nas frações B1+B2.

Tabela 07. Valor nutricional das silagens de dieta total submetidas a diferentes tempos de estocagem e aditivos

Parâmetro	Com aditivo				Sem aditivo				EPM	P-valor			P-valor					
										Trat	Temp	Interação	Geral		Aditivo		Sem aditivo	
	0	15	30	60	0	15	30	60					L	Q	L	Q	L	Q
MS ¹	37,1	36,7	37,5	37,2	37,0	36,8	38,5	38,1	0,41	0,12	0,04	>0,50	0,10	0,18				
MO ²	93,0	92,7	93,1	92,5	93,0	92,8	93,0	92,5	0,08	>0,50	<0,01	>0,50	<0,01	<0,01				
PB ²	15,5	16,0	16,4	15,7	15,3	15,9	15,6	16,5	0,21	>0,50	0,02	0,03			>0,50	0,06	0,01	0,03
EE ²	2,7	3,8	3,6	3,3	2,9	3,7	3,3	3,4	0,41	>0,50	0,18	>0,50						
FDN _{CP} ²	40,9	38,6	42,6	37,7	40,6	41,1	42,0	37,6	1,07	>0,50	0,01	>0,50	0,81	0,02				
CNF _{CP} ²	33,9	34,3	30,5	35,8	34,2	32,1	32,1	35,0	1,14	>0,50	0,02	>0,50	>0,50	0,10				
FDA ²	24,5	25,2	25,7	24,9	25,2	24,9	23,1	23,2	1,18	0,28	>0,50	>0,50						
LIG ²	4,0	4,4	4,3	3,3	4,6	4,4	3,7	4,1	0,39	>0,50	0,33	0,31						

Trat = efeito da utilização do aditivo; Temp = efeito do tempo de estocagem; L = linear; Q = quadrático; EPM = erro padrão da média; ¹% matéria natural; ²% matéria seca; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{CP} = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF_{CP} = carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina.

Tabela 08. Fracionamento da proteína bruta das silagens de dieta total submetidas a diferentes tempos de estocagem e aditivos

Parâmetro	Com aditivo				Sem aditivo				EPM	P-valor					
	0	15	30	60	0	15	30	60		Geral		Aditivo		Sem aditivo	
										L	Q	L	Q	L	Q
A ¹	46,6	46,5	51,6	56,8	43,4	48,5	56,4	57,8	2,50	>0,50	<0,01	>0,50	<0,01	<0,01	
B1+B2 ¹	26,7	29,8	21,3	15,9	30,6	32,9	19,3	12,7	4,61	>0,50	0,01	>0,50	<0,01	<0,01	
B3 ¹	16,1	15,4	19,2	18,1	17,7	10,1	16,2	21,1	2,84	>0,50	0,16	>0,50			
C ¹	10,6	8,4	7,9	9,1	8,3	8,5	8,1	8,4	1,12	>0,50	>0,50	>0,50			

Trat = efeito da utilização do aditivo; Temp = efeito do tempo de estocagem; L = linear; Q = quadrático; EPM = erro padrão da média; ¹% proteína bruta; A = nitrogênio não proteico; B1+B2 = proteína verdadeira de degradação rápida; B3 = proteína de degradação lenta; C = proteína insolúvel em detergente ácido.

O tempo de estocagem influenciou os valores de pH e N-NH₃. Em relação ao pH, houve redução com o aumento do tempo de armazenamento, com variação de 4,39 para dieta *in natura* a 4,12, 4,09 e 4,08 para as dietas estocadas por 15, 30 e 60 dias, respectivamente. A maior amplitude de queda do pH ocorreu dentro dos primeiros 15 dias, indicando rápida diminuição inicial. Por outro lado, houve aumento no teor de N-NH₃ com o avanço do tempo de estocagem, com variação de 9,45% a 16,31% entre os períodos 0 e 60, respectivamente. Não houve efeito do tempo de estocagem sobre a recuperação e MS.

A utilização do aditivo aumentou os valores de pH e reduziu a recuperação de MS. Houve tendência de aumento do N-NH₃ nas silagens com aditivo.

Tabela 09. Valores de pH, nitrogênio amoniacal e recuperação de matéria seca das silagens de dieta total submetidas a diferentes tempos de estocagem e aditivos

Parâmetro	Com aditivo				Sem aditivo				EPM	P-valor			P-valor					
										Trat	Temp	Interação	Geral		Aditivo		Sem aditivo	
	0	15	30	60	0	15	30	60					L	Q	L	Q	L	Q
pH	4,41	4,15	4,13	4,12	4,38	4,09	4,05	4,00	0,03	0,01	<0,01	>0,50	<0,01	<0,01				
N-NH ₃ ¹	9,1	14,7	16,3	17,2	9,8	14,0	14,4	15,1	1,66	0,06	<0,01	0,16	<0,01	<0,01				
RECMS	1,00	0,97	0,99	0,97	1,00	1,00	1,04	1,03	0,01	<0,01	0,12	0,15						

Trat = efeito da utilização do aditivo; Temp = efeito do tempo de estocagem; L = linear; Q = quadrático; EPM = erro padrão da média; ¹% proteína bruta; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; RECMS = recuperação da matéria seca.

2.4 Discussão

No presente estudo, a dieta total foi confeccionada com teor de MS médio de 37,3%, valor este inferior aos encontrados frequentemente na literatura. Nos estudos com TMRs ensilada, os teores de matéria seca têm variado entre 50 e 60% (NISHINO; HARADA; SAKAGUCHI, 2003; MIYAJI; NONAKA, 2018; NISHINO et al., 2004; HAO et al., 2015; WANG; NISHINO, 2009; WANG; NISHINO, 2013). No estudo de Weinberg et al. (2011), dietas com maior umidade resultaram em maiores perdas de matéria seca, sobretudo quando o período de estocagem foi curto (11 dias). Segundo Muck (2010), os elevados teores de MS encontrados nas silagens de TMRs contribuem para evitar perdas em razão da menor quantidade de água disponível para o crescimento de microrganismos deteriorantes.

O maior teor de umidade observado no presente estudo foi provocado pela inclusão de coprodutos úmidos que representaram 21,7% da dieta, associado ao baixo teor de MS da silagem de milho (26,7%). Os coprodutos úmidos e a silagem de milho perfizeram 65% da MS da dieta. Com teores de matéria seca semelhantes aos do presente estudo, Restelatto et al. (2019) constataram desaparecimento quase inexpressivo de matéria seca (0,3%) e atribuíram à eficiência de compactação, vedação adequada dos silos e baixo pH inicial do material, características que também estavam presentes nos silos deste estudo. A densidade de compactação média nos silos fardos foi de 316 kg de MS/m³ e o pH das dieta *in natura* 4,39.

Nossos resultados demonstraram discreto desaparecimento da matéria orgânica das dietas com o aumento no tempo de estocagem. Variações semelhantes foram relatadas no estudo de Miyaji, Matsuyama e Nonaka (2017), no qual houve redução no teor de MO de 92,5 para 92,0% em silagens com TMRs com arroz integral armazenadas por 30 dias. Tal resultado pode estar associado ao consumo de nutrientes para o processo de fermentação nas silagens.

As dietas *in natura* e as silagens estocadas por 60 dias apresentaram teores de FDN_{cp} de 40,8 e 37,7%, respectivamente. De maneira semelhante, Wang et al. (2010) observaram variação no teor de FDN e redução quando período de armazenamento foi prolongado. De acordo com autores, essa variação é resultado do aumento relativo do FDN, devido à perda de MS, e redução por hidrólise da fração fibrosa. Em outro estudo, Restelatto et al. (2019) também observaram variação dos teores de FDN_{cp} em função do tempo de estocagem, reduzindo de 38,3 para 36,3% quando o período de estocagem das silagens de TMRs aumentou de 15 para 56 dias. Estes autores também atribuíram tais resultados à ocorrência de hidrólise ácida nas

frações potencialmente digestíveis das hemiceluloses em pH reduzido. Bretschneider et al. (2015) e Wang et al. (2016) também encontraram redução do teor de FDN comparando dietas frescas e ensiladas por 56 dias e 75 dias, respectivamente. Em contrapartida, outros estudos relataram ausência de efeito (HU et al., 2015; KONGO et al., 2015) ou mesmo aumento (MIYAJI et al., 2017) dos teores de FDN em função do período de estocagem. Segundo Bueno et al. (2020), as mudanças no conteúdo da fibra são dependentes principalmente dos ingredientes incluídos na TMR.

Em relação aos CNF_{cp} os teores apresentaram comportamento quadrático e inverso ao da FDN_{cp} ($r_{CNF_{cp} \times FDN_{cp}} = -0,9034$, $p < 0,05$). Redução nos teores de CNF está associada com o consumo de carboidratos solúveis para o processo fermentativo e consequente redução do pH, conforme verificado por Hu et al. (2015) e Weinberg et al. (2011).

Nas silagens sem aditivo houve aumento do teor de PB em razão do tempo de estocagem, efeito também observado por Hu et al. (2015) e Wang et al. (2010, 2016). De acordo com Bueno et al. (2020), durante o processo fermentativo pode ocorrer o aumento na proporção de PB decorrente do consumo de outros nutrientes, principalmente carboidratos solúveis. No entanto, outros autores não verificaram mudança no teor de PB decorrente do processo de ensilagem (RESTELATTO et al. 2019; MIYAJI et al. 2017).

Mais relevante do que os efeitos da ensilagem sobre os teores de PB, talvez seja avaliar os efeitos sobre a composição proteica da dieta total e suas possíveis transformações. A extensão dessas transformações é determinada por fatores que afetam atividades enzimáticas e microbianas, como pH, umidade, temperatura e tempo de armazenamento (BUENO et al., 2020). No presente estudo houve um expressivo aumento da fração A proporcional à redução das frações B1+B2 ($r_{A \times B1+B2} = -0,8739$, $p < 0,05$), sugerindo uma degradação/solubilização de parte do conteúdo de proteína verdadeira das dietas. Esses resultados corroboram com o incremento na fração solúvel de 30,2% para 33,8 a 45,5% observado por Kongo et al. (2015) em TMRs estocadas por 90 dias. Hao et al. (2019) também relataram aumento de 11 e 15% para 31 e 34% para silagens de TMRs com feno de *Leymus chinensis* e alfafa, respectivamente, após 56 dias de ensilagem. Estes mesmos autores também demonstraram variação no conteúdo de NNP. Na dieta *in natura* cerca de 83% do NNP correspondeu a peptídeos, 14% aminoácidos livres e 3% a N-NH₃, enquanto após 56 dias de estocagem os valores representaram 53% de peptídeos, 34% aminoácidos livres e 13% N-NH₃.

A literatura apresenta considerável variação no conteúdo inicial das frações proteicas nos estudos com dieta total ensilada. Enquanto Kongo et al. (2015) observaram que 30,2% do teor de PB da TMR *in natura* era oriundo de NNP, no estudo de Hao et al. (2019) apenas 11 e 15% do conteúdo total de nitrogênio era NNP. Segundo Restelatto et al. (2019) e Lazzari (2020), a composição da dieta com inclusão de ureia contribui para aumentar o NNP nas dietas *in natura* e resulta em maiores quantidades de N-NH₃. Neste sentido, os ingredientes da dieta a ser ensilada exercem forte influência sobre o conteúdo inicial de nitrogênio e transformações durante a ensilagem. No presente estudo, a dieta *in natura* apresentou elevado valor para fração A em virtude dos ingredientes utilizados, em especial ao farelo de glúten de milho úmido, que tem sua proteína composta principalmente de fração solúvel presente na água de maceração (HOPKINS; WHITLOW, 2002; NRC, 1996) e representou aproximadamente 29% do conteúdo de PB das dietas.

Com base nos dados apresentados, o aumento da fração A com o avanço do tempo de estocagem esteve associado à hidrólise/solubilização da proteína verdadeira, o que resultaria em aumento da fração da PB que seria degradável no rúmen. Segundo Bueno et al. (2020), a extensão da proteólise nas silagens de TMRs parece não ser elevada, desde que confeccionadas com maior teor de MS, o que não ocorreu no presente estudo. Ainda segundo estes autores, o conteúdo de PNDR de silagens de TMR é inferior ao da dieta *in natura*, o que corrobora com os dados obtidos.

Os teores de N-NH₃ nas silagens estocadas por 60 dias foram de 16,3%, valores estes 71% superiores aos da dieta *in natura*. De acordo com Liu et al. (2016), para silagens bem preservadas espera-se até 10% de N-NH₃. Entretanto, assim como nos estudos de Restelatto et al. (2019), esse resultado parece ser decorrente da inclusão de ingrediente com alto teor de NNP na dieta e ingredientes já fermentados.

Em relação ao pH, a rápida e linear diminuição após a vedação dos silos é indicativa de bom padrão fermentativo e corrobora com os resultados obtidos por Myiaji et al. (2017), que encontraram o mesmo padrão na diminuição do pH em relação aos diferentes períodos de estocagem (0, 7, 14, 30, 90 e 210 dias). Da mesma forma, Nishino et al. (2003), Restelatto et al. (2019), Wang e Nishino (2013) e Weinberg et al. (2011) também relataram padrão semelhante na redução do pH e valores entre 4,0 e 5,0 após a fermentação. Como essas dietas normalmente possuem teor de matéria seca mais elevado, esses valores de pH após o período de fermentação são aceitáveis e estão associados a um bom processo fermentativo (LIU et al.,

2011; RESTELATTO et al., 2019). É importante ressaltar que, no presente estudo, o pH já estava baixo na dieta *in natura*, em virtude da utilização de coprodutos que passaram por algum processo de fermentação e, principalmente, pelo fato de que a silagem de milho já estava estocada por 90 dias de fermentação no momento da ensilagem das dietas.

A redução no pH é uma ferramenta importante na inibição do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Esse fator associado à alta densidade dos silos, aproximadamente 316 kg MS/m³, contribuem para a boa qualidade do processo fermentativo. Quando essas características estão em sincronia é possível criar um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos desejáveis e estabelecer o padrão fermentativo adequado (RESTELATTO, 2018).

No presente estudo, o uso de inoculante a base de ácido propiônico não proporcionou melhora da qualidade da fermentação, corroborando com Chen et al. (2016), em que dietas ensiladas com ácido propiônico apresentaram perdas de matéria seca e pH semelhantes à dieta sem aditivo e teores de ácido lático e acético inferiores. Segundo Britt et al. (1975), o ácido propiônico é capaz de inibir atividades microbianas, incluindo bactérias produtoras de ácido lático, restringindo o conteúdo de ácido lático da silagem. Dessa forma, concentrações elevadas do ácido podem limitar a fermentação anaeróbica (MANN; MCDONALD, 1976), diminuindo a produção de ácido lático e, conseqüentemente, limitando a queda do pH. Essa característica também explica a tendência do nosso trabalho a maiores valores de N-NH₃ para dietas com aditivo.

Em estudos complementares, Guimarães (2019) avaliou a estabilidade aeróbia das dietas utilizadas no presente experimento. O período mínimo de 15 dias de estocagem garantiu 240 horas de estabilidade, independente do uso de inoculante.

2.5 Conclusão

Para silagens de dieta total confeccionadas com ingredientes com alta umidade e inclusão de coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico, a estocagem por 15 dias garante uma fermentação adequada, com poucas mudanças na composição da dieta e estabilidade aeróbia de 240 horas.

Nessas condições, a utilização de aditivo à base de ácido propiônico não proporciona melhoria do valor nutritivo nas silagens de dieta total.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists**. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1995.
- BRADFORD, B. J.; MULLINS, C. R. Invited review: Strategies for promoting productivity and health of dairy cattle by feeding nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 9, p. 4735-5460, set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5393>.
- BRETSCHNEIDER, G. *et al.* Effect of ensiling a total mixed ration on feed quality for cattle in smallholder dairy farms. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 47, n. 2, p. 225-229, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000200015>.
- BRITT, D. G.; HUBER, J. T.; ROGERS, A. L. Fungal growth and acid production during fermentation and re-fermentation of organic acid treated corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 4, p. 532–539, abr. 1975. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84603-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84603-0).
- BUENO, A. V. I. Ensiling Total Mixed Ration for Ruminants: A Review. **Agronomy**, South Dakota – USA, v. 10, n. 6, p. 879, jun. 2015. DOI: [doi:10.3390/agronomy10060879](https://doi.org/10.3390/agronomy10060879).
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Custos leite - Relatórios Pecuários**. CEPEA-USP/CNA, mar. 2021.
- CHEN, L. *et al.* Effect of lactic acid bacteria and propionic acid on conservation characteristics, aerobic stability and in vitro gas production kinetics and digestibility of whole-crop corn based total mixed ration silage, **Journal of Integrative Agriculture**, China, v. 15, n.7, p. 1592-1600, set. 2016. DOI: [10.1016/S2095-3119\(16\)61482-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61482-X).
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Pecuária leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017**. Compêndio de estudos Conab, v. 16, p. 1-67. Brasília: 2018. ISSN: 2448-3710.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análise de alimentos – INCT - Ciência animal**. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214 p
- GUIMARÃES, M. E. S. **Estabilidade aeróbia de silagem de dieta total submetida a diferentes tempos de estocagem com ou sem presença de aditivo**, 2019. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2019.
- HAO, W. *et al.* Aerobic Stability and Effects of Yeasts during Deterioration of Non-fermented and Fermented Total Mixed Ration with Different Moisture 371 Levels. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, Gwanak-gu, v. 28, n. 6, p. 816-826, jun. 2015. DOI: [10.5713/ajas.14.0837](https://doi.org/10.5713/ajas.14.0837).
- HAO, W. *et al.* Characteristics of proteolytic microorganisms and their effects on proteolysis in total mixed ration silages of soybean curd residue. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Gwanak-gu, v. 33, n. 1, p. 100-110, abr. 2019. DOI:

<https://doi.org/10.5713/ajas.18.0933>.

HOPKINS, B. A.; WHITLOW, L. W. **Recommendations for feeding selected by-product feeds to dairy cattle**. North Carolina State University: Cooperative Extension Service, 2002. 4 p.

HU, X. *et al.* Fermentation characteristics and lactic acid bacteria succession of total mixed ration silages formulated with peach pomace. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, Gwanak-gu, v. 28, n. 4, p. 502–510, abr. 2015. DOI: [10.5713/ajas.14.0508](https://doi.org/10.5713/ajas.14.0508).

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. Multipress. Jaboticabal. p. 649-658, 2013.

KONDO, M. *et al.* Changes in nutrient composition and in vitro ruminal fermentation of total mixed ration silage stored at different temperatures and periods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 96, n. 4, p. 1175-1180, abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7200>.

LAZZARI, G. **Effects of Protein Source and Lipid Supplement on the Performance of Finishing Beef Cattle Fed Total Mixed Ration Silages**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

LIU, Q. *et al.* Effects of *Lactobacillus plantarum* and fibrolytic enzyme on the fermentation quality and in vitro digestibility of total mixed rations silage including rape straw. **Journal of Integrative Agriculture**, China, v. 15, n. 9, p. 2087-2096, set. 2016. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61233-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61233-3).

LIU, Q. H. *et al.* The effects of wilting and storage temperatures on the fermentation quality and aerobic stability of stylo silage. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 82, n. 4, p. 549-553, abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00873.x>.

MANN, E; MCDONALD, P. The effect of formalin and lower volatile fatty acids on silage fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 27, p. 612-616, jan. 1976. DOI: 10.1002/JSFA.2740270705.

MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The Biochemistry of Silage**. 2 ed. England: Chalcombe Publications, 1991. 340 p. ISBN 0-948617-22-5.

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H; NONAKA, K. Effect of ensiling process of total mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and in situ ruminal degradation characteristics of diet, **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 88, n. 1, p. 134-139, jan. 2017. DOI: [10.1111/asj.12610](https://doi.org/10.1111/asj.12610).

MIYAJI, M.; NONAKA, K. Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 6, p. 5092–5101, mar. 2018. DOI: [10.3168/jds.2017-13802](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13802).

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 193-191, jul. 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010001300021.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001.

NERI, J. *et al.* Silagem de TMR (total mixed ration) e PMR (partial mixed ration) para vacas leiteiras: desafios e oportunidades. In: Simpósio Internacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite, 2019, Uberlândia. **Anais...** Belo Horizonte: FEPMVZ, set. 2019, p. 10-16.

NISHINO, N. *et al.* Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 8, p. 2563-2570, ago. 2004. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73381-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73381-0).

NISHINO, N.; HARADA, H.; SAKAGUCHI, E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, p. 557-563, mar. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1395>.

PEREIRA, L. G. R. *et al.* **Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes**. In: Embrapa Informática Agropecuária. **Embrapa**. Petrolina: Embrapa SemiÁrido, ago. 2009.

RETELATTO, R. **Perfil fermentativo, composição químico-bromatológica e perdas na silagem de ração em mistura total**. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2018.

RETELATTO, R. *et al.* Chemical composition, fermentative losses, and microbial counts of total mixed ration silages inoculated with different *Lactobacillus* species. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, n. 4, p. 1634-1644, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz030>.

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

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, nov. 1992. DOI: 10.2527/1992.70113562x.

WANG, F.; NISHINO; N. Association of *Lactobacillus buchneri* with aerobic stability of total mixed ration containing wet brewers grains preserved as a silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, n. 3-4, p. 265-274, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.06.012>.

WANG, C.; NISHINO, N. Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 114, n. 6, p. 1687-1695, jun. 2013. DOI: [10.1111/jam.12200](https://doi.org/10.1111/jam.12200).

WANG, H. *et al.* Dynamics associated with prolonged ensiling and aerobic deterioration of total mixed ration silage containing whole crop corn **Asian-Australasian Journal Animal Science**, Gwanak-gu, v. 29, n. 1, p. 62-72, jan. 2016. DOI: [10.5713/ajas.15.0319](https://doi.org/10.5713/ajas.15.0319).

WANG, J. *et al.* Effect of storing total mixed rations anaerobically in bales on feed quality. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 161, n. 3-4, p. 94-102, 2010. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2010.08.004.

WEINBERG, Z. G. *et al.* Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film – A commercial scale experiment. **Animal Feed Science and Technololy**, Amsterdam, v. 164, n. 1, p. 125-129, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.016>.