

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS JABOTICABAL**

**REIDRATAÇÃO E ENSILAGEM DE GRÃOS DE  
MILHO COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E  
INCLUSÕES NA DIETA PARA BOVINOS DE CORTE**

**Jéssica Rocha Sousa Gervásio**

Zootecnista

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS JABOTICABAL**

**REIDRATAÇÃO E ENSILAGEM DE GRÃOS DE  
MILHO COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E  
INCLUSÕES NA DIETA PARA BOVINOS DE CORTE**

**Jéssica Rocha Sousa Gervásio**

**Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rezende Siqueira**

**Coorientadora: Profa. Dra. Naiara Caixeta da Silva**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

G386r Gervásio, Jéssica Rocha Sousa  
Reidratação e ensilagem de grãos de milho com diferentes granulometrias e inclusões na dieta para bovinos de corte / Jéssica Rocha Sousa Gervásio. -- Jaboticabal, 2021  
70 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Gustavo Rezende Siqueira  
Coorientadora: Naiara Caixeta da Silva

1. Silagem. 2. Grãos de milho. 3. Processamento. 4. Confinamento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## Certificado de Aprovação



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

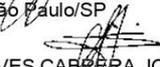
TÍTULO DA TESE: REIDRATAÇÃO E ENSILAGEM DE GRÃOS DE MILHO COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E INCLUSÕES NA DIETA PARA BOVINOS DE CORTE

**AUTORA: JÉSSICA ROCHA SOUSA GERVÁSIO**  
**ORIENTADOR: GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA**  
**COORIENTADORA: NAIARA CAIXETA DA SILVA**

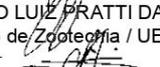
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

  
Pesquisador Dr. GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA (Participação Virtual)  
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA - Colina/SP

  
Dr. RAFAEL CAMARGO DO AMARAL (Participação Virtual)  
Lallemand / São Paulo/SP

  
Prof. Dr. CLÓVES CABREIRA JOBIM (Participação Virtual)  
Departamento de Zootecnia / UEM - Maringá/PR

  
Prof. Dr. JOÃO LUIZ PRATTI DANIEL (Participação Virtual)  
Departamento de Zootecnia / UEM - Universidade Estadual de Maringá

  
Prof. Dr. OTAVIO RODRIGUES MACHADO NETO (Participação Virtual)  
Departamento de Produção Animal-FMVZ/UNESP / Botucatu/SP

Jaboticabal, 04 de fevereiro de 2021

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**Jéssica Rocha Sousa Gervásio** – Nascida em 04/05/1991 na cidade de Patos de Minas, ingressou no curso de Zootecnia em 2009, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, onde obteve o título de Bacharel em Zootecnia em 2014. Ingressou no curso de Mestrado na mesma Universidade sob a orientação do Prof. Thiago Fernandes Bernardes, obtendo título de Mestre no ano de 2017. No mesmo ano ingressou no curso de Doutorado do programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, sob a orientação do professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira.

“Existe apenas um bem, o saber, e um mal, a ignorância”.  
(Sócrates)

Aos meus pais Gilson e Cidia, e minhas amadas vó Ita e tia Maria (*in memoriam*),  
pelo incasável esforço em me apoiarem em todos os sentidos.

DEDICO

A todos os integrantes da APTA Colina setor gado de Corte, pelas amizades e apoio  
que encontrei.

## OFEREÇO

### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me amparar em cada momento desta etapa e me mostrar que seguir em frente é sempre a chave para o crescimento.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP- Jaboticabal, pela oportunidade de estudos, aprendizados e experiências com cada Professor do departamento de Zootecnia.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo auxílio financeiro para desenvolvimento desta pesquisa - número 2018/26501-0

Ao professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira, por me apresentar à APTA e sua equipe, pelos grandes ensinamentos, sempre nos fazendo pensar fora da caixa, sendo um grande exemplo de profissional. Agradeço também a sua orientação e confiança.

À Dra. Naiara pela coorientação, pelos ensinamentos e conversas duradouras além de sempre me incentivar e me dar força.

Ao professor Dr. Flávio Dutra de Resende pelo apoio, por me permitir um grande crescimento pessoal e profissional, e pela disponibilidade sempre quando precisei.

Ao Fernando Nemi Costa, Rafael Costa e Tiago Costa pela oportunidade de realizar parte do experimento em sua propriedade, pela ótima hospitalidade e atenção dada.

Ao César Borges (Cesinha - Phibro), pela colaboração na elaboração das dietas dos experimentos.

Aos meus pais Gilson e Cidia, por serem pessoas maravilhosas que sempre me passaram valores de bem, me mostraram que eu sou capaz, e nunca me desamparam e não medem esforços para realização dos sonhos de suas filhas.

A minha irmã Lara, minha amiga tão fiel e minha metade, obrigada por

sempre torcer por mim. Te amo.

Ao meu padrasto Raynes, pelo incentivo e pelas conversas tão enriquecedoras, e à minha madrasta Meire pela amizade e carinho incondicional.

Aos meus avós Durango, Izaías, Aurita e Sônia (todos *in memorian*) pela minha formação pessoal e por sempre cuidarem tão bem de mim, em especial à Tia Maria (*in memorian*) que não mediu esforços para minha felicidade, agradeço o amor incondicional.

Ao meu namorado Felipe pelo carinho, amor, companheirismo, paciência, e por me proporcionar tantos momentos leves de alegria e paz, mesmo quando estava tudo difícil. Obrigada por sempre dizer: “tamo junto!”

Aos meus sogros Tuca e Mariza, pelo acolhimento, apoio e ajuda.

Aos funcionários da APTA - Colina: Toizinho, Lori, Luizinho, Rodolfo (Toga), Roberto, Miltinho, Adenilson, Antônio Carlos, Juninho, Rogério, Luizão, Chico, Alê, Chica, Suely, Néia, e Regina, pela atenção, amizade, boas conversas e principalmente por me ajudarem em tudo que precisei.

Aos moradores, ex-moradores e agregados da “Hospedaria” que me ajudaram não só na execução do projeto, mas em tantas coisas que precisei. Obrigada pela amizade: Felipe, Iorrano, Max, Paloma, Danúbia, Verônica, Igor, William, Luciana, Henrique, Mailza, Irene, Melany, Duda, Jaque, William Foresto, Hugo, Luis, Matheus Guilherme (UEM), Jessyca, Letícia, Cleisy, Valquíria, e em especial à Laylles, Beatriz e Karla pela imensa parceria e por se tornarem mais que amigas, e sim irmãs que a APTA me deu.

Aos estagiários de 2020, João Pedro, Axi e Lucas, pela amizade e grande ajuda nos experimentos quando eu mais precisei.

Às amigas que fiz em Jaboticabal, Mariane e Marina obrigada pelos momentos divertidos quando tudo parecia estar perdido.

Às Dras. Laura e Ivanna pela ajuda nos meus textos, dúvidas e inseguranças.

As minhas amigas de Patos e Lavras que mesmo à distância sempre me deram forças, me apoiando em todas as minhas decisões: Kássia, Nath, Danielle, Amanda, Mariana, Kerinha, Ariane, Isabela, Tamara, Marina, Mayra. À minha eterna rep. Dama de Copos: Laura, Helo, Frô, Beth e Cris, obrigada por serem tão companheiras meninas. Às “nerforzetes” Eveline, Fernanda, Alessandra, Isabella,

Josi, Patrícia, Daviane e Tatiane pela amizade sempre.

A todos meus familiares pelo apoio e amor em todos esses anos. Obrigada por fazerem parte dos meus dias.

Hoje imensamente mais forte, carregarei cada acontecimento com muito carinho!

**Muito obrigada!**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – Considerações gerais</b> .....	1
1.INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Caracterização do grão de milho.....	3
2.2 Métodos de processamento .....	5
2.3 Ensilagem de grão de milho reidratado .....	7
2.4 Moagem e o processo de ensilagem.....	8
2.5 Efeito do processamento sobre o consumo e desempenho .....	9
3.OBJETIVOS .....	11
4.HIPÓTESES .....	11
5. REFERÊNCIAS .....	12
<b>CAPÍTULO 2 – Perfil fermentativo e degradabilidade de silagens de grão de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula</b> .....	18
1.INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	21
2.1 Processamento dos grãos.....	21
2.2 Ensilagem.....	22
2.3 Perfil fermentativo, características químicas e estabilidade aerobia .....	23
2.4 Degradabilidade in situ da MS.....	24
2.5 Análise Estatística .....	40
3. RESULTADOS .....	25
4 . DISCUSSÃO .....	37
5. CONCLUSÃO.....	40
6. REFERÊNCIAS .....	41
<b>CAPÍTULO 3 - Avaliação do metabolismo e desempenho de bovinos nelore confinados consumindo silagens de grão de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula inclusões na dieta</b> .....	46
1.INTRODUÇÃO .....	47
2.MATERIAL E MÉTODOS .....	48
2.1 Tratamentos .....	48
2.2 Silos.....	49
2.3 Dieta.....	49
2.4 Experimento 1 - Avaliação do metabolismo .....	51

2.5 Experimento 2 - Avaliação de desempenho .....	52
2.6 Análise Estatística .....	53
3.RESULTADOS .....	70
4.DISSCUSSÃO .....	63
5.CONCLUSÃO.....	66
6.REFERÊNCIAS.....	66

## CERTIFICADO Nº 0006/2020 - CEUA

Certificamos que o projeto apresentado dia 25 de agosto de 2020 intitulado: "REIDRATAÇÃO E ENSILAGEM DE GRÃOS DE MILHO COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E INCLUSÕES NA DIETA PARA BOVINOS DE CORTE", registrado com o Protocolo nº 0006/2020, sob a responsabilidade do Pesquisador Científico **Flávio Dutra de Resende**, que envolve a produção, a manutenção e a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica, encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de oito de outubro de 2008; do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009; e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADO** pela **Comissão de Ética no Uso de Animais do Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (CEUA-DDD)**, em reunião extraordinária realizada no dia 27 de agosto de 2020.

Finalidade: ( X ) Pesquisa científica – ( ) Ensino	
Vigência da autorização	20/10/2020 a 10/02/2022
Espécie/linhagem e/ou raça	Bovinos Nelore
Nº de animais	104
Sexo	M
Localização	Polo Regional Alta Mogiana - Colina / DDD / APTA / SAA - SP
Responsável Técnico	Dr. Gustavo Rezende Siqueira

  
**Maria Izabel Merino de Medeiros**  
 Coordenadora CEUA-DDD



Comissão de Ética no Uso de Animais  
 Departamento de Descentralização do  
 Desenvolvimento CEUA - DDD  
 Av. Rodrigues Alves, 40-40  
 CEP: 17030-000, Bauru, SP  
 Telefone: (14) 3203-3257 - Ramal 24  
 E-mail: medeiros@apta.sp.gov.br



Secretaria de  
 Agricultura e Abastecimento

Agência Paulista de  
 Tecnologia das Agroválvulas  
 Ativa

## REIDRATAÇÃO E ENSILAGEM DE GRÃOS DE MILHO COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E INCLUSÕES NA DIETA PARA BOVINOS DE CORTE

**RESUMO** – Objetivou-se com o presente trabalho estudar o efeito do tamanho de partícula e tempo de estocagem no perfil fermentativo e degradabilidade de silagem de grão de milho reidratado (SMR) e avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusão e tamanho de partícula de SMR no metabolismo e desempenho de animais Nelore em confinamento. No primeiro estudo, foram utilizados 150 mini-silos para confecção das silagens de milho reidratado moídas em peneiras de diferentes crivos, gerando os tamanhos de partículas de: 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm; estocados por 15, 30, 60, 120 e 240 dias. Foram avaliados o perfil fermentativo, as características químicas, crescimento microbiano estabilidade aeróbia e degradabilidade da matéria seca das silagens. O aumento no tamanho de partícula afetou de maneira linear crescente as perdas ( $P < 0,05$ ) fermentativas. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre tamanho de partícula e tempo de estocagem para os valores de pH, MS, amido e estabilidade aeróbia das silagens. Os valores de pH foram menores ( $P < 0,05$ ) tiveram queda progressiva dos valores a partir de 60 dias de estocagem. Houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para valores de N-NH<sub>3</sub> e prolamina com o aumento no tempo de estocagem. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do tamanho de partícula no crescimento de leveduras, já para contagem de bactérias ácido lácticas (BAL) o efeito foi linear crescente ( $P < 0,05$ ) aos 15 e aos 60 dias de estocagem. A contagem de leveduras e BAL decresceu linearmente ( $P < 0,01$ ) com o tempo de estocagem. O tamanho de partícula não afetou ( $P > 0,05$ ) a estabilidade aeróbia das silagens. Foi observado um aumento ( $P < 0,05$ ) da estabilidade aeróbia das silagens a partir de 60 dias de estocagem. Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) entre tamanho de partícula e tempo de estocagem para os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS). A DISMS aumentou com o aumento dos dias de estocagem ( $P < 0,05$ ). Os valores de máximo incremento na degradabilidade foram encontrados nos dias 36, 38, 39, 50, 54 e 46 de estocagem para as silagens com partículas de 0,97mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm, respectivamente. O tamanho de partícula não impediu adequado perfil fermentativo da silagem de milho reidratado, mas ganhos maiores em degradabilidade foram atingidos em menor tempo de estocagem para silagens com menor tamanho de partícula. O segundo estudo dividiu-se em dois experimentos, sendo utilizado um fatorial 2x2: uso de dietas com SMR com dois tamanhos de partícula (0,95 mm e 1,72 mm) e dois níveis de inclusão (50% ou 100% na dieta). No Experimento-1, oito bovinos Nelore canulados no rúmen foram utilizados em um quadrado latino duplo 4x4, e submetidos à avaliação de parâmetros ruminais, comportamento ingestivo, e digestibilidades da SMR e da dieta. No Experimento-2, 96 bovinos Nelore blocados por peso, foram divididos em 32 baias e foram avaliados o consumo, eficiência alimentar, energia da dieta, peso corporal e de carcaça. Os animais que consumiram as dietas consideradas mais fermentáveis (100% inclusão SMR) não tiveram maior queda do pH ruminal ( $P > 0,05$ ), nem alteraram o comportamento ingestivo e também a produção de ácidos no

rúmen ( $P > 0,05$ ), sem alterações no consumo ( $P > 0,05$ ). A degradabilidade da SMR foi igual nos dois tamanhos de partícula ( $P > 0,05$ ). No Experimento-2, a menor inclusão de SMR (50%) favoreceu um maior consumo ( $P < 0,05$ ), porém não houve diferença para eficiência alimentar ( $P > 0,05$ ), ganho de peso ( $P > 0,05$ ) e ganhos de carcaça ( $P > 0,05$ ). Dietas com 100% de inclusão de SMR como fonte de milho aumentaram a ELM e ELG das dietas.

**Palavras-chave:** eficiencia alimentar, degradabilidade *in situ*, moagem, processamento, terminação

## REHYDRATION AND ENSILING OF CORN GRAINS WITH DIFFERENT PARTICLE SIZES AND INCLUSIONS IN THE DIET FOR BEEF CATTLE

**ABSTRACT** - The aim of this experiment was to study the effect of particle size and storage time on the fermentative profile and degradability of rehydrated corn grain silage (RCS) and to evaluate the effect of different levels of inclusion and particle size of RCS on metabolism and performance of Nellore bulls in feedlot. In the first study, 150 mini-silos were used to make the rehydrated corn silages ground in sieves of different screen, generating the particle sizes of: 0.97 mm, 1.11 mm; 1.35 mm, 1.51 mm, 1.69 mm and 1.75 mm; stored for 15, 30, 60, 120 and 240 days. Fermentation profile, chemical characteristics, microbial growth, aerobic stability and degradability of silage were evaluated. The increase in particle size affected the fermentative losses ( $P < 0.05$ ) in a linear crescent form. There was no interaction ( $P < 0.05$ ) between particle size and storage time for pH, DM, starch and aerobic stability of silages. The pH values were lower ( $P < 0.05$ ) with a progressive decrease in values after 60 days of storage. There was a linear increase ( $P < 0.05$ ) for N-NH<sub>3</sub> and prolamine values with increase storage time. There was no effect ( $P > 0.05$ ) of the particle size on the yeast growth, whereas for LAB count the effect was linearly increasing ( $P < 0.05$ ) at 15 and 60 days of storage. The yeast and LAB count decreased linearly ( $P < 0.01$ ) with storage time. The particle size did not affect ( $P > 0.05$ ) the aerobic stability. However, there was an increase ( $P < 0.05$ ) in the aerobic stability after 60 days of storage. There was an interaction effect ( $P < 0.05$ ) between particle size and storage time for the *in situ* dry matter degradability (ISDMD). ISDMD increased with the storage days ( $P < 0.05$ ). The values of maximum increase in degradability were found on days 36, 38, 39, 50, 54 and 46 of storage for silages with 0.97mm particles; 1.11 mm; 1.35 mm; 1.51 mm; 1.69 mm and 1.75 mm, respectively. Different particle size allowed an adequate fermentative profile of rehydrated corn silage, however the highest gain in degradability was achieved in a shorter storage time for silages with the smallest particle size. The second study was divided into two experiments, using a 2x2 factorial: use of diets with RCS and two particle sizes (0.95 mm and 1.72 mm), and two levels of inclusion (50% or 100% in the diet). In Experiment-1, eight rumen cannulated Nelore cattle were used in a double Latin square 4x4, and subjected to evaluation of ruminal parameters, ingestive behavior, and digestibility of RCS and diet. In Experiment-2, 96 Nellore cattle were blocked by weight in 32 stalls. Consumption, feed efficiency, diet energy, body and carcass weight were evaluated. The animals in the diets considered more fermentable (100% RCS inclusion) did not have decrease of ruminal pH ( $P > 0.05$ ), or change in ingestive behavior and in the production of rumen acids ( $P > 0.05$ ), resulting in no difference ( $P > 0.05$ ) in dry matter intake (DMI) between animals. The degradability of RCS was the same in both particle sizes ( $P > 0.05$ ). In Experiment-2, the lowest

inclusion of RCS (50%) increased the intake ( $P < 0.05$ ), however there was no differences in feed efficiency ( $P > 0.05$ ), weight gain ( $P > 0.05$ ), and carcass gains ( $P > 0.05$ ). Diets with 100% inclusion of RCS increased the ELM and ELG of the diets.

**Keywords:** feed efficiency, *in situ* degradability, grinding, processing, feedlot

## CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

### 1. INTRODUÇÃO

O milho tem sido a principal fonte energética utilizada em dietas de confinamento no Brasil, sendo utilizado pela maioria dos nutricionistas, com inclusões na dieta de até 65% (Pinto e Millen, 2016). Sabe-se que no Brasil o milho cultivado é predominantemente de endosperma vítreo (duro ou *flint*) (Pereira et al., 2013) e este tipo é utilizado por 97% dos nutricionistas brasileiros (Pinto e Millen, 2016). Uma consequência desse fato é que há menor disponibilidade *in situ* do amido (Correa et al., 2002), degradação ruminal e digestibilidade no trato digestivo total de bovinos (Correa et al., 2002; Pereira e Pereira, 2013), quando comparado ao milho de endosperma farináceo.

Uma alternativa para aumentar a disponibilidade do amido é o processamento dos grãos. De acordo com Zinn et al. (2011), os métodos de processamento basicamente envolvem redução do tamanho de partícula ou mudança física, com ou sem adição de água ou vapor (tratamentos térmicos), resultando assim em um maior acesso dos microrganismos ao grânulo de amido. Exemplos de processamentos são a moagem, a flocculação e a ensilagem de grãos colhidos com alta umidade, ou de grãos reidratados (Pereira, 2013; Owens e Basalan, 2013).

A ensilagem de grãos foi mencionada em um levantamento de Bernardes et al. (2018), sendo utilizada por 52,4% das propriedades leiteiras incluídas no estudo. Em confinamentos de bovinos de corte em 2016, 6% dos nutricionistas fizeram o uso de silagem de grãos (Pinto e Millen, 2016), e este vem crescendo com o passar dos anos. A ensilagem de milho reidratado se trata da hidratação do grão maduro moído, sendo uma alternativa frente à silagem de grão úmido, que apresenta curto intervalo de colheita (Pereira e Pereira, 2013). Adicionalmente, podem ocorrer limitações de maquinário em época de safra e o risco de chuvas durante o período de colheita do grão úmido (Morais, 2016), fazendo da ensilagem do grão reidratado uma boa opção.

O processo de ensilagem reduz a integridade da matriz proteica que envolve o grânulo de amido de milho (Ferraretto et al., 2015; Hoffman et al., 2011). Isso

ocorre através da proteólise advinda das enzimas da própria planta ou dos microrganismos da silagem (Hoffman et al., 2011; Junges et al., 2015; Kung Jr et al., 2014; Silva et al., 2018). Esses processos podem aumentar a degradabilidade *in situ* das silagens de milho reidratado e a digestibilidade *in vivo*, como foi observado no trabalho de Silva et al. (2019). O aumento no tempo de armazenamento da silagem reduz os teores de prolamina através de maior atividade proteolítica, propiciando aumento na degradabilidade ruminal *in situ* do amido (Fernandes et al., 2015). Essa atividade proteolítica realizada por bactérias é responsável por 60,4% da degradação de proteína em silagens de grão de milho reidratado (Junges et al., 2015).

A moagem do grão para confecção da silagem pode resultar em partículas finas ou grosseiras, de acordo com o crivo das peneiras. No caso de suínos, se recomenda peneiras de 8 a 12 mm em moinho de martelo para silagem de grão úmido (Nummer Filho, 2001). No caso de bovinos, a recomendação é a moagem mais grosseira (peneira de 15 mm), segundo Lugão (2011), porém muitos estudos adotam diversas moagens, desde mais finas até mais grosseiras.

A digestibilidade dos grãos tem uma relação inversa com o tamanho de partícula (Huntington, 1997). Da mesma forma, a granulometria influencia a fração da matriz proteica do grão que fica exposta à ação da proteólise no processo de ensilagem (Ferraretto et al., 2015). Esse fato pode ser explicado pelo aumento da superfície de contato para ação proteolítica na silagem e também para a digestão bacteriana e enzimática no rúmen (Huntington, 1997) no caso das partículas mais finas, e pelo aumento na taxa de passagem de partículas mais grosseiras e mais densas pelo trato gastrointestinal (Nocek e Tamminga, 1991). Segundo Ferraretto (2017), um período maior de ensilagem pode ser benéfico para aumentar a digestibilidade do amido em situações em que híbridos são processados mais grossos, porém a pesquisa nesta área ainda é limitada.

O uso de silagens de grão pode influenciar também no consumo, fazendo com que haja uma diminuição no consumo de matéria seca pelos animais. Os ruminantes que recebem dietas de alta densidade energética e ricas em nutrientes podem ter o consumo regulado pela demanda metabólica, uma vez que, as elevadas concentrações de metabólitos no rúmen e corrente sanguínea atuarão no centro de

saciedade do sistema nervoso central (Thiago e Gill, 1990). Isso faz com que haja uma eficiência em melhorar a utilização de energia pelo gado em terminação (Caetano et al., 2019). Porém, o maior processamento do milho aumenta a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no rúmen, ocorrendo alterações sobre o padrão de fermentação ruminal (Allen et al., 2009). Como consequência, eleva-se a produção de lactato, causando o abaixamento do pH ruminal e aumentando a incidência de doenças metabólicas, particularmente acidose ruminal (Owens e Zinn, 2005).

Evitar distúrbios metabólicos inclui estratégias que modifiquem o padrão de fermentação. Portanto, o uso do milho seco junto à silagem de milho reidratado em dietas pode ser utilizado como fonte energética na dieta, a fim de balancear a taxa de degradação do amido, favorecendo um aumento no consumo, ou não deprimir o consumo. Além disso, é importante observar que o tamanho da partícula de silagem de milho reidratado também pode alterar o padrão fermentativo em animais Nelore uma vez que partículas grandes são resistentes à captação de água, tornando mais lenta a degradação microbiana no rúmen e digestão enzimática no intestino. As hipóteses do trabalho são de que o tempo de armazenamento da silagem interage com e os diferentes tamanhos de partículas resultando em estratégias para a abertura da silagem a fim de se obter o maior aproveitamento do amido; animais Nelore em terminação consumindo menor proporção de SMR na dieta, sendo esta silagem com maior tamanho de partícula, terão maior consumo e desempenho.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Caracterização do grão de milho**

O grão de milho é constituído por três estruturas físicas: gérmen, pericarpo e endosperma. O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos e minerais do grão, o pericarpo representa cerca de 5% do grão e o endosperma representa 83% (Paes, 2006). O endosperma é composto principalmente de amido (88%) e proteínas de reserva (8%), sobretudo prolaminas, que compõe a matriz proteica envolvendo os grânulos de amido (Paes, 2006). No

milho, as concentrações de prolaminas tendem ser elevadas no endosperma vítreo e menores no endosperma farináceo (Hoffman et al., 2011).

No milho de endosperma farináceo, os grânulos de amido são esferas dispersas pelo endosperma, que é mole, poroso e de baixa densidade, sendo a matriz proteica esparsa e fragmentada (Santos et al., 2011; Pereira e Pereira, 2013). O milho duro (ou *flint*) apresenta maior proporção de vitreosidade do endosperma que o milho dentado, que por sua vez apresenta maior proporção de endosperma farináceo (Correa et al., 2002). No milho de endosperma vítreo, os grânulos de amido são helicoidais e adensados, possuindo fortes ligações entre os grânulos, enquanto a matriz proteica é densa e bem desenvolvida, o que dificulta a penetração de água no grânulo e a hidrólise, resultando em menor digestibilidade do amido (Pereira e Pereira, 2013). O milho cultivado no Brasil é predominantemente do tipo duro (Correa et al., 2002), em função das práticas na colheita e armazenamento dos grãos (Pereira et al., 2004), diminuindo as perdas pelo ataque de pragas e roedores.

Representando a maior parte do endosperma, o amido é a principal substância de reserva em plantas sendo obtido de sementes de milho, trigo, arroz, batata, batata-doce e mandioca (Weber et al., 2009). Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina, sendo a amilose formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4, originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 formando uma estrutura ramificada. O amido de milho contém entre 25-28% de amilose (Weber et al., 2009). O teor de amilose aumenta com a idade e o tamanho do grânulo. Variedades de milho muito ricos em amilose são ricos em amido resistente (Summers, 2001). A amilopectina está na região cristalina do grânulo de amido, já a amilose na região amorfa (Wang et al., 1994). A região cristalina é resistente à entrada de água e ao ataque enzimático. Segundo Chesson e Forsberg (1997), nas regiões amorfas dos grânulos é aonde ocorre a ação das enzimas amilolíticas.

A matriz protéica formada por prolamina é uma estrutura amorfa com função estrutural no grão, representando uma barreira física à digestão do amido, pois estão situadas no exterior dos grânulos. No milho são denominadas zeínas

compreendendo de 50 a 60% da proteína total no milho (Hamaker et al., 1995; Hoffman et al., 2011). Em milhos com maiores porcentagens de proteínas prolaminas, a degradabilidade do amido é reduzida, tanto *in vitro* quanto *in vivo* (Nellis et al., 2013).

## 2.2 Métodos de processamento

Os grãos de cereais podem ser processados mecanicamente sem adição de calor (para produzir grão quebrado ou laminado, com variados tamanhos de partículas, de grosseiras a finas) ou com adição de vapor (para produzir grão laminado a vapor ou grão floculado), e podem ser fermentados com certa umidade presente no grão (Owens e Basalan, 2013). Segundo Theurer (1986), a união de dois ou mais métodos de processamento, redução do tamanho de partícula e aplicação de vapor, por exemplo, melhora ainda mais a eficiência da digestão dos alimentos processados pelos ruminantes.

O processamento do grão de milho apresenta efeitos positivos sobre a digestibilidade ruminal, pós-ruminal e total do amido (Ferraretto et al., 2013). Essas melhorias estão relacionadas a distúrbios na matriz proteica que circunda os grânulos de amido (Theurer et al., 1999), o que aumenta o acesso das bactérias do rúmen ao amido.

Um estudo realizado por Vasconcelos e Galyean, (2007) relacionado ao manejo nutricional de bovinos confinados nos Estados Unidos, reportou a utilização de dietas com alto teor de concentrado (de 50 a 90%) contendo milho processado. O principal método utilizado foi a floculação (65,52%), seguido da ensilagem de grão úmido (13,79%) e laminação a seco. Para dietas utilizadas em confinamentos brasileiros, em um levantamento realizado por Pinto e Millen (2016), nutricionistas reportaram que o principal método de processamento utilizado foi a moagem fina do grão (42,4%), enquanto 39,4% responderam moagem grosseira do grão. Grãos apenas quebrados foram reportados por 9,1% dos nutricionistas. A floculação representou 3% como sendo o processamento aderido e a ensilagem do grão foi resposta de 6,1% dos entrevistados.

A floculação aumenta a digestibilidade do amido através da adição de umidade e calor, que descama a matriz proteica que envolve o grânulo de amido (Theurer et al., 1999). Os grânulos de amido sofrem o processo de gelatinização quando há perda irreversível de sua estrutura original pela quebra das pontes de hidrogênio. Durante a gelatinização os grânulos absorvem água e expõem parte da amilose tornando-se mais susceptíveis à degradação enzimática (Rooney e Pflugfelder, 1986). A floculação no Brasil ainda é um método pouco utilizado, por ser um procedimento que demanda alta tecnificação.

A moagem ou laminação a seco é feita através de moinhos do tipo martelo ou do tipo rolo. A redução inicial do tamanho dos grãos começa quando há o rompimento da camada protetora externa da semente, expondo o interior. A redução contínua do tamanho aumenta o número de partículas e a quantidade de superfície por unidade de volume (Koch et al., 2002). Com isso, o grão é exposto a enzimas digestivas, permitindo maior acesso a componentes nutricionais como amido e proteína. O grau de moagem é caracterizado de acordo com o tamanho das partículas e, em geral, se utiliza uma variável que é o diâmetro geométrico médio (DGM), o qual se correlaciona de forma positiva com o tamanho das partículas (Pozza et al., 2005).

Os moinhos de martelos permitem a produção de moagens mais finas, ele realiza a redução de tamanho por impacto dos martelos com os produtos que entram no moinho. A distribuição do tamanho de partícula tem grande variação podendo haver na mesma moagem partículas grandes e pequenas, e geralmente são de forma esférica (Koch, 2002). No moinho de rolo, a redução de tamanho é conseguida pela combinação de forças, principalmente compressão e cisalhamento. Se os rolos girarem na mesma velocidade, a compressão é a principal força usada. Se os rolos girarem em velocidades diferentes, o cisalhamento e compressão são as principais forças usadas (Koch, 2002). Os sulcos presentes no rolo também diminuem o tamanho da partícula. As partículas produzidas tendem a ter tamanho uniforme, e são irregulares quanto a forma. As variações existentes entre as características dos moinhos podem influenciar a granulometria do milho processado, devendo ser considerados o diâmetro geométrico, a potência do motor, e o teor de umidade do grão (Martin,

1988).

### 2.3 Ensilagem de grão de milho reidratado

A silagem de grão de milho reidratado é tida como um tipo de processamento do grão, e consiste basicamente na hidratação do grão maduro moído, até chegar ao ponto próximo a 35% de umidade, o que propicia sua fermentação e armazenamento como silagem (Pereira e Pereira, 2013). A hidratação e ensilagem dos grãos de milho em estágio maduro é uma opção à ensilagem de grão úmido, pois permite a compra estratégica em momentos de baixa nos preços do milho, além de contornar o problema da estreita janela de colheita dos grãos. A homogeneização da água ao grão moído pode ser realizada através de uma adaptação de canos ao moinho para hidratação simultânea à moagem próxima ao silo, por mistura da água ao grão já triturado em um vagão misturador ou por adição de água a uma rosca sem-fim após moagem (Pereira e Pereira, 2013).

O processo de ensilagem envolve reduzir a integridade da matriz proteica que envolve o grânulo de amido de milho (Hoffman et al., 2011; Ferraretto et al., 2015). Isso ocorre através da proteólise advinda das enzimas da própria planta ou dos microrganismos da silagem (Hoffman et al., 2011; Kung JR et al., 2014; Silva et al., 2018). Esses processos podem aumentar a degradabilidade *in situ* das silagens de milho reidratado e a digestibilidade *in vivo*. Como foi observado no trabalho de Silva (2016), em que a maior digestibilidade do amido foi nas dietas contendo silagens de grão reidratado, em comparação com a dieta com milho seco (99% e 96,1 % respectivamente). A digestibilidade total do amido do milho é correlacionada positivamente com a digestibilidade ruminal do amido (Ferraretto et al., 2013). No estudo de Pereira et al. (2011) foi verificado que a degradabilidade da matéria seca de milho moído fino reidratado (71,6%) e sorgo moído fino reidratado (67,1%) foi melhor, em função do processo de reidratação com 38% de umidade dos grãos, quando comparada os grãos secos, milho moído fino (42,8%) e sorgo moído fino (41,1%).

O aumento no tempo de armazenamento da silagem reduz os teores de

prolamina através de maior proteólise, propiciando aumento da degradabilidade ruminal *in situ* do amido (Fernandes et al., 2015; Silva, 2016). Essa atividade protelítica realizada por bactérias é responsável por 60,4% da degradação de proteína em silagens de grão de milho reidratado (Junges et al., 2015; Silva et al. 2018). No estudo de Carvalho et al. (2016), os autores observaram ganhos em degradabilidade com incubação por 7 h após 30 dias de ensilagem e na incubação por 3 h após 90 dias. Kung Jr et al. (2014) observaram ao longo do tempo de estocagem (0, 70 e 140 dias) redução nos teores de prolamina e aumento nos teores de nitrogênio amoniacal e proteína solúvel, indício da quebra da matriz proteica que recobre os grãos de amido, e aumento da digestibilidade *in vitro* do amido. Silva (2016) mostrou que apesar dos maiores ganhos em digestibilidade ocorrerem nos primeiros 30 a 70 dias de estocagem, ganhos na ordem de 0,035 unidades percentuais/dia continuam ocorrendo a partir desses tempos, fazendo com que ao longo do tempo de estocagem o aumento de digestibilidade continue ocorrendo. Isso pode favorecer o processo fermentativo em silagens com maior tamanho de partícula do grão, conseqüentemente uma interação do tempo de armazenamento com o grau de moagem do grão de milho pode resultar em diferentes estratégias de abertura da silagem.

#### 2.4 Moagem e o processo de ensilagem

No Brasil, o principal método de processamento do milho é a moagem do grão (Pinto e Millen, 2016), o que permite uma variedade de granulometrias que podem interagir com o processo de ensilagem.

Segundo Ferraretto et al., (2013), o tamanho médio de partículas da silagem pode influenciar na digestibilidade do amido. Os autores realizaram uma meta análise com a finalidade de estimar os efeitos de diferentes métodos de processamento de grãos sobre o consumo, digestibilidade e produção de leite de vacas leiteiras. A redução no tamanho de partícula (>2 mm para <2 mm) na silagem de milho grão úmido aumentou a digestibilidade no trato digestivo total

de 89,5% para 95,2%. Esse fato pode ser explicado pelo aumento da superfície de contato para ação da proteólise na silagem e também para a digestão bacteriana e enzimática no rúmen (Huntington, 1997) no caso das partículas mais finas. (Nocek e Tamminga, 1991). Silva (2015), estudou duas granulometrias (2 mm e 6 mm) para o milho seco e para silagem de grão reidratado. O processo de ensilagem nos dois tamanhos de partícula melhoraram a digestibilidade do amido (98,8% com 2 mm e 98,1% com 6 mm) quando comparado ao milho seco (97,1 % para 2 mm e 94,1% para 6mm) assim como diminuíram o teor de amido fecal (2,54% e 4,01% para silagens com partícula fina e partícula grossa contra 5,70% e 10,52% do milho seco partícula fina e partícula grossa, respectivamente). Já no estudo de Castro et al. (2019), com silagens moídas na peneira de 3 e 9 mm, o tamanho de partícula não afetou a degradabilidade *in situ* ruminal do amido 7h (78,1% vs. 78,2%) de vacas em lactação, segundo os autores o tempo de estocagem das silagens acima de 200 dias eliminou o efeito do tamanho de partícula. Carvalho et al. (2016) reportaram valor de 42,8% para a digestibilidade *in vitro* da MS de silagens de grão de milho reidratado moídas a 3 mm, estocadas por 280 dias e incubadas por 3 horas. Os mesmos autores consideraram ser um rápido *input* de fermentação ruminal e comentam sobre rápidos acúmulos de ácidos graxos.

A respeito da fermentação da silagem, no estudo de Silva (2015), as silagens de grão reidratado moídas fina ou grosseiramente, foram armazenadas por 120 dias. Após a abertura o autor verificou que ambas as silagens demonstraram estabilidade aeróbia acima de 120 horas, com menor atividade de espoliação e por consequência menor perda de qualidade, sem diferença de pH entre as silagens, concluindo que o diâmetro geométrico médio não afetou o perfil fermentativo e nutricional da silagem. No trabalho de Carvalho et al. (2016) a fermentação de silagem de grão de milho reidratado moído na peneira de 3 mm com os tempos de estocagem de 5, 15, 30, 60, 90, 150, 210 e 280 dias, foi melhorada com o aumento dos dias de estocagem, com queda pronunciada do pH e diminuição da contagem de fungos filamentosos aos 30 dias.

## 2.5 Efeito do processamento sobre o consumo e desempenho

Com o aumento da degradabilidade do amido pelo processamento, resultado do maior acesso dos microrganismos aos grânulos, estudos verificaram um aumento da eficiência alimentar em bovinos de corte em terminação (Caetano et al., 2019; Henrique et al., 2007; Macken et al., 2006; Silva, 2016). A explicação é pautada no maior consumo de energia metabolizável e aumento da utilização desta energia pelo animal (Caetano et al., 2019).

Apesar dos benefícios, o uso de dietas com altas quantidades de concentrado pode causar problemas de ordem digestiva nos ruminantes, resultando em diminuição de consumo, baixo ganho de peso, prejuízos à parede do rúmen e retículo, redução da função hepática, aparecimento de abscessos no fígado, entre outros (Preston, 1998). Ruminantes que recebem dietas de alta densidade energética e ricas em amido podem ter o consumo regulado pela demanda metabólica, uma vez que, as elevadas concentrações de metabólitos no rúmen e corrente sanguínea atuarão no centro de saciedade do sistema nervoso central (Thiago e Gill, 1990). É sabido que o local e a dimensão da digestão do amido no trato gastrointestinal podem ser influenciados pelo tipo e tamanho da partícula do grão (Nocek e Tamminga, 1991) podendo haver alta produção de lactato que causa o abaixamento do pH ruminal, resultado de distúrbios metabólicos como a acidose ruminal.

No estudo de Owens et al., (1997) verificou-se que animais alimentados com milho grão úmido reduziram a ingestão de matéria seca em 7,7%, comparados com os animais alimentados com milho grão seco. De acordo com esses autores, o maior processamento do grão causou pequena redução no ganho de peso, que pode ser atribuída à redução na ingestão de matéria seca.

Silva et al. (2007) estudaram o uso de milho grão seco ou úmido para novilhos Nelore em confinamento e verificaram uma diminuição de 18,1% no consumo quando os animais foram alimentados com o milho úmido. No estudo de Silva (2016), os animais em confinamento diminuíram o consumo de matéria seca de 9,81 kg/dia para 7,34 kg/dia quando consumiram milho seco ou silagem de milho reidratado, respectivamente. Diante o exposto, é importante evitar a redução do consumo de bovinos alimentados com silagem de grão de milho reidratado.

Estratégias para modificar o padrão de fermentação e diminuir os riscos com

distúrbios metabólicos, assim como não afetar o consumo ou mesmo aumentar o consumo, podem ser utilizadas. Um exemplo seria o uso do milho seco balanceado junto à silagem de milho reidratado como fonte energética na dieta. Outras estratégias foram estudadas anteriormente e tiveram resultados positivos. No trabalho de Santos et al., (2001) a hipótese foi que a polpa de citrica peletizada promoveria um padrão de fermentação com ausência de ácido láctico, o que poderia maximizar a disponibilidade de carboidrato degradável no rúmen sem causar acidose e a estratégia se mostrou ser eficiente em melhorar a digestibilidade de nutrientes, com menor valor de amônia ruminal e aumentou a eficiência alimentar. Carvalho (2016) utilizou o grão de milho inteiro, sem processamento, com intuito de evitar desordens digestivas através da regulação da taxa de fermentação do amido no rúmen, característico de quando se utiliza dietas com baixa inclusão de forragem e resultou em maior ganho dos animais frente à dietas sem grão inteiro. Assim, a diferença na velocidade de degradação do amido entre fontes de milho, ou entre diferentes alimentos, são estratégias de utilização que podem resultar em melhorias no consumo e conseqüentemente no desempenho de animais em terminação.

### **3. OBJETIVOS**

Estudar o efeito do tamanho de partícula e tempo de estocagem sob o perfil fermentativo e degradabilidade da silagem de grão de milho reidratado, definindo qual melhor tempo de estocagem para cada tamanho de partícula estudado.

Avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusões e tamanho de partícula de silagem de grão de milho reidratado na dieta de terminação sob o metabolismo e desempenho de animais Nelore.

### **4. HIPÓTESES**

Em silagem de grão de milho reidratado, diferentes tamanhos de partículas não afetam a fermentação; maiores partículas necessitam de maior tempo de estocagem para alcançar o mesmo efeito de aproveitamento do amido que silagens

com menor tamanho de partícula. A adição de milho seco com SMR e o uso de SMR com partícula grande são estratégias para melhorar consumo, desempenho e eficiência de animais Nelore em terminação frente às dietas com silagens de menor tamanho de partícula.

## 5. REFERÊNCIAS

Allen MS, Bradford BJ, Oba M (2009) Board invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science** 87:3317-3334.

Bernardes TF, Cardoso M, Lima M.L (2018) Silage feeding programs on intensive dairy farms. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION. **Anais ...** Knoxville.

Caetano M, Goulart RS, Rizzo PM, Silva S L, Drouillard JS, Leme PR, Lanna DPD (2019) Impact of flint corn processing method and dietary starch concentration on finishing performance of Nelore bulls. **Animal Feed Science and Technology** 251:166–175.

Carvalho JRR (2016) **Desempenho e aproveitamento pós-ruminal do amido em tourinhos nelore e angus alimentados com dieta com grão de milho inteiro e sem volumoso** 126 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.

Carvalho BF, Bernardes TF, Pereira MN, Santos C, Schwan RF (2016) Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Applied Microbiology** 122: 589–600.

Castro LP, Pereira MN, Dias JDL, Lage DVD, Barbosa EF, Melo RP, Pereira RAN (2019) Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of Dairy Science** 102: 9857-9869.

Chesson A, Forsberg C.W (1997) Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In.: Stewart CS, Hobson PN (Eds.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. London: Elsevier Applied Science, p. 329-381.

Correa CES, Shaver RD, Pereira MN, Lauer JG, Kohn K (2002). Relationship between Corn Vitreousness and Ruminal In Situ Starch Degradability. **Journal of Dairy Science** 85: 3008–3012.

Fernandes J, Daniel JLP, Junges D, Carvalho PA, Bach BC, Paziani SF, Nussio LG (2015). Prolonged storage offset the negative effect of vitreousness on the degradability of high moisture corn silages. In: XVII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, **Anais...** Piracicaba: p. 564–565.

Ferraretto L F, Fredin SM, Shaver RD (2015) Influence of ensiling, exogenous protease addition, and bacterial inoculation on fermentation profile , nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 10: 7318–7327.

Ferraretto LF, Crump PM, Shaver RD (2013) Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science** 96: 533–550.

Ferraretto LF (2017) Impact of Starch Content and Digestibility in Dairy Cattle Diets. Disponível em: <<http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2017/Ferraretto.pdf> 2017>. Acesso em: 21 jan. 2020.

Hamaker BR, Mohamed AA, Habben JE, Huang CP, Larkins BA (1995) Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin contents than the conventional method. **Cereal Chemistry** 72: 583–588.

Henrique W, Antonio J, Filho B, Leme PR, Pazzaneze D, Lanna D, Sampaio A M (2007) Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação: Desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36: 183-190.

Hoffman PC, Esser NM, Shaver RD, Coblenz WK, Scott MP, Bodnar AL, Schmidt RJ, Charley RC (2011) Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 94: 2465–2474.

Huntington GB (1997) Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science** 75: 852–867.

Junges D, Morais G, Daniel JLP, Spoto MHF, Nussio LG (2015) Contribution of proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. In: XVII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, **Anais...** Piracicaba: p. 566-567.

Koch K (2002) Hammermills and Roller mills. **Kansas State University**. Disponível em: < <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/mf2048.pdf> >. Acesso em: 15 mar. 2020.

Kung Jr. L, Windle MC, Walker N (2014) The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 97: 707–1712.

Lugão SMB (2011) Silagem de Grão Úmido de Milho. In: Kiyota N, Vieira JAN, Yagi R, Lugão SMB (Eds.) **Silagem de Milho na Atividade Leiteira do Sudoeste do Paraná: do manejo de solo e de seus nutrientes a ensilagem de planta inteira e grãos úmidos**. Paraná: Lapar, p. 99-112.

Macken CN, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Stock RA (2006). Effects of Corn Processing Method and Protein Concentration in Finishing Diets Containing Wet Corn Gluten Feed on Cattle. **The Professional Animal Scientist** 22: 14–22.

Martin S (1988) Particle size reduction. **NFIA – feed manufacturing short course**. Kansas: Kansas State University, p.10.

Morais G (2016) **A fermentação de grãos de milho reidratados influenciada pela aplicação de aditivos: aspectos da conservação e do valor nutritivo para vacas leiteiras**. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Nellis SE, Hoffman PC, Shaver RD (2013) Technical note: A modified method to quantify prolamin proteins in dry and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 96: 4647-52.

Nocek JE, Tamminga S (1991) Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science** 74: 3598–3629.

Owens F, Basalan M (2013) Grain processing: gain and efficiency responses by feedlot cattle. In: THE PLAINS NUTRITION COUNCIL. **Proceedings...** Amarillo: p.76-100.

Owens FN, Zinn RA, Kim Y K (1986). Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science** 63: 1634–1648.

Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR (1997) The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science** 75: 868–879.

Owens FN, Zinn RA (2005) Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE. **Proceedings...**Nebraska: p. 86-112.

Paes MCD (2006) **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo: Circular Técnica 75, 6p.

Pereira MN, Pereira RAN, Bitecourt LL, Júnior GSD, Lopes NM, Zacaroni OF (2013) **Silagem do milho reidratado na alimentação do gado leiteiro**. Belo Horizonte: EPAMIG: Informe Agropecuário 96p.

Pereira MN, Von Pinho RG, Bruno RGS, Calestine GA (2004) Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola** 61: 358-363.

Pereira ML (2013) **Degradabilidade ruminal *in vitro* de grão reidratado e ensilado de milho e sorgo com diferentes granulometrias**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Pereira MN, Pereira RAN (2013) Processamento de milho por re-hidratação e ensilagem. In: ENCONTRO DE CONFINAMENTO. **Anais...** Ribeirão Preto: Coan, p.141-162.

Pinto ACJ, Millen DD (2016) Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: X SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, p. 103-120.

Pozza PC, Pozza MSS, Richart SO, Fernando G, Gasparotto ES, Schlickmann F (2005) Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos. **Ciência Rural** 35: 235-238.

Preston RL (1998) Management of high concentrate diets in feedlot. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, CAMPINAS. **Anais...**Campinas: CBNA, p. 82- 91.

Rooney LW, Pflugfelder RL (1986). Factors affecting starch digestibility with special emphasis on shorghum and corn. **Journal of Animal Science** 63: 1607-1623.

Santos FAP, Carareto R, Marques RS (2011) Processamento de grãos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 403-432.

Santos FAP, Procópio M (2001) Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. **Acta Scientiarum** 61: 923–931.

Silva MRH (2015) **Processamento e ensilagem no valor nutritivo de grãos de milho para novilhos em confinamento**. 83 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Silva NC (2016) **Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados**. 130 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Silva SL, Leme PR, Putrino SM, Valinote AC, Nogueira Filho JCM, Lanna DPD (2007) Milho grao seco ou umido com sais de calcio de acidos graxos paranovilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36:1426-1434.

Silva NC, Nascimento CF, Nascimento FA, Resende FD, Daniel JLP, Siqueira GR (2018) Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. **Journal of Dairy Science** 101: 4158–4167.

Summers JD (2001) Maize: Factors Affecting its Digestibility and Variability in its Feeding Value. In: Bedford MR, Partridge GG (Eds.). **Enzymes in farm animal nutrition**. Ontario: p. 109-125.

Theurer CB, Lozano O, Alio A, Delgado-elorduy A, Sadik M, Huber JT, Zinn RA (1999) Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal Animal Science** 77: 2824-2831.

Theurer CB (1986) Processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science** 63: 1649-1662.

Thiago LRLS, Gill M (1990) **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen**. Campo Grande: EMBRAPA: CNPGC, 65 p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 43).

Vasconcelos JT, Galyean ML (2007) Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science** 85: 2772–2781.

Zinn RA, Barreiras A, Corona L, Owens FN, Plascencia A (2011) Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. **Nutrition Research Reviews** 24: 183–190.

Weber FH, Collares-queiroz FP, Chang YK (2009) Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Food Science and Technology** 29:748-753.

Wang LZ, White PJ (1994) Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. **Cereal Chemistry** 71: 263-271.

## CAPÍTULO 2 – Perfil fermentativo e degradabilidade de silagens de grão de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula

**RESUMO** – Silagem de milho reidratado (SMR) é uma alternativa de processamento do milho, principalmente para o milho de endosperma duro, predominante no Brasil, deixando o amido mais disponível para digestão ruminal. SMR podem ser feitas com diversos tamanhos de partículas. O objetivo deste estudo foi determinar se SMR de diferentes tamanhos de partículas diferem em fermentação dentro de diferentes tempos de estocagem, e qual melhor momento de abertura para essas silagens de acordo com o maior ganho em digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS). Para isso, foram confeccionados minisilos com silagens com partículas de 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm, estocadas por 15, 30, 60, 120 e 240 dias, em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições totalizando 150 minisilos. Foi utilizado contrastes para variáveis com efeito ( $P < 0,05$ ) de interação, e também testados modelos Broken-line para DISMS. Os valores de MS das silagens foram menores ( $P < 0,05$ ) nas silagens de 1,11 mm e 1,75 mm, as mesmas tiveram menores valores de pH ( $P < 0,05$ ). Os valores de perdas aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o tamanho de partícula. A estabilidade aeróbia ( $P < 0,05$ ) aumentou com o tempo de estocagem, não sendo alterada ( $P > 0,05$ ) pelo tamanho da partícula. As concentrações de amido variaram entre as silagens e tempo de estocagem ( $P < 0,05$ ). O tempo de estocagem afetou de forma linear decrescente ( $P < 0,05$ ) os valores de prolamina, e de forma crescente ( $P < 0,05$ ) os valores de N-NH<sub>3</sub>. Os valores de PB alteraram entre partículas nos tempos 60 e 120 dias de estocagem, de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) e linear decrescente ( $P < 0,05$ ), respectivamente, sendo que o tempo de estocagem afetou de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) os valores de PB para todos os tamanhos de partícula exceto as silagens com 1,69 mm. O tamanho de partícula não afetou ( $P > 0,05$ ) o crescimento de leveduras, sendo que estas diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o tempo de estocagem, já para BAL, houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre os tamanhos de partículas nos tempos 15, 60 e 120 dias, com efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) durante os tempos de estocagem. Os valores de ácido láctico foram afetados pelo tamanho de partícula de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) apenas aos 240 dias, e houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) durante o tempo de estocagem. O tempo de estocagem afetou ( $P < 0,05$ ) os teores de acetona, metanol e lactato de etila. Houve aumento significativo do teor de acetona aos 240 dias de estocagem, e o teor de metanol diminuiu aos 60 dias e aumento aos 240 dias. O lactato de etila aumentou significativamente de acordo com o tempo de estocagem. Silagens com 0,97 e 1,11 mm tiveram os menores valores 1,2 propanediol, com linear aumento ( $P < 0,01$ ) até os 60 dias de estocagem, sem variações após os 60 d. A DISMS aumentou em função do aumento dos dias de estocagem ( $P < 0,05$ ). Houve maior degradabilidade aos 15 dias para silagens com 0,97 mm. Os valores de máximo incremento de degradabilidade segundo modelo Broken-line linear-linear foram encontrados nos dias 36, 38, 39, 50, 54 e 46 de estocagem para as silagens com partículas de 0,97mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm respectivamente. O tamanho de partícula não impede adequado perfil fermentativo de SMR. Silagens de grão de milho reidratado com

tamanhos de partículas maiores necessitam de maior tempo de estocagem que silagens com partículas menores.

**Palavras chave:** degradabilidade *in situ*, fermentação, granulometria, proteólise

## 1. INTRODUÇÃO

O milho utilizado em dietas de ruminantes representa uma importante fonte de energia, que permite maximização da quantidade de microrganismos ruminais (Pereira, 2017), com conseqüente aumento da produção de carne ou leite (Giuberti et al., 2013). No Brasil, o milho é caracterizado por endosperma predominantemente vítreo (Cruz et al., 2014), e híbridos de milho com alto teor de endosperma vítreo têm menor digestibilidade ruminal e intestinal do amido, comparado a híbridos de endosperma farináceo (Taylor e Allen, 2005). Por isso, o processamento de grãos é uma alternativa para aumentar a disponibilidade da energia advinda do amido.

A ensilagem de grão de milho tem sido uma técnica de processamento promissora, estudada desde a década de 70 nos Estados Unidos, inicialmente com foco em teor de umidade e aditivos microbianos (Dawson et al., 1998; Faber et al., 1989, Goodrich et al., 1975). Essa técnica reduz os custos com secagem e armazenamento dos grãos, permite a retirada antecipada dos grãos do campo, no caso de silagens de milho grão úmido (SMU), ou a compra do milho mais barato na safra no caso de silagens de milho reidratado (SMR) (Morais et al., 2017; Pereira, 2017). A utilização de SMR pode ser uma boa alternativa à SMU, como demonstrado por Silva et al. (2019).

Antes do processo de reidratação e ensilagem, os grãos de milho devem ser moídos, havendo diferentes opções de crivos de peneiras o que gera diversos tamanhos médios de partículas. Já foi demonstrado que o tamanho médio de partícula do grão de milho seco pode influenciar a digestibilidade ruminal do amido, sendo maior para milho moído finamente (Ferraretto et al., 2013). A justificativa é a facilidade de acesso dos microrganismos, devido a maior superfície de contato, e esse efeito pode ocorrer também no caso de silagens de milho reidratado com partículas menores.

Além disso, existe a vantagem da quebra da matriz proteica que circunda os grânulos de amido com a ensilagem, e pode ser aumentada com períodos longos de estocagem (Hoffman et al., 2011; Silva et al., 2019). O tempo de estocagem também resulta em queda do pH das silagens (Carvalho et al., 2016), aumento da estabilidade aeróbia (Silva et al., 2019), favorecendo o perfil fermentativo. Porém pouco se conhece a respeito de diferentes granulometrias sobre o padrão

fermentativo de silagens de milho reidrado e sobre a interação entre tempo de estocagem e granulometria nessas silagens. Temos por hipótese que um menor tempo de estocagem é suficiente para um incremento no perfil fermentativo e na degradabilidade de silagens de milho reidratado com menor tamanho de partícula, em relação à silagens com maior tamanho de partícula.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Processamento dos grãos

O experimento foi realizado em uma propriedade comercial em Novo Horizonte, SP. Os grãos de milho secos adquiridos no mercado (13,4 % de umidade), foram moídos em moinho do tipo martelo (modelo 4/360° 50cv, Cirelli Indústria e Comercio Ltda., São Paulo, SP Brasil) com peneiras de diferentes crivos: 3 mm, 5 mm; 8 mm ; 10 mm; 12 mm e 15 mm. Após a moagem em cada peneira, foi feita a determinação do tamanho médio real das partículas (Tabela 1) segundo a metodologia proposta por Baker e Herrman (2002), gerando os tratamentos: 1) partícula 0,97 mm, 2) partícula 1,11 mm, 3) partícula 1,35 mm, 4) partícula 1,51 mm, 5) partícula 1,69 mm e 6) partícula 1,75 mm.

Tabela 1. Distribuição do tamanho de partícula e tamanho médio geométrico de partícula (TMGP), do milho moído nas peneiras com crivo de 3 mm; 5 mm; 8 mm; 10 mm; 12 mm ou 15 mm

Item	P3	P5	P8	P10	P12	P15
TMGP <sup>1</sup> (mm)	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75
	% Retida em cada peneira					
6,00 mm	0,0	0,0	0,8	0,7	1,4	1,8
3,25 mm	0,3	3,4	12,3	18,6	22,1	25,4
2,00 mm	11,8	21,6	25,0	26,9	28,8	28,2
1,25 mm	42,5	34,4	25,9	22,4	21,3	19,7
0,60 mm	16,2	13,3	13,7	11,8	10,8	9,3
0,30 mm	20,8	20,4	16,8	13,6	8,9	8,3
0,13 mm	8,3	6,9	5,0	5,5	5,2	5,4
Fundo	0,0	0,0	0,4	0,6	1,5	1,9

<sup>1</sup>Calculado de acordo com ASABE (2008)

A taxa de moagem (ton/hora) foi mensurada pesando-se a quantidade de milho moído em um minuto para cada crivo de peneira, com transformação para o tempo de uma hora (Figura 1).

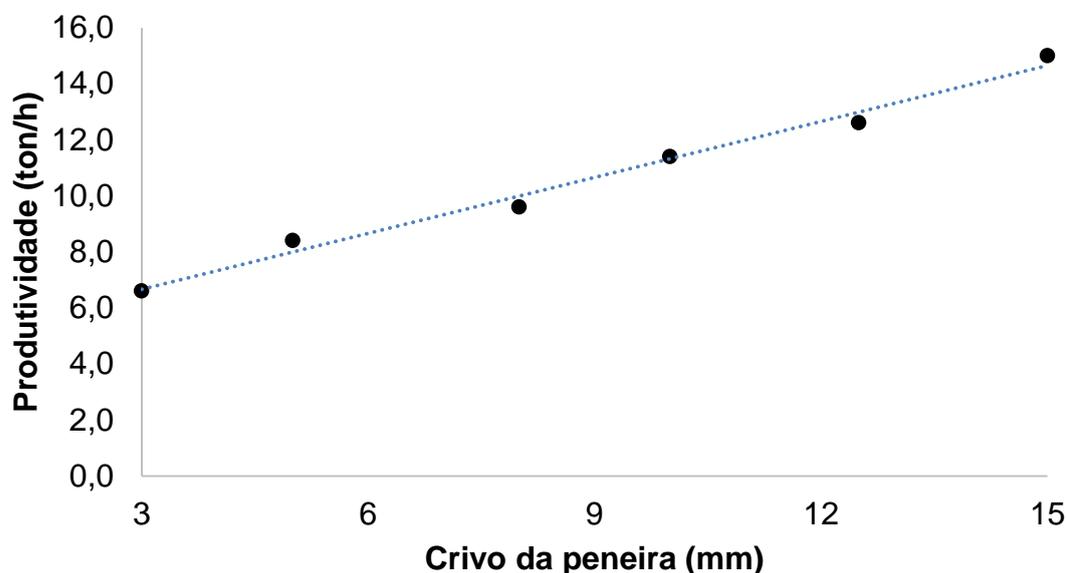


Figura 1. Taxa de moagem do milho moído em moinho de martelo com peneiras de crivo de 3mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm e 15 mm.

## 2.2 Ensilagem

O milho seco foi moído e reidratado no próprio moinho por um sistema de rosca com cano com perfurações para aspergir a água, com vazão já ajustada. Um tratamento por vez recebeu água livre de cloro a temperatura ambiente, com o objetivo de atingir o teor de umidade de 35%.

Os silos experimentais utilizados foram baldes plásticos com capacidade de 20 L, e foram estocados durante diferentes tempos. Para cada tamanho de partícula foram confeccionados cinco repetições para cada tempo de estocagem (15, 30, 60, 120 e 240 dias após a ensilagem), totalizando 150 silos. A compactação foi realizada com auxílio de um soquete, a fim de atingir uma densidade média de  $1000 \pm 54 \text{ kg/m}^3$  de matéria natural. Após a compactação, cada silo foi vedado com tampa plástica apropriada e pesado. Em cada tempo de abertura, os mesmos foram novamente pesados para determinação da

recuperação da MS e das perdas por gases (PG), segundo Jobim et al.(2007).

Amostras do material reidratado antes de ensilar foram coletadas para análises químicas e microbiológicas (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de pH, composição química e microbiológica do milho reidratado antes da ensilagem, com tamanhos de partícula de 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm.

Item	Tamanho de Partícula (mm)						DP
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75	
Matéria seca (%)	64,1	62,1	64,1	63,1	63,1	61,4	1,05
PB (% MS)	7,89	7,81	7,79	7,83	8,12	7,99	0,30
N-NH <sub>3</sub> (% MS)	0,032	0,036	0,035	0,039	0,043	0,044	0,01
Prolamina (% MS)	5,08	4,96	4,9	4,85	4,73	4,17	0,55
CSA <sup>1</sup> (%MS)	1,08	0,71	0,69	0,64	0,48	0,48	0,22
Amido (% MS)	67,1	66,5	66,2	65,9	65,4	62,92	2,40
pH	5,41	5,19	5,26	5,40	5,31	5,08	0,12
BAL <sup>2</sup> (log UFC/g)	8,91	9,14	8,98	9,12	8,87	9,09	0,15
Leveduras (log UFC/g)	5,06	4,85	5,02	5,61	5,96	5,35	0,49

<sup>1</sup>CSA = Carboidratos Solúveis em Água; <sup>2</sup> BAL = Bactérias Ácido Láticas; DP = desvio padrão

### 2.3 Perfil fermentativo, características químicas e estabilidade aerobia

Os silos foram abertos, homogeneizados e subamostrados. Cada subamostra foi submetida à determinação das alterações do perfil fermentativo, características químicas e estabilidade aerobia das silagens.

Foi obtido um extrato aquoso preparado com 30 g de amostra e 270 g de água destilada, homogeneizado em aparelho Stomacher (400 Circulator, West Sussex, UK) durante quatro minutos para obtenção do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e ácidos orgânicos. A mensuração do pH foi feita por meio de um potenciômetro (HI 2221, Hanna Instruments). O N-NH<sub>3</sub> foi determinado segundo técnica descrita por Noel e Hambleton (1976). Os teores de álcoois, ésteres, ácidos graxos voláteis e acetona foram estimados em cromatógrafo gasoso com detector de massas (GCMS) (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu®, Kyoto, Japan), usando coluna capilar (Stabilwax, Restek®, Bellefonte, USA; 60m, 0,25 mm ø, 0,25 µm crossbond carbowax polyethylene glycol) e parâmetros analíticos conforme as recomendações do fabricante. Foram utilizadas amostras dos tempos 15, 60 e 240 dias de estocagem.

Outra amostra foi utilizada para a contagem de leveduras, fungos filamentosos e BAL, utilizando-se um extrato aquoso (1:10) com água peptonada (1 g por litro de água), homogeneizado durante quatro minutos no Stomacher® (400 Circulator, West Sussex, UK). Para a contagem de leveduras e fungos filamentosos foi utilizada a técnica de plaqueamento em superfície com o meio de cultura YGC Agar (Fluka), sendo preparadas diluições em série ( $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ ) e em duplicata (Tabacco et al., 2009). Após incubação a 28 °C durante três e cinco dias para leveduras e fungos filamentosos, respectivamente, foram contadas as colônias separadamente, com base nas suas características macromorfológicas. Para a contagem de BAL foi usada a mesma técnica descrita para leveduras e fungos filamentosos, entretanto o meio de cultura utilizado foi o MRS Agar (Himedia), e a incubação foi realizada a 37 °C por três dias, quando se realizou a contagem.

As amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h para determinação da MS, moídos em moinho tipo Willey com peneira de crivo de 1 mm para posterior determinação da proteína bruta (PB) conforme a AOAC (método 990.03; 1995), carboidratos solúveis em álcool (Dubois, 1956), prolamina (Nellis et al., 2013) e amido (Bach Knudsen et al., 1987).

Aproximadamente três kg de silagem foram colocados em baldes plásticos, os quais foram cobertos com folha de papel alumínio (Tabacco et al., 2009). Os baldes foram mantidos em uma sala fechada com temperatura de 25°C por 10 dias. A temperatura das silagens foi registrada a cada hora por meio de data loggers (Pro2.07.09, Escort Console). A estabilidade aeróbia foi definida como o número de horas que a silagem permaneceu estável antes de atingir 2° C acima da temperatura ambiente.

#### 2.4 Degradabilidade *in situ* da MS

Para a análise de degradabilidade *in situ* da MS (DISMS) foram utilizados amostras frescas das silagens com o tamanho de partícula original de cada tratamento, e foram pesadas proporcionalmente a 5 g de matéria seca. Foram incubadas por 12 horas em sacos para degradabilidade (modelo R1020, Ankon,

50±15 micras) conforme descrito por Nocek (1988). Foram utilizados seis bovinos Nelore canulados no rúmen recebendo dieta com 100% de inclusão de silagem de milho planta inteira, com nove dias de adaptação e um de incubação.

Em cada animal foram incubados todos os tratamentos, foram usados três saquinhos para cada tratamento (triplicata). Após as 12 horas os sacos foram lavados e secados por 72 horas em estufa de circulação forçada a 55°C para posterior pesagem.

## 2.5 Análise Estatística

O experimento foi constituído de um delineamento inteiramente casualizado como medidas repetidas no tempo com o seguinte modelo:  $Y_{ij} = \mu + M_i + T_k + MT_{ik} + e_{ijk}$ . Em que efeitos fixos são  $\mu$  = média geral;  $M_i$  = efeito de tamanho de partícula ( $i = 0,97; 1,11; 1,35; 1,51, 1,69$  e  $1,75$ );  $T_k$  = tempos de estocagem dos silos ( $k = 15, 30, 60, 120,$  e  $240$ );  $MT_{ik}$  = interação entre tamanho de partícula e tempos de estocagem, e  $e_{ijk}$  = erro experimental. As variáveis foram analisadas pelo PROC MIXED de SAS (9.2). Quando houve efeito de interação, contrastes ortogonais (linear e quadrático) foram realizados usando os coeficientes do procedimento IML calculados para ajustar tratamentos e foram considerados significativos quando  $P < 0,05$ . No caso de degradabilidade *in situ*, optou-se por testar os seguintes modelos: broken-line (linear, platô), broken-line (linear, linear), broken-line (quadrático, linear). Os ajustes aos modelos foram comparados por  $R^2$  ajustado e raiz quadrada do quadrado médio do erro.

## 3. RESULTADOS

### *Perfil fermentativo, características químicas e estabilidade aeróbia*

Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) para PMS, que cresceram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento do tamanho de partícula das silagens em cada tempo de estocagem, exceção aos 120 dias (Tabela 3). As silagens com tamanho de partícula de 1,35 e 1,51 mm apresentaram comportamento quadrático com o aumento no tempo de estocagem (Tabela 3).

Tabela 3. Perdas de matéria seca (PMS; %) de silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula (mm) e tempos de estocagem (dias)\*.

Tempo de estocagem	Tamanho de partícula						EPM <sup>1</sup>	P – valor <sup>2</sup>	
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75		L	Q
15	1,11	0,76	0,89	1,02	1,45	1,97	0,25	0,01	0,01
30	0,80	1,22	1,07	0,97	1,41	1,40	0,12	0,01	0,48
60	0,72	1,17	1,62	1,11	1,16	1,44	0,12	0,01	0,01
120	0,88	0,92	1,14	2,22	1,55	1,33	0,33	0,05	0,23
240	0,91	0,91	1,11	1,01	1,67	1,45	0,16	0,01	0,21
EPM	0,13	0,07	0,08	0,32	0,25	0,28			
P – valor <sup>3</sup>	L	0,90	0,25	0,79	0,61	0,31	0,45		
	Q	0,27	0,21	<0,01	0,01	0,73	0,28		

<sup>1</sup>EPM = erro padrão da média;

<sup>2</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tamanho de partícula em cada tempo de estocagem.

<sup>3</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tempo de estocagem em cada tamanho de partícula.

\*Efeito de interação entre tamanho de partícula e tempo de estocagem:  $P < 0,05$ .

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre tamanho de partícula e tempo de estocagem para os valores de pH das silagens (Tabela 4). Os valores de pH foram menores ( $P < 0,05$ ) nas silagens com tamanho de partícula 1,11 mm e 1,75 mm em relação aos tamanhos 0,97 mm e 1,35 mm. A partir de 60 dias de estocagem houve queda progressiva ( $P < 0,05$ ) nos valores de pH.

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre tamanho de partícula e tempo de estocagem para os teores de MS e amido (Tabela 4). As silagens com tamanho de partícula 1,11 mm e 1,75 mm tiveram os menores teores de MS ( $P < 0,05$ ). As silagens tiveram menor valor de MS ( $P < 0,05$ ) aos 240 dias de estocagem. O amido não foi afetado pelo tamanho de partícula ( $P = 0,05$ ). Maiores valores de amido ( $P < 0,05$ ) foram observados aos 15 e 60 dias de estocagem. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre tamanho de partícula e tempo de estocagem para a estabilidade aeróbia (Tabela 4). Os tamanhos de partículas não afetaram ( $P > 0,05$ ) a estabilidade aeróbia das silagens. Contudo, houve aumento ( $P < 0,05$ ) da estabilidade aeróbia das silagens a partir de 60 dias de estocagem.

Tabela 4. Valores de pH, matéria seca, amido e estabilidade aeróbia de silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula (mm) e tempos de estocagem (dias)

Itens	Tamanho de partícula						EPM	Tempo de Estocagem					EPM	P valor <sup>1</sup>		
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75		15	30	60	120	240		P	T	P*T
pH	3,99	3,92	3,98	3,94	3,96	3,92	0,015	4,11	4,10	4,00	3,81	3,73	0,014	<0,01	<0,01	0,16
Matéria Seca (%)	64,5	62,9	64,8	63,6	63,9	62,6	0,15	63,6	64,4	63,9	64,2	62,3 <sup>c</sup>	0,14	<0,01	<0,01	0,69
Amido (% MS)	65,7	64,4	66	65,1	64,9	66,2	0,51	65,7	65	66,4	65,5	64,4 <sup>b</sup>	0,47	0,05	0,02	0,21
Estabilidade (h)	65,8	63,9	66	67,4	66,7	68,2	2,18	18,2	22,8	36,4	76,9	177,6 <sup>a</sup>	0,19	0,80	<0,01	0,28

<sup>1</sup>P= tamanho de partícula; T= tempo de estocagem; P\*T = interação tamanho de partícula e tempo de estocagem.

Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) com efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para  $N-NH_3$  entre os tamanhos de partícula das silagens aos 15 dias de estocagem, e efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para o aumento no tamanho de partícula a partir dos 30 dias de estocagem (Figura 2). O efeito foi linear crescente ( $P < 0,05$ ) para todos os tamanhos de partícula da silagem com aumento dos tempos de estocagem (Figura 2).

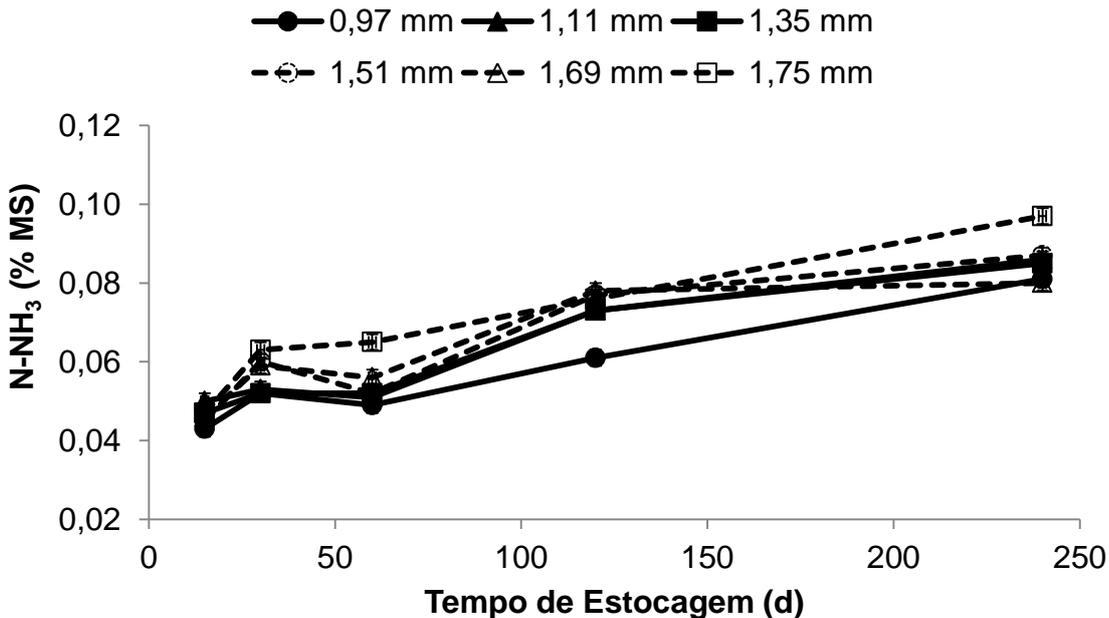


Figura 2. Valores de  $NH_3$  (% MS) para silagem de milho reidratado com partículas de 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm. Efeito de Contraste Linear para partícula dentro do tempo 15 dias:  $P > 0,05$ ; Efeito de Contraste Linear para partícula dentro dos tempos 30, 60, 120 e 240 dias:  $P < 0,05$ . Efeito de Contraste Quadrático para partícula dentro dos tempos 15, 30, 60 e 120 dias:  $P < 0,05$ ; Efeito de Contraste Quadrático para partícula dentro do tempo 240 dias:  $P > 0,05$ ; Efeito de Contraste Linear para tempo dentro das partículas 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm:  $P < 0,05$ . Efeito de Contraste Quadrático para tempo dentro da partícula 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm:  $P < 0,05$ .

Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) para a prolamina, que foi afetada pelo tamanho de partícula das silagens de forma linear até os 30 dias ( $P < 0,05$ ), e de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) aos 120 dias (Figura 3). Independente do tamanho de partícula os valores de prolamina diminuíram de forma linear ( $P < 0,05$ ) em função do aumento no tempo de estocagem (Figura 3).

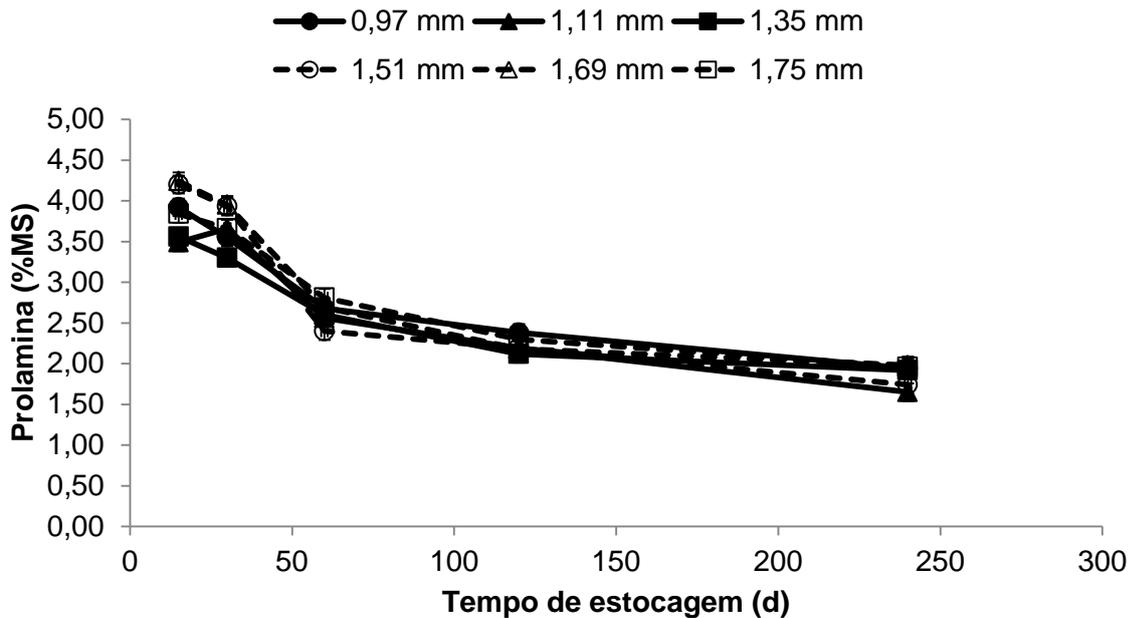


Figura 3. Valores de Prolamina (% MS) para silagem de milho reidratado com partículas de 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm. Efeito de Contraste Linear para partícula dentro dos tempos 15 e 30 dias  $P < 0,05$ ; Efeito de Contraste Linear para partícula dentro dos tempos 60, 120 e 240 dias:  $P > 0,05$ . Efeito de Contraste Quadrático para partícula dentro dos tempos 15, 30 e 60 dias e 240 dias  $P > 0,05$ ; Efeito de Contraste Quadrático para partícula dentro do tempo 120 dias:  $P < 0,05$ . Efeito de Contraste Linear para tempo dentro das partículas 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm:  $P < 0,05$ . Efeito de Contraste Quadrático para tempo dentro da partícula 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm:  $P < 0,05$ .

Houve efeito de interação ( $P > 0,05$ ) para PB. O aumento no tamanho de partícula das silagens afetou os valores de PB de maneira quadrática aos 60 dias ( $P < 0,05$ ) e linear decrescente aos 120 dias de estocagem ( $P < 0,05$ ) (Tabela 5). Os valores de PB das silagens com partículas de 0,97 mm, 1,51 mm e 1,75 mm tiveram comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) durante os tempos de estocagem, e houve comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ) para as silagens com partículas 1,11 mm, 1,35 mm e 1,69 mm durante os tempos de estocagem (Tabela 5).

Tabela 5. Proteína Bruta (% da MS) de silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula (mm) e tempos de estocagem (dias) \*

Tempo de estocagem	Tamanho de partícula						EPM <sup>1</sup>	P – valor <sup>2</sup>	
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75		L	Q
15	8,22	7,84	7,88	7,94	7,96	8,02	0,11	0,50	0,05
30	7,96	8,38	8,04	7,94	8,26	8,24	0,16	0,59	0,59
60	8,62	8,56	8,18	8,32	8,38	9,14	0,08	0,05	<0,01
120	8,68	8,64	8,5	8,14	8,4	8,44	0,11	0,01	0,12
240	8,22	8,84	8,38	7,88	8,66	8,46	0,16	0,93	0,35
EPM	0,11	0,13	0,12	0,1	0,16	0,14			
P – valor <sup>3</sup>	L	0,45	<0,01	<0,01	0,42	0,01	0,33		
	Q	<0,01	0,02	0,02	0,01	0,46	<0,01		

<sup>1</sup>EPM = erro padrão da média;

<sup>2</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tamanho de partícula em cada tempo de estocagem.

<sup>3</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tempo de estocagem em cada tamanho de partícula.

\*Efeito de interação entre tamanho de partícula e tempo de estocagem:  $P < 0,05$ .

Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) para contagem de leveduras e BAL. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do tamanho de partícula no crescimento de leveduras (Tabela 6).

Tabela 6. Contagem de Leveduras (log UFC/g) nas silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula (mm) e tempos de estocagem (dias)\*.

Tempo de estocagem	Tamanho de partícula						EPM <sup>1</sup>	P – valor <sup>2</sup>	
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75		L	Q
15	6,05	5,94	5,87	5,81	5,74	5,82	0,14	0,12	0,66
30	5,26	4,92	4,94	4,79	4,91	4,89	0,14	0,08	0,15
60	5,19	4,82	4,93	4,84	5,19	4,59	0,11	0,09	0,53
120	4,38	4,92	4,33	4,34	4,78	4,14	0,15	0,21	0,63
EPM	0,10	0,14	0,10	0,11	0,16	0,17			
P – valor <sup>3</sup>	L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
	Q	0,13	<0,01	0,01	<0,01	0,32	0,01		

<sup>1</sup>EPM = erro padrão da média;

<sup>2</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tamanho de partícula em cada tempo de estocagem.

<sup>3</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tempo de estocagem em cada tamanho de partícula.

\*Efeito de interação entre tamanho de partícula e tempo de estocagem:  $P < 0,05$ .

Para contagem de BAL (Tabela 8) o efeito foi linear crescente ( $P < 0,05$ ) aos 15 e aos 60 dias de estocagem, e quadrático ( $P < 0,05$ ) aos 120 dias de estocagem (Tabela 7). Com o aumento no tempo de estocagem, a contagem de leveduras e BAL decresceram linearmente, independente do tamanho de partícula ( $P < 0,05$ ) (Tabelas 6 e 7). Aos 240 dias de estocagem não foi realizado a contagem de BAL e leveduras, por problemas no plaqueamento.

Tabela 7. Contagem de bactérias do ácido láctico (log UFC/g) nas silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula (mm) e tempos de estocagem (dias)\*.

Tempo de estocagem	Tamanho de partícula						EPM <sup>1</sup>	$P$ – valor <sup>2</sup>	
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75		L	Q
15	7,81	7,73	8,16	8,08	8,07	8,07	0,05	<0,01	<0,01
30	7,29	7,44	7,25	7,18	7,28	7,16	0,11	0,20	0,88
60	6,46	6,54	6,67	7,12	6,86	6,58	0,12	0,02	0,02
120	5,78	5,80	5,60	5,58	5,77	5,73	0,06	0,38	0,02
EPM	0,07	0,11	0,10	0,06	0,06	0,11			
$P$ – valor <sup>3</sup>	L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
	Q	<0,01	0,03	<0,01	0,65	<0,01	<0,01		

<sup>1</sup>EPM = erro padrão da média;

<sup>2</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tamanho de partícula em cada tempo de estocagem.

<sup>3</sup>Valor de probabilidade de erro para efeito de contraste linear (L) e efeito de contraste quadrático (Q) do tempo de estocagem em cada tamanho de partícula.

\*Efeito de interação entre tamanho de partícula e tempo de estocagem:  $P < 0,05$ .

Na tabela 8 estão os produtos da fermentação. O tamanho de partícula influenciou ( $P < 0,01$ ) os teores de ácido acético, etanol, acetato de etila, e 1,2 propanediol. As silagens com 1,35 e 1,51 mm apresentaram menores valores de ácido acético, havendo diferença também para tempo de estocagem ( $P < 0,01$ ) com valores crescentes de acordo com aumento dos dias. Silagens com 0,97 e 1,35 mm tiveram os maiores valores de etanol. Os valores de acetato de etila foram maiores nas silagens com menores partículas 0,97; 1,11 e 1,35 mm. No caso do 1,2 propanediol, silagens com 0,97 e 1,11 mm tiveram os menores valores, e este composto aumentou ( $P < 0,01$ ) até os 60 dias de estocagem e depois houve

estabilização.

O tempo de estocagem afetou ( $P < 0,01$ ) os teores de acetona, metanol e lactato de etila. Houve aumento significativo do teor de acetona aos 240 dias de estocagem, e o teor de metanol diminuiu aos 60 dias e depois voltou a subir aos 240 dias. O lactato de etila aumentou significativamente de acordo com o tempo de estocagem.

Tabela 8. Produtos da fermentação de silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula (mm) e tempos de estocagem (dias)

Variáveis	Tamanho de partícula (mm)						EPM	Tempo de Estocagem (d)			EPM <sup>1</sup>	P valor <sup>2</sup>			
	0,97	1,11	1,35	1,51	1,69	1,75		15	60	240		P	T	P*T	
	g/kg de MS														
Ácido Lático	29,7	30,4	30,3	29,2	30,9	34,9	0,16	18,4	27,9	46,2	0,11	0,18	<0,01	<0,01	
Ácido Acético	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	<0,01	0,3	0,4	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	
Etanol	1,7	1,3	1,5	1,0	1,3	1,0	0,01	1,3	1,1	1,4	0,01	<0,01	0,122	0,40	
	mg/g de MS														
Acetona	6,73	8,73	4,67	5,6	7,73	5,67	1,06	2,93	5,07	11,57	0,72	0,11	<0,01	0,99	
Acetato de etila	45,4	31,1	36,9	25,4	33,4	24,4	4,59	37,83	29,87	30,76	3,57	<0,01	0,10	0,39	
Metanol	9,2	8,33	8,6	6,87	8,4	6,6	1,00	8,46	6,26	9,27	0,74	0,33	<0,01	0,37	
Lactato de etila	41,66	47,2	39,7	35,9	42,3	37,9	4,73	18,6	30,6	73,13	3,16	0,68	<0,01	0,76	
Ácido propiônico	4,26	1,93	1,93	2,6	1,67	2,73	0,97	1,9	2,5	3,17	0,66	0,49	0,45	0,15	
1,2 Propanediol	1,47	1,53	2,33	2,8	3,87	1,87	0,38	1,9	2,13	2,9	0,26	<0,01	<0,01	0,40	
Ácido Butírico	3,48	0,47	4,73	7,73	4	2,52	0,95	0,51	5,2	5,76	0,73	<0,01	<0,01	<0,01	
Isobutírico	0,73	1,07	1,4	1,0	1,2	1,47	0,21	1,3	1,03	1,1	0,15	0,14	0,41	0,28	
Propanol	1,0	0,73	0,8	1,07	0,87	1,0	0,20	0,9	1,0	0,83	0,14	0,80	0,68	0,29	

<sup>1</sup>EPM = Erro padrão da média;

<sup>2</sup>P= tamanho de partícula; T= tempo de estocagem; P\*T = interação tamanho de partícula e tempo de estocagem.

Houve efeito de interação ( $P < 0,01$ ), para os teores de ácido láctico e ácido butírico. Houve efeito quadrático ( $P = 0,01$ ) para os valores de ácido láctico em relação aos tamanhos de partícula no tempo de 240 dias, com efeito linear crescente ( $P < 0,01$ ) em relação ao tempo de estocagem para todos os tamanhos de partícula (Figura 4a). Com relação ao ácido butírico (Figura 4b), o tamanho de partícula afetou de forma quadrática ( $P < 0,01$ ) os valores aos 60 dias e de forma linear crescente ( $P < 0,01$ ) aos 240 dias de estocagem. Houve efeito linear crescente ( $P < 0,01$ ) durante a estocagem para a silagem de 1,69 mm, e efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) para as silagens de 1,35; 1,51 e 1,75 mm.

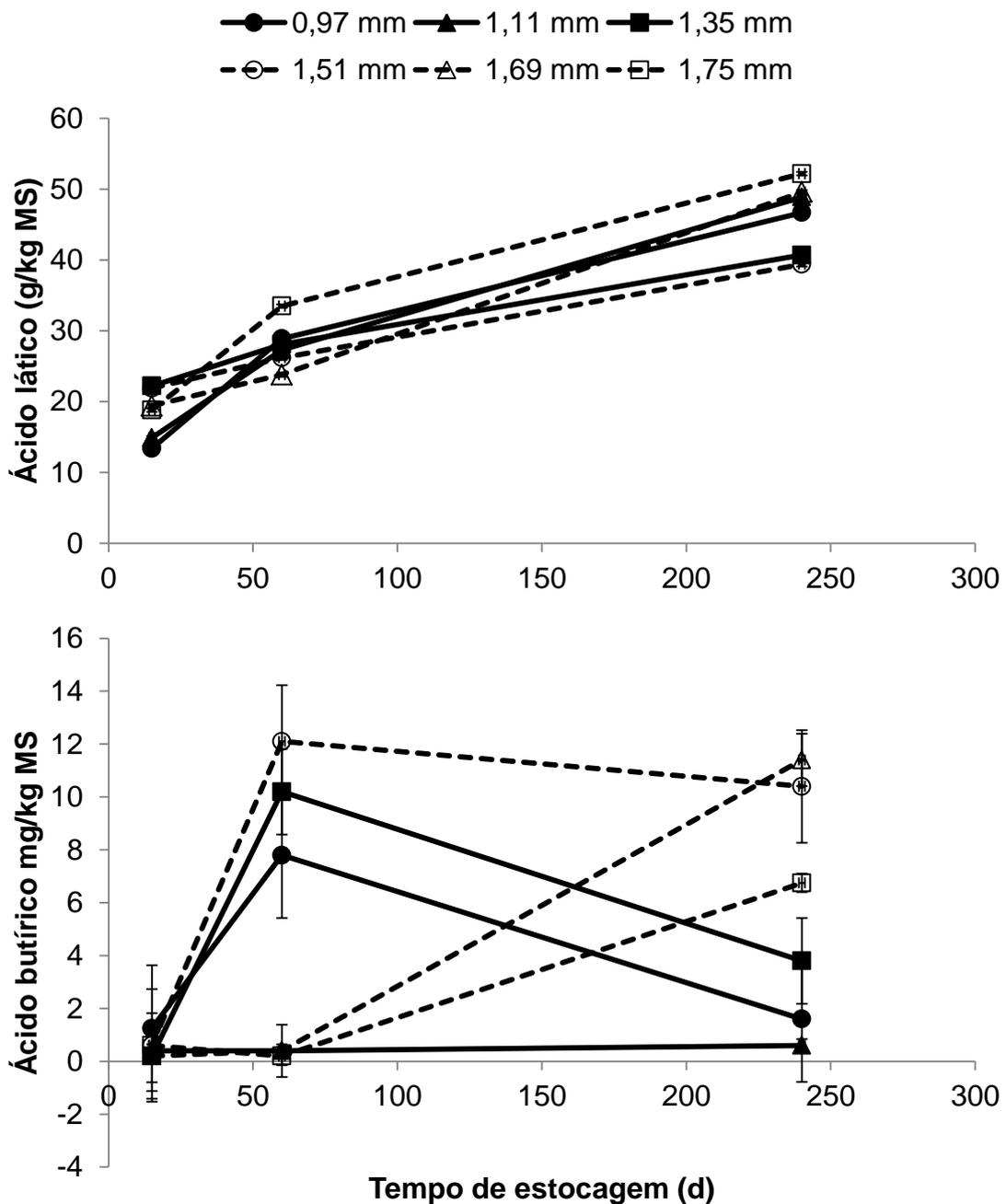


Figura 4. Teores de ácido láctico (a) e ácido butírico (b) de silagens de milho reidratado com diferentes tamanhos de partículas e tempos de estocagens. (a) Dentro das partículas 0,97;1,11;1,35;1,51;1,69;1,75mm : EPM = 0,18; 0,24; 0,38 ; 0,31; 0,3; 0,24 P – valor = L\*: <0,01 ; <0,01; <0,01; <0,01 ;<0,01;<0,01 Q\* : <0,01 0,09; 0,66; 0,86; 0,68; 0,02 . (b) Dentro das partículas 0,97; 1,11; 1,35; 1,51; 1,69 e 1,75 mm: EPM = 2,38; 0,245; 1,62; 2,13; 0,99; 0,35; P – valor= L: 0,51; 0,52; 0,89 0,05; <0,01; <0,01; Q: 0,06; 0,9; <0,01; <0,01; 0,14; <0,01; dentro de tempos: EPM = 0,29; 0,15; 0,10; P – valor = 2,05; 0,11; <0,01 1,44; <0,01; 0,49. \*L = efeito de contraste linear, Q= efeito de contraste quadrático.

### Degradabilidade da Matéria Seca

Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) entre tamanho de partícula e tempo de estocagem para os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) (Figura 4). A DISMS aumentou à medida que houve aumento dos dias de estocagem ( $P < 0,05$ ). Houve maior degradabilidade aos 15 dias para silagens com 0,97 mm. Optou-se por testar os seguintes modelos: broken-line (linear, platô), broken-line (linear, linear), broken-line (quadrático, linear). O melhor ajuste se deu ao modelo broken-line (linear, linear). Segundo o modelo ajustado, os valores de máximo incremento de degradabilidade foram encontrados nos dias 36, 38, 39, 50, 54 e 46 de estocagem para as silagens com partículas de 0,97mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm respectivamente.

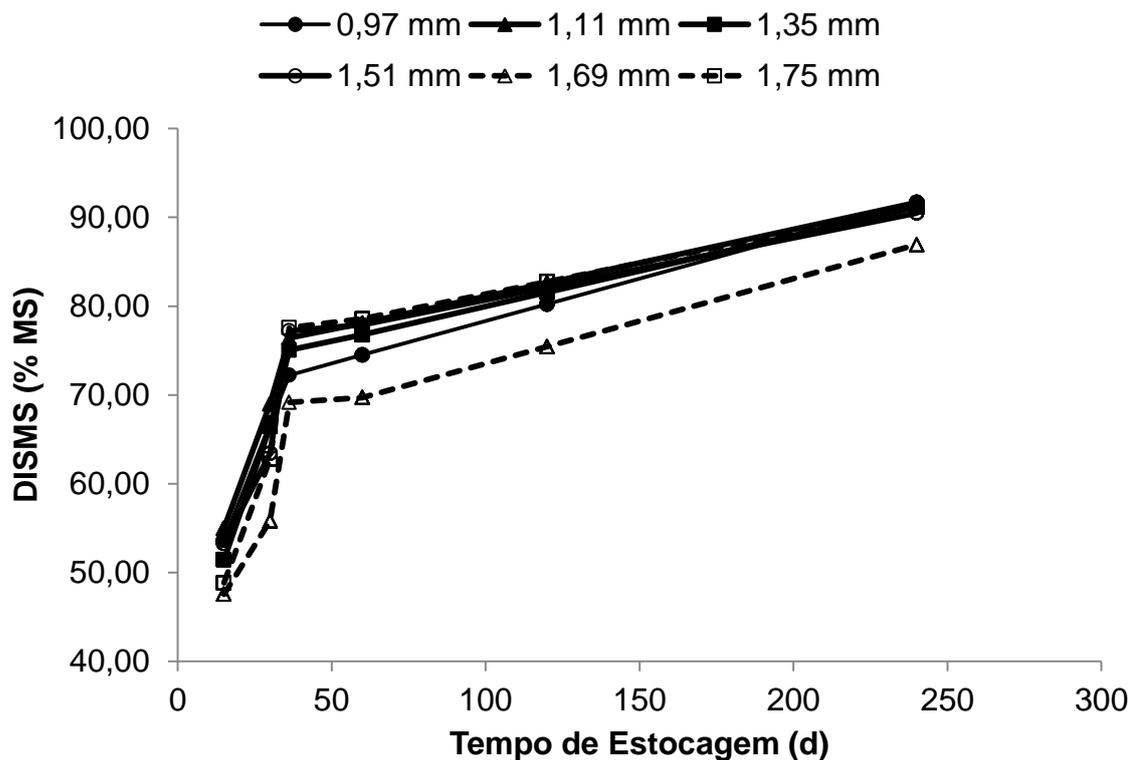


Figura 4. DISMS de silagens de milho reidratado com tamanhos de partículas de 0,97 mm, 1,11 mm, 1,35 mm, 1,51 mm, 1,69 mm e 1,75 mm, estocadas por 15, 30, 60, 120 e 240 dias. Efeito de tamanho de partícula  $P < 0,05$ ; efeito de tempo de estocagem  $P < 0,05$ , efeito de interação tamanho de partícula e tempo de estocagem  $P < 0,05$ . Linhas demonstram os valores previstos pelo modelo broken-line (linear, linear) para incubação por 12h.

#### 4. DISCUSSÃO

O processo de fermentação é resultante de um conjunto de reações bioquímicas em que alguns microrganismos obtêm energia (McDonald et al., 1991), com isso pode ocorrer a liberação de gases gerando perdas fermentativas. Baixas perdas foram observadas neste estudo, o que pode ser resultado de uma fermentação homolática predominante em silagens de milho reidratado (Carvalho et al., 2016), o que gerou poucos produtos secundários como ácido acético e etanol.

A proteólise em silagens de grãos resulta em diminuição das prolaminas, que pode ser devido à ação de bactérias, enzimas do grão, fungos, e produtos da fermentação (Junges et al., 2017). Como consequência dessa proteólise, há o aumento no conteúdo de N-NH<sub>3</sub> do meio (Kung Jr. et al., 2014). Ferraretto et al., (2014) mostraram uma correlação negativa da variável pH com a variável N-NH<sub>3</sub>, alegando que um ambiente ácido permite uma maior ruptura da matriz proteica do grão. Diante disso, o tamanho de partícula nesse caso pode não ter sido um fator de alteração no conteúdo de prolamina e N-NH<sub>3</sub>, e sim a acidez do meio. Martinele (2018) estudando dois tamanhos de partícula para SMR inoculadas com *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionci* (peneiras de 3 mm e 9 mm) encontrou maiores valores de N-NH<sub>3</sub> em silagens finamente moídas (3 mm) , e este resultado foi atribuído ao efeito de maiores concentrações de ácido láctico e menores valores de pH nestas silagens.

A queda do pH é de fundamental importância para a conservação do material ensilado. Dentre alguns fatores que afetam o pH final da silagem, a MS já foi mencionada em alguns estudos (Ferraretto et al., 2014; Goodrich et al, 1975; Kung et al. 2018), com correlação positiva com o pH, o que pode ter permitido um menor valor de pH nas partículas de 1,11 mm e 1,75 mm já que estas possuíram menor teor de MS. O valor baixo de pH desde os curtos tempos de estocagem é consequência da baixa capacidade tampão da cultura do milho (McDonald et al., 1991). A queda progressiva do pH após 30 dias de estocagem indica alta acidez do meio devido a presença de bactérias ácido lácticas, que mesmo tendo sua população reduzida durante o tempo de estocagem, a atividade microbiana pode

ter persistido, mesmo em pH baixo. No trabalho de Silva et al. (2019) os autores encontraram crescimento de bactérias ácido lácticas até os 300 dias de estocagem.

O processo de fermentação é impulsionado principalmente por bactérias ácidas lácticas, numa sucessão de grupos dessas bactérias, que estão presentes inicialmente no material fresco (Muck et al., 2018). O pH do meio pode interferir no crescimento das BAL, havendo pH ótimo para seu crescimento (Jobim e Nussio, 2013). A queda do pH foi o fator responsável pelo menor crescimento de BAL das silagens ao longo do tempo de estocagem; geralmente bactérias da espécie *Lactobacillus buchneri* realizam um mecanismo de sobrevivência que é o de metabolizar o ácido láctico para poderem aumentar o pH, o que pode não ter ocorrido neste estudo por presença de outras espécies de BAL (Oude Euferink et al., 2001). O comportamento quadrático entre tamanhos de partículas não evidencia que há alguma relação direta do tamanho de partícula e o crescimento de BAL.

As leveduras desempenham um papel importante na iniciação da deterioração aeróbia da silagem (Jonsson e Pahlow, 1984). Uma diminuição gradual na contagem de leveduras acontece no decorrer da fase de armazenamento, geralmente por ação de alguns produtos da fermentação principalmente o ácido acético, que possui ação antifúngica (Kleinschmit et al., 2005; Tabacco et al., 2011), elevando assim a estabilidade aeróbia da silagem.

O processo de hidratação do milho seco para a ensilagem, no caso de SMR, é feito para reconstituir a umidade do grão, que quando grão seco tem por volta de 13%. Logo após a moagem do grão, a água é homogeneizada até se atingir valores próximos de 35% de umidade. Sabe-se que o teor de MS tem grande influência na atividade microbológica da silagem (Jobim e Nussio, 2013), e teores adequados de MS das silagens em todos os tamanhos de partícula foram atingidos para SMR (Pereira et al., 2013).

Variações na concentração de amido são difíceis de explicar. Fernandes, (2018) relatou um desvio padrão de 0,55 nos valores de amido entre diferentes tamanhos de partículas e definiu como não sendo biologicamente expressiva essa variação. Saylor et al. (2020) também encontraram mudanças no conteúdo de amido durante a fermentação e atribuíram as diferenças a efeito do método de análise.

O grão de milho ensilado sem a presença de inoculantes bacterianos possui baixa estabilidade aeróbia (Stevenson et al., 1976), podendo iniciar o processo de deterioração em menos de 24 horas. O aumento da estabilidade aeróbia com o aumento do tempo de estocagem pode ser explicado pelo decréscimo da contagem de leveduras e de seu metabolismo durante a estocagem. Isso pode ser evidenciado pelo baixo teor dos produtos da fermentação destes microrganismos, como o etanol; este que está positivamente correlacionado com os ésteres lactato de etila e acetato de etila (Silva et al., 2019). Por sua vez, sinaliza que o tempo de estocagem em SMR não inoculadas pode ser um fator chave para estabilidade deste material durante a utilização.

Durante a ensilagem, o ácido láctico produzido pelas BAL, geralmente é o ácido encontrado em maior concentração em silagens, e contribui majoritariamente para o declínio do pH, pois é cerca de dez vezes mais forte do que outros ácidos, por exemplo o ácido acético (Kung et al., 2018). O aumento do ácido láctico ao longo do tempo de estocagem justifica a queda constante do pH das silagens no mesmo período. O ácido acético em poucas quantidades já foi observado em silagens de grãos em outros estudos (Kung et al., 2014; Rezende et al., 2014), e no presente trabalho o aumento do teor desse ácido com o tempo de estocagem foi suficiente para ocasionar o decréscimo de leveduras e aumentar a estabilidade da silagem.

Geralmente a presença de 1,2 propanediol é resultado do metabolismo heterolático de BAL da espécie *Lactobacillus buchneri*, tendo como substrato o ácido láctico. Em silagem sem inoculantes contendo essa bactéria, a população da mesma e de 1,2 propanediol são muito baixas (Kung et al., 2018). Carvalho et al. (2016) relataram que a fermentação de silagens de milho reidratado (SMR) sem inoculante é dominada por espécies homofermentativas de BAL, o que também justifica a menor quantidade de 1,2 propanediol encontrado no presente trabalho.

A produção de ácido butírico e de acetona foram baixas, indicando pouco crescimento de microrganismos indesejáveis, principalmente clostrídeos (Rooke et al., 2003).

### *Degradabilidade da Matéria seca*

A avaliação da degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) prediz a degradabilidade *in situ* do amido dos grãos (Zinn et al., 2002), já que a maior parte do grão é composta de amido. O aumento da DISMS com o aumento do tempo de estocagem está relacionado à quebra da matriz hidrofóbica de proteína ao redor do grânulo de amido (Hoffman et al., 2011).

Ferraretto et al. (2014) estudando amostras de silagem de grão úmido relataram que existe uma correlação positiva de DISMS com o conteúdo de N-NH<sub>3</sub> das silagens, e uma correlação negativa com valores de pH. Isso pode explicar porque silagens com a maior partícula (1,75 mm) apresentou o maior ganho em degradabilidade em tempo mais curto de estocagem do que silagens com 1,51 mm e 1,69 mm, sendo um efeito de condições ácidas predominando mais que o efeito de partícula nesse caso. Outra explicação seria que na silagem com tamanho de partícula de 1,75 mm pode ter havido percolação de água no silo experimental, ou seja, a água escorreu mais entre os grãos onde resultou em menor MS final, contribuindo também para uma degradabilidade maior em menos tempo.

Além do tempo de estocagem determinado para os ganhos em degradabilidade mais contundentes da silagem de milho reidratado, a taxa de trabalho ou de moagem (ton/h) do moinho é um fator que pode influenciar na escolha do tamanho de partícula, pois a diferença de moer na peneira de 3 mm (0,97 mm) para peneira de 15 mm (1,75 mm) em moinho de martelo foi de 8,4 ton/h no presente estudo, mostrando a discrepante diferença de desprendimento de energia na fazenda, dependendo da peneira escolhida.

## **5. CONCLUSÃO**

O tamanho de partícula não impede adequado perfil fermentativo de SMR. Silagens de grão de milho reidratado com tamanhos de partículas maiores necessitam de maior tempo de estocagem que silagens com partículas menores.

## 6. REFERÊNCIAS

ASABE (2008) Methods of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI, p.1-8.

Association of official analytical chemist, AOAC (1995). 16th edition. Arlington: AOAC, Washington, D.C.

Bach Knudsen KE, Aman P, Eggum BO (1987) Nutritive Value of Danish-grown Barley Varieties, I, Carbohydrates and Other Major Constituents. **Journal of Cereal Science** 6: 173-186.

Baker S, Herrman T (2002) Evaluating Particle Size. Disponível em: <<https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2051.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2020.

Borreani G, Tabacco E (2009) Temperature measurements of large scale silo face to assess aerobic deterioration of corn silage on farm. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION. **Proceedings...** Sao Pedro, p.175–187.

Carvalho BF, Bernardes TF, Pereira MN, Santos C, SCHWAN RF (2016) Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Applied Microbiology** 3: 589–600.

Cruz JC, Pereira Filho IA, Simão EP (2014) **478 cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2014/15**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 35p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 167).

Dawson TE, Rust SR, Yokoyama MT (1998) Improved Fermentation and Aerobic Stability of Ensiled , High Moisture Corn with the Use of Propionibacterium acidipropionici 1. **Journal of Dairy Science** 81: 1015–1021.

Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry** 28:350-356.

Faber DA, Linn JG, Otterby DE (1989) Effect of a Bacterial Inoculant on the Fermentation of High Moisture Shelled and Ear Corn. **Journal of Dairy Science** 72:1234-1242.

Fernandes T. **Characterization of rehydrated sorghum and corn grain silages with enzymes and a model of starch ruminal degradability in feedstuffs**. 2018. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Ferraretto LF, Crump PM, Shaver RD (2013) Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science** 96:533-550.

Ferraretto LF, Taysom K, Taysom DM, Shaver RD, Hoffman PC (2014) Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. **Journal of Dairy Science**, 97:3221–3227.

Giuberti G, Gallo A, Moschini M, Cerioli C, Masoero F (2013) Evaluation of the impact of maize endosperm vitreousness on in vitro starch digestion, dry matter digestibility and fermentation characteristics for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 186:71–80.

Goodrich RD, Byers FM, Meiske JC (1975) Influence of moisture content , processing and reconstitution on the fermentation of corn grain. **Journal of Animal Science** 41: 876–881.

Hoffman PC, Esser NM, Shaver RD, Coblenz WK, Scott MP, Bodnar AL, Schmidt RJ, Charley RC (2011) Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 94: 2465–2474.

Ítavo CCBF, Morais MG, Ítavo CV, Souza ARDL, Davy FCA, Albertini TZ, Costa C, Lempp B, Jobim CC (2006) Padrão de fermentação e composição química de silagens de grãos úmidos de milho e sorgo submetidas ou não a inoculação microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35: 655-664.

Jobim CC, Nussio LG, Reis AR, Schmidt P (2007) Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36: 101-119.

Jobim CC, Nussio LG (Eds.) (2013) **Princípios Básicos da Fermentação na Ensilagem. Forracicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos recursos forrageiros.** Jaboticabal, 649p.

Jonsson A, Pahlow G (1984) Systematic classification and biochemical characterization of yeast growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* culture. **Animal Research and Devevelopment** 20: 7-22.

Junges D, Morais G, Spoto MHF, Santos PS, Adesogan AT, Nussio LG, Daniel JLP (2017) Short communication: influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal of Dairy Science** 100: 9048–9051.

Kleinschmit DH, Schmidt RJ, Kung Jr L (2005) The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science** 88: 2130–2139.

Kung Jr. L, Windle MC, Walker N (2014) The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 97: 707–1712.

Kung Jr L, Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ (2018) Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science** 101:4020–4033.

Costa DM. **Corn silages: development of novel inoculant and particle size on rehydrated grain.** 2019. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mcdonald P, Henderson AR, Heron SJE (Eds.) (1991) **The Biochemistry of Silage** (Second Edition). UK: Chalcombe Publications, p. 340.

Morais G, Daniel JLP, Kleinshmitt C, Carvalho PA, Fernandes J, Nussio LG (2017) Additives for grain silages : a review. **Slovak Journal of Animal Science** 50: 42–54.

Muck RE, Nadeau EMG, Mcallister TA, Contreras-govea FE, Santos MC, Kung L Jr (2018) Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science** 101: 3980-4000.

Nellis SE, Hoffman PC, Shaver RD (2013) Technical note: A modified method to quantify prolamin proteins in dry and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 96: 4647-52.

Nocek, JE (1988) In Situ and Other Methods to Estimate Ruminal Protein and Energy Digestibility: A Review. **Journal of Dairy Science** 71: 2051-2069.

Noel RJ, Hambleton LG (1976) Collaborative study of a semiautomated method for determination of crude protein in animal feeds. **Journal AOAC** 59: 134-140.

Nummer Filho I (2001) Silagem de grão úmido. In: 9º SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA. **Anais...** Gramado: p. 38-42.

Oude Elferink SJWH, Krooneman J, Gottschal JC, Spoelstra SF, Faber F, Driehuis F (2001) Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied Environment Microbiology** 67: 125–132.

Pereira MN (2017) Dairy cows rations based on grain silages. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION. **Proceedings ...** Piracicaba: ESALQ, 192 p .

Pereira MN, Pereira RAN, Bitecourt LL, Júnior GSD, Lopes NM, Zacaroni OF (2013) **Silagem do milho reidratado na alimentação do gado leiteiro**. Belo Horizonte: EPAMIG: Informe Agropecuário 96p.

Philippeau C, Michalet-doreau B (1998) Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, 81: 2178-2184.

Rooke JA, Hatfield RD (2003) Biochemistry of Ensiling. In.: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH (Eds.) **Silage Science and Technology**. American Society of Agronomy, Madison, p. 95–140.

Saylor BA, Casale F (2020) Effect of microbial inoculation and particle size on fermentation profile, aerobic stability, and ruminal in situ starch degradation of high-moisture corn ensiled for a short period. **Journal of Dairy Science** 1:379-395.

Silva NC, Nascimento CF, Campos VMA, Alves MAP, Resende FD, Daniel JLP, Siqueira GR (2019) Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage **Animal Feed Science and Technology** 251:124-133.

Stevenson KR (1976) Stability and bunk life of high moisture corn. **Associate faculty, University of Guelph**. Ontario, p.105-112.

Tabacco E, Piano S, Revello-Chio A, Borreani G (2011) Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. **Journal of Dairy Science** 94: 5589–5598

Tabacco E, Piano S, Cavallarin L, Bernardes TF, Borreani G (2009) Clostridia spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silages as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. **Journal Applied Microbiology** 107:1641-1650.

Taylor CC, Allen MS (2005) Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: Site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. **Journal of Dairy Science** 88:1413–1424.

Zinn RA, Owens FN, Ware RA (2002) Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science** 80:1145–1156.

### **CAPÍTULO 3 - Avaliação do metabolismo e desempenho de bovinos Nelore confinados consumindo silagens de grão de milho reidratado com diferentes tamanhos de partícula e inclusões na dieta**

**RESUMO** – Dietas de terminação utilizam grande quantidade de grãos principalmente o milho para fornecimento de energia. Estratégias para aumentar a disponibilidade do amido são utilizadas como forma de melhorar o aproveitamento deste nutriente. A silagem de milho reidratado (SMR) é uma forma de se processar o milho. O objetivo deste estudo foi avaliar SMR com diferentes tamanhos de partículas e níveis de inclusão em dietas para bovinos de corte. Para isso foram realizados dois experimentos, utilizando os seguintes tratamentos: 1) P50 = Silagem de milho reidratado (SMR) moído em peneira de 2 mm, usada como 50% da fonte de milho e os outros 50% milho seco quebrado. 2) P100 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 2 mm, usada como 100% da fonte de milho da dieta. 3) G50 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 14 mm, usada como 50% da fonte de milho e os outros 50% milho seco quebrado. 4) G100 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 14 mm, usada como 100% da fonte de milho da dieta. No experimento 1 foram utilizados 8 animais canulados no rúmen em quadrado latino duplo 4x4 avaliados por 84 dias. Foram avaliados parâmetros ruminais, digestibilidade dos nutrientes e comportamento ingestivo. Os tamanhos de partículas resultaram em tamanhos de 0,95 mm e 1,72 mm. Os tamanhos de partículas das silagens não afetaram ( $P > 0,05$ ) metabolismo e comportamento dos animais fistulados. Houve aumento na digestibilidade total do amido ( $P < 0,05$ ) para animais alimentados com 100% SMR. No experimento 2 foram utilizados 96 bois com peso inicial médio de 386 kg distribuídos em 32 baias, num delineamento inteiramente casualizado com fatorial 2x2, sendo 8 repetições. O período de avaliação total foi de 122 dias. Houve aumento ( $P < 0,05$ ) no CMS para animais alimentados com dietas 100% SMR. O nível de inclusão também afetou as variáveis pH fecal, amido fecal, e energia líquida das dietas, sendo que estas foram maiores ( $P < 0,05$ ) para dietas 100% SMR. Os parâmetros relacionados ao ganho de peso e à carcaça não foram afetados pelos tratamentos ( $P > 0,05$ ). Dietas com uso de 100% SMR independente do tamanho de partícula proporcionou maior energia da dieta sem afetar negativamente o metabolismo e desempenho de bovinos *Nelore* em confinamento.

**Palavras chave:** confinamento, digestibilidade total, moagem, reidratação

## 1. INTRODUÇÃO

O amido é um importante componente dos alimentos usado em dietas de confinamento e que fornece a maior quantidade de ingestão de energia metabolizável pelo animal, sendo a principal fonte o grão de milho (Carvalho et al., 2016, Oliveira e Millen, 2014). É sabido que a digestão do amido pode variar de 70 a 100 % (Firkins et al., 2001), dependendo de fatores como por exemplo a vitreosidade e o tipo de processamento. O motivo pelo qual pode haver impedimento ao acesso ao grânulo de amido para digestão é a presença de uma matriz hidrofóbica que circunda os grânulos, reduzindo a fermentação pelos microrganismos (Arcari et al., 2016, Giuberti et al., 2014).

Alguns estudos já mostraram que o processamento aumenta a disponibilidade do amido no rúmen assim como no trato gastrointestinal total, e esse aumento está associado com maior eficiência alimentar de vacas de leite (Firkins et al., 2001, Ferraretto et al., 2013), e gado de corte (Caetano et al., 2019, Macken et al., 2006). No Brasil grande parte das propriedades de gado de corte utilizam a moagem fina do milho (Oliveira e Millen, 2014) e a silagem de grãos como opção de processamento, esta última com uso crescente da tecnologia. A silagem de grão inclui o milho colhido úmido, que apresenta vantagens relacionadas à antecipação da colheita, redução de perdas no campo (Jobim et al., 2001). Além disso, o grão reidratado representando uma opção à ensilagem de grão úmido, pois permite compra em momentos de baixa de preço do grão e também vantagem sobre a janela de colheita estreita de grãos.

Diferentes tamanhos de partículas para milho seco foram testados em diversos trabalhos (Ferraretto et al., 2013, Macken et al., 2006, Fredin et al., 2015), porém estudos com a granulometria de SMR ou SMU são poucos. O que se sabe é que o trabalho do moinho deve ser levado em consideração, pois a moagem mais grossa aumenta a taxa de moagem, e pode ser vantajoso quando os preços do milho favorecem uma alta inclusão de grãos na dieta (Castro et al., 2019). Ainda não está totalmente elucidado se a partícula grossa da silagem de grão é capaz de reduzir a propensão à acidose ruminal em relação à moagem fina.

Conforme o tamanho da partícula diminui, aumenta a área de superfície disponível para a adesão microbiana (San Emeterio et al., 2000), e essa disponibilidade pode ser ainda maior com a ensilagem do grão, pois durante a fermentação, soma-se a quebra das prolaminas pela ação de proteases microbianas (Jungles et al., 2017). Porém, a elevada disponibilização do amido pode aumentar a incidência de distúrbios metabólicos e diminuir a ingestão de energia e desempenho animal (Caetano et al., 2019).

Alguns estudos tiveram o foco em modular a taxa de fermentação ruminal em bovinos com intuito de amenizar os distúrbios decorrentes de dietas muito fermentáveis (Carvalho et al., 2016, Castro et al., 2019, Ahmadi et al., 2020). Com o mesmo propósito, propôs-se no presente estudo o uso de uma menor inclusão de SMR sem mudar a energia da dieta, de forma a trabalhar com dois tipos de processamento de milho, e aumentar o tamanho de partícula de SMR.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Tratamentos**

Foram realizados dois experimentos, o *Experimento 1* para avaliação do metabolismo, e o *Experimento 2* para avaliação de desempenho. O local dos experimentos foi na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, setor gado de corte em Colina, SP. Os tratamentos de ambos os experimentos foram compostos por: 1) P50 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 2 mm, usada como 50% da fonte de milho e os outros 50% milho seco quebrado com 3,6 mm. 2) P100 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 2 mm, usada como 100% da fonte de milho da dieta. 3) G50 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 14 mm, usada como 50% da fonte de milho e os outros 50% milho seco quebrado com 3,6 mm. 4) G100 = Silagem de milho reidratado moído em peneira de 14 mm, usada como 100% da fonte de milho da dieta.

Para a confecção das silagens, o milho seco foi moído em peneiras de 2 mm e 14 mm em moinho do tipo “martelo” (Nogueira, modelo TN8, 35 cv, São João da Boa Vista, SP, Brasil) sendo que a taxa de moagem foi de 2,0 ton/hora para peneira

de 2 mm e 8,5 ton/hora para peneira de 14 mm. O milho foi colocado em de mistura total com balança acoplada (Nogueira, modelo CISNE 4.0, São João da Boa Vista, SP, Brasil) onde recebeu água à temperatura ambiente, com objetivo de atingir teor de umidade de 35 %, com mistura constante para garantir uniformização. O milho seco utilizado nos tratamentos P50 e G50 foi moído em moinho do tipo “rolo” (modelo 350 mm- MilhoSA, São Carlos, SP- Brasil). Na Tabela 1 estão os tamanhos reais das partículas determinados segundo Baker e Herrman (2002).

Tabela 1. Distribuição do tamanho de partícula e tamanho médio geométrico de partícula (TMGP), do milho moído nas peneiras com crivo de 2 mm e 14 mm em moinho de rolo

Item	2 mm	14 mm	Rolo
<sup>1</sup> TMGP (mm)	0,95	1,72	3,5
	% Retida em cada peneira		
6,00 mm	0,0	0,3	8,5
3,25 mm	0,5	17,6	64,6
2,00 mm	2,1	31,8	14,6
1,25 mm	54,6	26,4	4,9
0,60 mm	13,9	11,4	3,0
0,30 mm	21,3	9,8	2,5
0,13 mm	7,1	2,5	1,8
Fundo	0,5	0,2	0,0

<sup>1</sup>Calculado de acordo com ASABE (2008)

## 2.2 Silos

Para o *Experimento 1* Foram confeccionados dois silos trincheira, um para cada tamanho de partícula, com face de 0,75 × 0,65 m, e 8 m de comprimento, de cerca de 3,6 ton cada e estocados por 105 dias. Para o *Experimento 2* foram confeccionados silos bolsas com cerca de 50 ton cada, onde os grãos moídos e reidratados foram descarregados do vagão misturador direto para a esteira da máquina embolsadora (INGRAIN60, Marcher, Gravataí, RS, Brasil), e ficaram estocados por 187 dias.

## 2.3 Dieta

As dietas utilizadas em ambos *Experimentos* foram isoproteicas entre os tratamentos, variando apenas nas fontes de milho. No *Experimento 2* após a adaptação foi utilizada a dieta de crescimento (Tabela 2).

Tabela 2. Inclusão dos ingredientes das dietas contendo milho seco moído em moinho de rolo e silagem de milho reidratado moídos nas peneiras de 2 mm (P) e 14 mm (G), do *Experimento 1* e *Experimento 2*

	P100	G100	P50	G50
<b>Ingredientes %</b>	<b>Dieta de Adaptação</b>			
Bagaço de cana	25,0	25,0	25,0	25,0
SMR <sup>1</sup>	30,75	30,75	15,37	15,37
Milho	-	-	15,37	15,37
Polpa Cítrica	22,5	22,5	22,5	22,5
Cloreto de Potássio	0,30	0,30	0,30	0,30
Farelo de Soja	18,0	18,0	18,0	18,0
Núcleo <sup>2</sup>	3,4	3,4	3,4	3,4
	<b>Dieta de Crescimento</b>			
Bagaço de cana	16,0	16,0	16,0	16,0
SMR	45,0	45,0	22,5	22,5
Milho	-	-	22,5	22,5
Polpa Cítrica	22,5	22,5	22,5	22,5
Cloreto de Potássio	0,30	0,30	0,30	0,30
Farelo de Soja	13,6	13,6	13,6	13,6
Núcleo	2,6	2,6	2,6	2,6
	<b>Dieta Final</b>			
Bagaço de cana	12,0	12,0	12,0	12,0
Silagem de Milho	61,3	61,3	30,6	30,6
Milho	-	-	30,6	30,6
Polpa Cítrica	13,2	13,2	13,2	13,2
Cloreto de Potássio	0,30	0,30	0,30	0,30
Farelo de Soja	10,0	10,0	10,0	10,0
Núcleo	3,2	3,2	3,2	3,2
<b>Composição (%)</b>				
MS	70	70	70	70
PB	15,1	15,1	15,1	15,1
FDN	28,0	28,0	28,0	28,0
EE	3,3	3,3	3,3	3,3
Amido	40,2	40,2	40,2	40,2

<sup>1</sup>SMR=Silagem de milho reidratado. <sup>2</sup>Níveis de garantia: cálcio 128 g, cobalto 58 g, cobre 440 g, enxofre 40 g, ferro 440 g, Fósforo 15 g, flúor 106 mg, iodo 42 mg, magnésio 16,7 g, manganês 451 mg, monensina sódica 756 mg, virginiamicina 605 mg. Ureia 38%.

## 2.4 Experimento 1 - Avaliação do metabolismo

Foram utilizados oito animais da raça Nelore, castrados, com peso inicial de  $315 \pm 36$  kg canulados no rúmen. Os animais foram mantidos em baias individuais (2 x 5 m) dotadas de comedouros e bebedouros, semicobertas com piso cimentado. O período de adaptação à dieta foi de 15 dias, onde os animais receberam a dieta de adaptação, antes de consumirem a dieta final. O experimento foi constituído por dois quadrados latinos  $4 \times 4$  balanceados, com quatro períodos de 21 dias cada, onde 15 dias foram de adaptação à dieta, e nos sete dias restantes foram realizadas as coletas. A dieta foi preparada diariamente e ofertada duas vezes ao dia, pela manhã (7:30 horas) e a tarde (14:30 horas). A dieta ofertada e as sobras foram pesadas diariamente para a determinação do consumo de MS. O consumo foi *ad libitum* e as sobras mantidas a 10%. Para ajuste da dieta, os teores de MS do bagaço de cana e das silagens foram mensurados a cada três dias.

No período de coletas de cada período, foi realizada coleta total de fezes para determinação da digestibilidade total da MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e amido, através da relação do consumido pelo excretado. A coleta de fezes ocorreu durante três dias, sendo congeladas 10% do total ao final de cada dia, a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ao final, amostras dos três dias foram homogeneizadas e separadas em três partes iguais para secagem em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$ , sendo moídas em peneira com crivo de 1 mm e utilizadas para análise apenas uma das amostras secas. As amostras de sobras foram secas separadamente, conforme descrito para fezes, posteriormente, transformadas em uma amostra composta para moagem e análise.

Foi realizada coleta total de urina, com auxílio de um aparato ligado a um galão vedado. Foram adicionados 500 mL de ácido sulfúrico (20%), e após as coletas diárias, amostras de 10 ml de urina foram diluídas em 40 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,018 N e, posteriormente, congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$  para determinação dos teores de alantoína e ácido úrico (Chizzotti et al., 2008) para cálculo da proteína microbiana (Pmic). Também foi realizada uma coleta de líquido ruminal nos tempos 0, 3, 6, 12 e 18 horas após a alimentação matinal, essa alíquota foi destinada à determinação do pH ruminal no momento da retirada e nitrogênio amoniacal, sendo para isso separada

uma alíquota de 50 mL, acondicionada em recipiente de plástico contendo 1,0 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1), congelada a -20°C para posterior análise laboratorial e para a determinação dos ácidos graxos de cadeia curta, foi utilizada uma amostra do conteúdo sem acidificação.

Ainda dentro dos dias de coletas, foi determinada a atividade mastigatória por técnica de observação visual durante 24 horas contínuas, registrando a cada 5 minutos os comportamentos observados: alimentação e ruminação. O tempo gasto alimentando e ruminando foi utilizado para calcular o tempo gasto em mastigação, tempo gasto alimentando/CMS, tempo gasto ruminando/CMS e tempo gasto mastigando/CMS, ambos expressos em min por kg de MS (Silva et al., 2018).

Foi realizada nos animais a incubação *in situ* da matéria seca das amostras das silagens pequena (0,95 mm) e grande (1,72 mm), para determinação da degradabilidade da matéria seca (DISMS) por 7 horas (Ferraretto et al., 2015). As amostras foram secas em estufa 55° C por 72 horas, e parte delas foram incubadas com o tamanho de partícula original, outra parte foi moída em moinho tipo Willy com peneira com crivo de 2 mm. Foram utilizados 5 g de silagem, em sacos para degradabilidade (modelo R1020, Ankon, 50±15 micras), conforme descrito por Nocek (1988), e usaram-se seis sacos por amostra.

## 2.5 Experimento 2 - Avaliação de desempenho

Foram utilizados 96 animais da raça Nelore, não castrados, com peso médio de 386±29 kg, divididos em 32 baias (4,15 m x 15 m) com três animais cada, sendo oito baias por tratamento, usando-se como critério de blocagem o peso vivo. O manejo de adaptação incluiu a oferta da dieta de adaptação (Tabela 2) por 20 dias, seguida da dieta de crescimento (Tabela 2) por 25 dias, e dieta final (Tabela 2) por 77 dias. No total, os animais foram confinados por 122 dias. A dieta era fornecida uma vez ao dia (7:30h), com manejo de sobra de até 10%. As sobras eram retiradas e pesadas pela manhã para ajuste do fornecido e cálculo de consumo, e amostradas duas vezes por semana para determinação da MS. Foi realizada amostragem do bagaço de cana a cada dois dias e, dos ingredientes e silagens de milho, uma vez por semana para a determinação da MS.

Para determinação do amido fecal e digestibilidade do amido, foi realizada uma coleta no dia 106 durante a dieta final. Foram coletadas fezes dos três animais da baia logo após defecarem, sendo feita uma amostra composta por baia. O cálculo para digestibilidade do amido foi seguindo a equação: DGA, % do ingerido =  $100 \times \{1 - [(0,938 - 0,497 \times NF + 0,0853 \times NF^2) \times AF/AD]\}$ , onde NF é a % de N fecal, AF é % de amido nas fezes e AD é a % do amido na dieta (Zinn et al., 2007).

A energia de ganho (EG, Mcal/dia) foi calculada pela equação  $EG = GPD^{1,097} [0,0493 \times PC^{0,75}]$ , onde PC é o peso corporal médio (NRC, 1984). A energia de manutenção (EM, Mcal/dia) foi calculada pela equação  $EM = 0,077 \times PC^{0,75}$  (Lofgreen e Garrett, 1968). A energia líquida de ganho da dieta (ELg; Mcal/kg de MS) foi calculada em função da energia líquida de manutenção (ELm, Mcal/kg de MS) pela equação  $ELg = 0,877 \text{ ELm} - 0,41$  (Zinn e Shen, 1998) e a ELm da dieta foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$x = [-b \pm (b^2 - 4ac)^{0,5}] / 2c$$

Onde:  $x = \text{ELm}$ ;  $a = -0,41 \times \text{EM}$ ;  $b = 0,877 \times \text{EM} + 0,41 \times \text{CMS} + \text{EG}$ ;  $c = -0,877 \times \text{CMS}$  (Zinn e Shen, 1998).

Ao final do período experimental, foi utilizado o ultrassom para a determinação da espessura de gordura subcutânea (EGS). A pesagem final, assim como a inicial, foi realizada com jejum de sólidos e líquidos por 16 horas e, após a pesagem final, foi feito o embarque para o abate. O abate foi realizado em frigorífico comercial, na cidade de Barretos/SP, distante 20 km. Os animais foram abatidos seguindo as normas estabelecidas pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) editadas pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo obtido, em todos os animais, o peso de carcaça quente.

## 2.6 Análise Estatística

O *Experimento 1* foi constituído em um quadrado latino, pelo modelo:  $Y_{ijkl} = \mu + Q_i + A_j(i) + P_k + M_l + N_y + M_l N_y + e_{ijkl}$ . Em que  $\mu$  = média geral;  $Q_i$  = efeito de quadrado ( $i = 1$  ou  $2$ );  $A_j(i)$  = efeito de animal aninhado em quadrado ( $j = 1$  a  $8$ );  $P_k$  = efeito de período ( $k = 1$  a  $4$ );  $M_l$  = efeito de partícula ( $l = 0,95$  ou  $1,72$  mm);  $N_y$  = nível de inclusão ( $y = 50$  ou  $100$ );  $M_l N_y$  = interação entre tamanho de partícula e nível de

inclusão;  $e_{ijkl}$  = erro experimental. Os dados obtidos ao longo do tempo (N-NH<sub>3</sub>, pH ruminais e ácidos graxos voláteis) foram analisados como medidas repetidas sendo acrescentados os efeitos de tempo (0, 3, 6, 12 e 18 h) e a interação entre tempo e tratamento. As matrizes para cada variável foram escolhidas de acordo com o critério BIC (Bayesian Information Criteria). O *Experimento 2* foi constituído de um delineamento em blocos casualizados, e as variáveis foram analisadas pelo modelo:  $Y_{ij} = \mu + M_i + N_y + M_i N_y + B_j + e_{ij}$ . Em que  $\mu$  = média geral;  $M_i$  = efeito de partícula ( $i = 0,95$  ou  $1,72$  mm);  $N_y$  = efeito de nível de inclusão (50 ou 100%),  $M_i N_y$  = interação entre tamanho de partícula e nível de inclusão,  $B_j$  = efeito do bloco ( $j = 1$  a  $8$ );  $e_{ij}$  = erro experimental. As variáveis foram analisadas pelo procedimento MIXED do SAS (2000), e as médias foram comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS

#### *Experimento 1*

Não houve efeito de interação ( $P > 0,05$ ) para as variáveis CMS e comportamento ingestivo dos animais, não havendo diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ) para essas variáveis (Tabela 3). A digestibilidade do amido foi afetada pelo nível de inclusão ( $P < 0,05$ ), sendo que animais alimentados com 100% de SMR na dieta apresetaram maior digestibilidade desse nutriente. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) de tamanho de partícula e nível de inclusão para digestibilidade de MS, PB e FDN, e também para produção de proteína microbiana.

Tabela 3. Consumo de matéria seca, digestibilidade dos nutrientes e produção de proteína microbiana de bovinos Nelore canulados em confinamento alimentados com 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula pequena, ou 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula grande

Item	Pequena (0,95 mm)		Grande (1,72 mm)		EPM <sup>1</sup>	<i>P</i> - valor <sup>2</sup>		
	50%	100%	50%	100%		TP	N	TP x N
CMS (kg/dia)	6,1	5,7	6,3	6	0,40	0,5	0,31	0,91
CMS (% PV)	1,71	1,57	1,78	1,75	0,10	0,26	0,44	0,59
Digestibilidade da MS (%)	81,1	82,4	81,3	80,7	1,88	0,52	0,77	0,45
Digestibilidade da PB (%)	81,5	83,6	81,3	80,3	2,10	0,12	0,60	0,17
Digestibilidade da FDN (%)	63,4	61,7	61,3	56,8	5,30	0,24	0,29	0,62
Digestibilidade do amido (%)	98,0	99,6	97,4	99,1	<0,01	0,14	<0,01	0,95
Proteína Microbiana (g/dia)	427	322	336	312	52,6	0,35	0,23	0,45

<sup>1</sup>EPM= Erro padrão da média, <sup>2</sup>TP= efeito de tamanho de partícula; N= efeito de nível de inclusão; TPxN = efeito de interação entre tamanho de partícula e nível de inclusão; CMS = consumo de matéria seca.

Não houve efeito de interação para as variáveis pH e N-NH<sub>3</sub> ( $P > 0,05$ ), sendo que o tamanho de partícula e o nível de inclusão não afetaram ( $P > 0,05$ ) esses parâmetros ruminais. Houve efeito do tempo de coleta ( $P < 0,05$ ), com queda do pH três horas após a alimentação, se mantendo baixo até as 12 horas após alimentação (Figura 1). Para N-NH<sub>3</sub>, houve um aumento após três horas à alimentação, independente do tratamento (Figura 1).

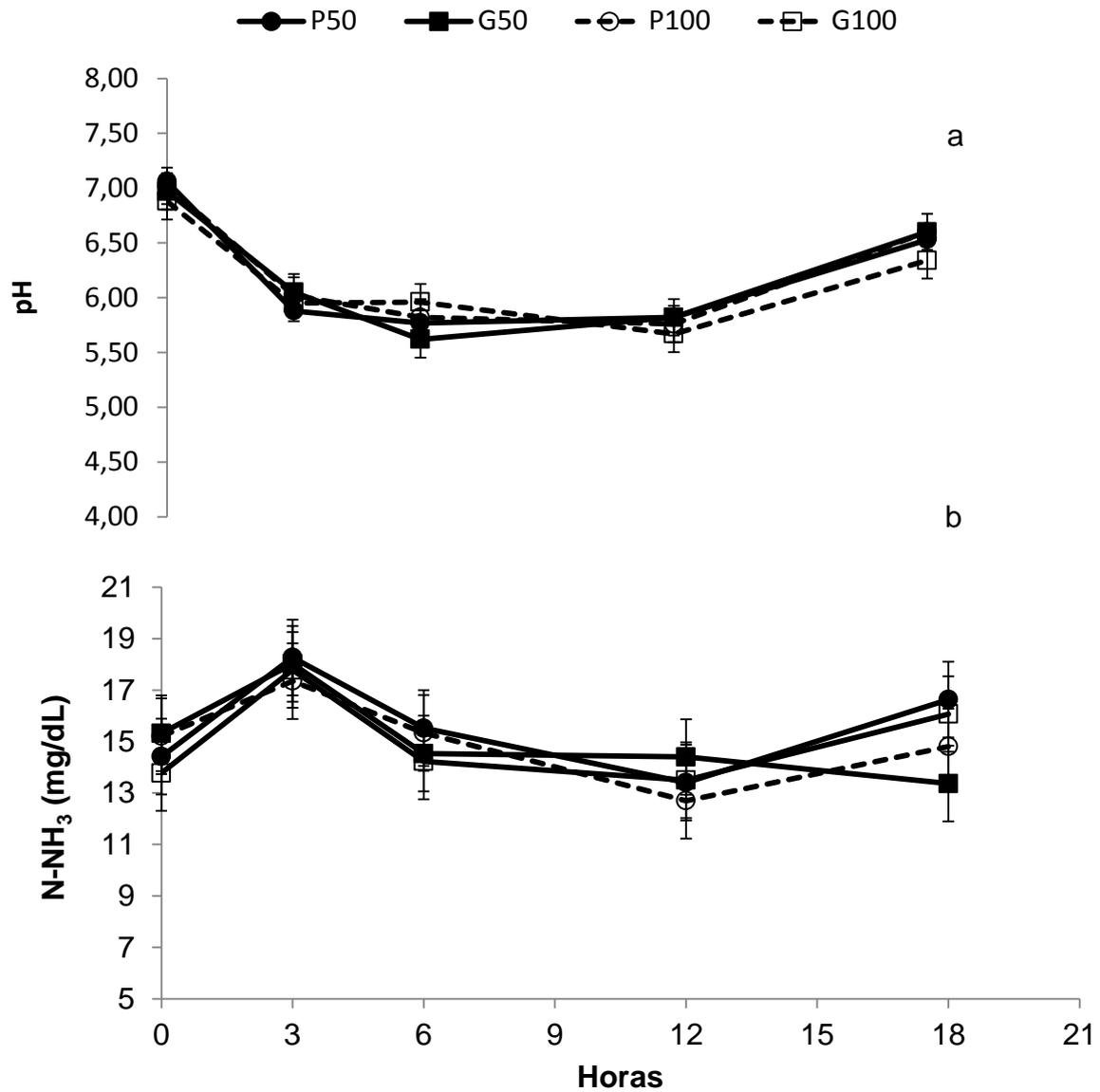


Figura 1. pH (a), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) (b) ruminal de bovinos alimentados com 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula pequena, ou 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula grande. (a) Erro padrão da média (EPM) = 0,16, TP :  $P = 0,56$ ; N:  $P = 0,88$ , H (horário de coleta) :  $P < 0,01$ , TP\*N:  $P = 0,58$ , TP\*H :  $P = 0,96$ , N\*H:  $P = 0,69$ , TP\*N\*H = 0,73. (b) EPM= 1,47, TP :  $P = 0,69$ ; N:  $P = 0,63$ , H (horário de coleta) :  $P < 0,01$ , TP\*N:  $P = 0,69$ , TP\*H :  $P = 0,87$ , N\*H:  $P = 0,98$ , TP\*N\*H = 0,58.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) de tamanho de partícula e nível de inclusão para variáveis relacionadas ao comportamento ingestivo (Tabela 4).

Tabela 4. Comportamento ingestivo de bovinos Nelore canulados em confinamento alimentados com 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula pequena, ou 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula grande

Item	Pequena (0,95 mm)		Grande (1,72 mm)		EPM <sup>1</sup>	P valor <sup>2</sup>		
	50%	100%	50%	100%		TP	N	TP x N
Ruminação (min)	179	169	163	173	25,9	0,71	0,98	0,51
Alimentação (min)	137	145	132	178	16,7	0,39	0,11	0,27
Mastigação (min)	316	314	295	351	26,6	0,85	0,19	0,3
Ruminação min/kg CMS	30,1	29,1	26,2	29,8	5,14	0,53	0,74	0,39
Alimentação min/kg CMS	22,9	25,9	22,9	31	3,11	0,49	0,13	0,49
Mastigação min/kg CMS	53	55	49,1	60,1	7,49	0,58	0,24	0,78
Número de Refeições	10	12	11	13	1,38	0,40	0,12	0,85
Intervalo entre refeições (min)	84	73	76	70	9,65	0,56	0,34	0,78
Duração das refeições (min)	12	10	13	12	1,57	0,38	0,20	0,55
Taxa de consumo (kg/min)	0,05	0,05	0,05	0,04	<0,01	0,72	0,44	0,28

<sup>1</sup>EPM= Erro padrão da média, <sup>2</sup>TP= efeito de tamanho de partícula; N= efeito de nível de inclusão; TPxN = efeito de interação entre tamanho de partícula e nível de inclusão.

Na tabela 5 são mostradas as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta do líquido ruminal. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos e os horários de coletas. As concentrações foram afetadas pelo horário de coleta ( $P < 0,05$ ), com exceção do valerato e isovalerato. A concentração de acetato e butirato aumentaram a partir das três horas após alimentação e de propionato a partir das seis horas, independente do tratamento. O nível de inclusão e o horário de coleta afetaram a concentração do isobutirato, sendo que animais que consumiram dietas com 100% silagem tiveram maior ( $P < 0,05$ ) quantidade desse ácido, ocorrendo uma diminuição ( $P < 0,05$ ) ao longo dos horários após alimentação. Houve efeito de interação ( $P < 0,05$ ) para as concentrações de valerato e isovalerato, sendo que animais que consumiram dietas com 100% de silagens com menor partícula tiveram maior concentração de valerato, e animais que consumiram dietas com 50% de silagem com partícula grande apresentou menor concentração de isovalerato. A

quantidade total de ácidos aumentou em relação ao horário de coleta ( $P < 0,05$ ), a partir das três horas após alimentação. A relação entre acetato e propionato (A/P) não foi afetada pelo tamanho de partícula e nível de inclusão ( $P > 0,05$ ), e não alterou durante os horários de pré e pós-alimentação ( $P = 0,05$ ).

Tabela 5. Ácidos graxos de cadeia curta (mmol/L) do rúmen de bovinos Nelore terminados em confinamento alimentados com 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula pequeno, ou 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula grande

Itens	Pequena (0,95 mm)		Grande (1,72 mm)		EPM <sup>1</sup>	<i>P</i> – valor <sup>2</sup>						
	50%	100%	50%	100%		TP	N	TP*N	H	TP*H	N*H	TP*N*H
Acetato	48,3	45,2	47,7	48,2	2,91	0,67	0,66	0,53	< 0,01	0,63	0,49	0,59
Propionato	18,44	19,34	19,78	17,64	1,65	0,91	0,71	0,36	< 0,01	0,84	0,48	0,24
Butirato	10,12	10,98	11,14	14,41	1,66	0,06	0,08	0,30	< 0,01	0,52	0,62	0,55
Isobutirato	0,53	0,64	0,43	0,63	0,044	0,24	< 0,01	0,26	< 0,01	0,97	0,78	0,89
Valerato	0,81	2,39	1,05	1,24	0,21	0,03	< 0,01	< 0,01	0,17	0,74	0,72	0,50
Isovalerato	1,76	1,68	1,10	2,16	0,19	0,62	< 0,01	< 0,01	0,42	0,97	0,80	0,88
Relação A/P	2,62	2,34	2,41	2,73	0,19	0,26	0,88	0,56	0,05	0,70	0,32	0,18
Total	80,0	80,2	81,2	84,3	5,05	0,60	0,75	0,78	< 0,01	0,65	0,53	0,42

<sup>1</sup>EPM = Erro padrão da média; <sup>2</sup>TP = Efeito de tamanho de partícula, N= Efeito de nível de inclusão, H= efeito de horário de coleta, TP\*H =Efeito da interação entre tamanho de partícula e horário de coleta, N\*H= Efeito da interação entre nível de inclusão e horário de coleta, TP\*N\*H= Efeito de interação entre tamanho de partícula,nível de inclusão e horário de coleta.

Não houve efeito de tamanho de partícula ( $P > 0,05$ ) para a digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) 7 horas (Figura 2), independente se as amostras foram incubadas com tamanho original ou moídas na peneira de 2mm.

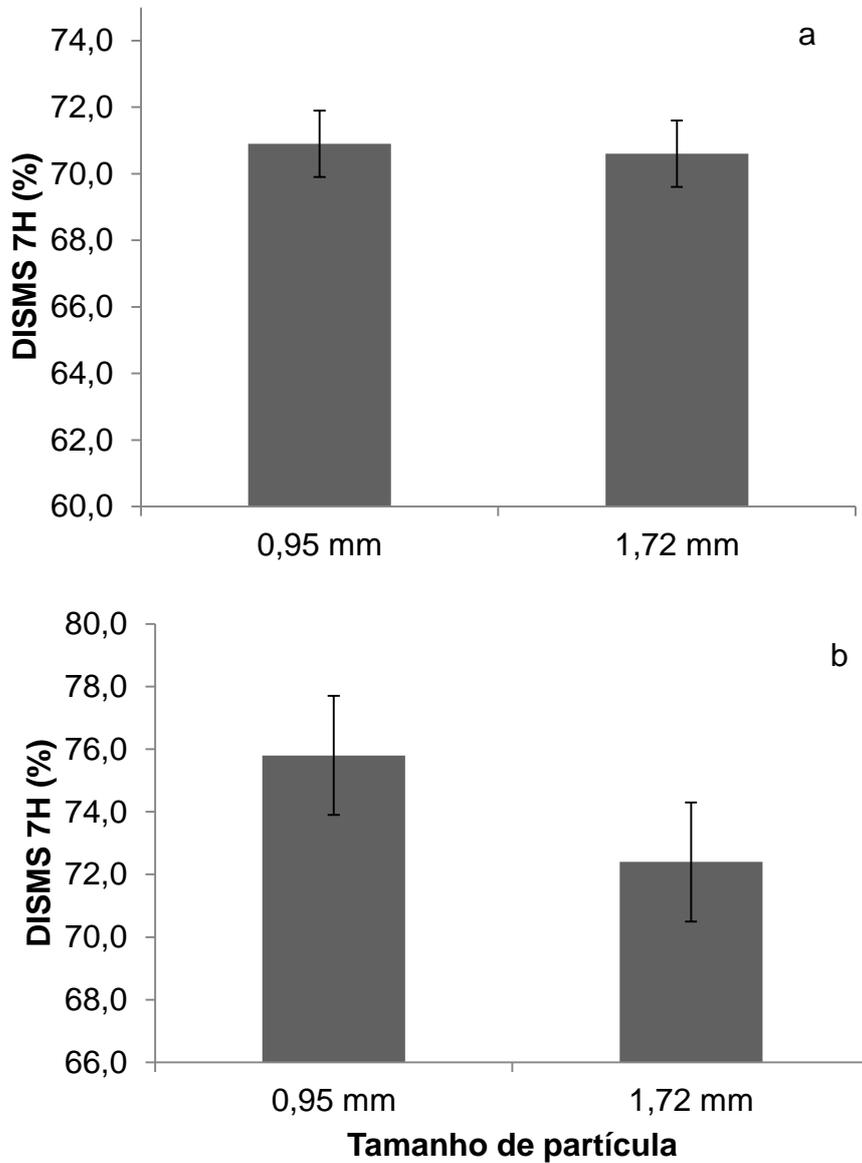


Figura 2. DISMS de silagens de milho reidratado com tamanho de partícula de 0,95 mm e 1,72 mm incubadas por 7 horas no rúmen. (a) amostra incubada após moagem em moinho Willey com peneira de 2mm, EPM =3,33,  $P$ -valor: 0,94. (b) amostra incubada com tamanho de partícula original, EPM =1,90,  $P$ -valor = 0,23.

## Experimento 2

Não houve efeito de interação ( $P > 0,05$ ) entre entranhamento de partícula e nível de inclusão para os dados de desempenho (Tabela 6). O CMS foi afetado pelo nível de inclusão, sendo menor ( $P < 0,05$ ) para os animais consumindo a dieta com 100% de inclusão de silagem. O nível de inclusão também afetou os valores de pH fecal e energia líquida da dieta, os maiores valores ( $P < 0,05$ ) foram nas dietas com 100% de inclusão de silagem. Para a variável amido fecal houve efeito ( $P < 0,05$ ) do nível de inclusão, onde animais que receberam dietas com 100% de SMR tiveram menor teor de amido nas fezes. Os tratamentos não afetaram os dados relacionados ao peso corporal, GMD e eficiência alimentar dos animais ( $P > 0,05$ ).

Tabela 6. Desempenho, parâmetros fecais e energia líquida da dieta de bovinos Nelore terminados em confinamento alimentados com 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula pequeno, ou 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula grande

Item	Pequena (0,95 mm)		Grande (1,72 mm)		EPM <sup>1</sup>	P - Valor <sup>2</sup>		
	50%	100%	50%	100%		TP	N	TP*N
CMS (% MS)	8,32	7,74	8,56	8,06	0,27	0,21	0,02	0,86
CMS (% PV)	1,83	1,71	1,87	1,77	0,04	0,23	< 0,01	0,86
PC Inicial (kg)	365	365	365	365	10,31	0,94	0,94	0,94
PC final (kg)	546	542	550	548	11,25	0,41	0,61	0,94
GMD (kg)	1,469	1,439	1,510	1,486	0,05	0,41	0,60	0,96
CA	5,66	5,38	5,67	5,42	0,20	0,96	0,06	0,76
EA	0,177	0,186	0,176	0,184	0,006	0,89	0,06	0,81
pH fecal	6,76	6,96	6,63	7,04	0,085	0,77	0,02	0,24
Amido fecal (%)	8,55	1,29	8,02	0,58	1,38	0,58	< 0,01	0,92
Elm, Mcal/kg	2,21	2,31	2,19	2,31	0,04	0,74	< 0,01	0,74
Elg Mcal/kg	1,54	1,60	1,50	1,61	0,04	0,71	0,01	0,46

<sup>1</sup>EPM= Erro padrão da média, <sup>2</sup>TP= efeito de tamanho de partícula; N= efeito de nível de inclusão; TPxN = efeito de interação entre tamanho de partícula e nível de inclusão; CMS = consumo de matéria seca; PC = peso corporal; GMD= ganho médio diário; CA = conversão alimentar; EA= eficiência alimentar; Elm =Energia líquida de manutenção da dieta; Elg = energia líquida para ganho da dieta.

O nível de inclusão de SMR afetou ( $P < 0,05$ ) a digestibilidade do amido (Figura 3), sendo que dietas com 100% inclusão de SMR apresentaram 4,5% a mais de digestibilidade do amido que as dietas com inclusão de 50%.

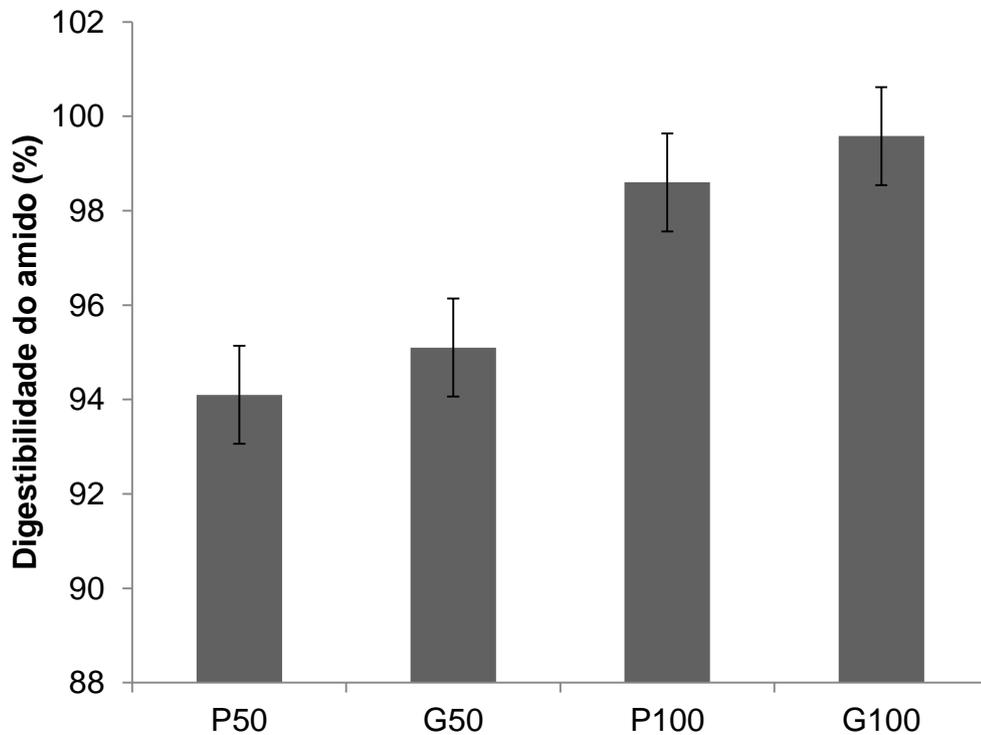


Figura 3. Digestibilidade total do amido em dietas contendo 50% ou 100% de silagem de milho reidratado (SMR), com tamanho de partícula pequeno (0,95 mm) ou grande (1,72 mm). EPM = 1,04;  $P$  valor :TP =0,22;  $N = <0,01$ ; TP\*N = 0,99.

Na tabela 7 estão os parâmetros relacionados à carcaça. O peso inicial e final das carcaças bem como a conversão alimentar de carcaça não tiveram efeito ( $P > 0,05$ ) de tratamento. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para EGS.

Tabela 7. Características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento alimentados com 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula pequeno, ou 50% ou 100% de inclusão de silagem de milho reidratado com tamanho de partícula grande.

Item	Pequena (0,95 mm)		Grande (1,72 mm)		EPM <sup>1</sup>	P - Valor <sup>2</sup>		
	50%	100%	50%	100%		TP	N	TP*N
PCQ inicial (kg)	182,4	182,3	182,3	182,3	5,15	0,95	0,95	0,95
PCQ (kg)	313,1	310,7	315,5	314,1	7,54	0,51	0,67	0,92
RC %	57,4	57,4	57,3	57,3	0,40	0,83	0,94	0,97
GMD Carcaça (kg)	1,06	1,04	1,08	1,07	0,037	0,50	0,68	0,92
CA Carcaça	7,83	7,44	7,93	7,53	0,23	0,70	0,05	0,79
pH carne	5,66	5,67	5,66	5,62	0,023	0,20	0,83	0,15
EGS	5,66	5,68	5,78	5,56	0,29	0,98	0,75	0,70

<sup>1</sup>EPM= Erro padrão da média, <sup>2</sup>TP= efeito de tamanho de partícula; N= efeito de nível de inclusão; TPxN = efeito de interação entre tamanho de partícula e nível de inclusão; PCQ = peso de carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; GMD = ganho médio diário; CA = conversão alimentar ;P.A = ponta de agulha; EGS = espessura de gordura subcutânea.

#### 4. DISCUSSÃO

##### *Experimento 1*

De acordo com a hipótese do presente estudo, o CMS seria regulado pela demanda metabólica, sendo menor naqueles animais consumindo dietas com 100% de silagens de milho reidratado (SMR) com tamanho de partícula pequeno. Pelo efeito do processamento a digestibilidade do amido aumentaria regulando o consumo metabólico, pela produção de propionato. De acordo com Allen (2000), uma alta produção de propionato estimula os receptores de distensão localizados no epitélio ruminal e com o aumento da oxidação, pode diminuir o CMS.

A não diferença de CMS entre os tratamentos pode ser explicada pela não alteração do teor de propionato ruminal, além disso, os tamanhos de partícula das silagens não afetaram a DISMS 7h, demonstrando que se comportaram de maneira semelhante no rúmen. O grau de moagem não afetou a DISMS 7-h, independente da forma que a amostra foi incubada (integral ou moída). O tempo de escocagem de

105 dias das silagens eliminou o impacto do tamanho de partícula na degradação ruminal da MS do grão de milho.

A maior digestibilidade do amido para dietas com 100% SMR, independente do tamanho de partícula, pode ser explicada pela maior contribuição do efeito de proteólise na SMR. De forma que o tempo de armazenamento dessas silagens no presente estudo (105 dias), provavelmente quebrou a matriz proteica do grão (prolamina) (Hoffman et al., 2011), disponibilizando mais amido para o ataque microbiano ruminal, conseqüentemente maior consumo de energia pelo animal em comparação às dietas com milho seco. Além disso, há correlação positiva de digestibilidade ruminal do amido com a digestibilidade do trato total do amido segundo Ferraretto et al. (2013).

Os ruminantes alteram o comportamento ingestivo para aliviar o baixo pH ruminal através da ruminação (DeVries et al., 2014). Com isso, independente do tamanho de partícula ou nível de inclusão da silagem, os animais tiveram o mesmo comportamento ingestivo, uma vez que não foi observada a alteração do pH ruminal entre os tratamentos.

Durante os horários de coleta, o pH do líquido ruminal se manteve acima de 5,5, mostrando baixo risco de uma acidose subaguda (De Nardi et al., 2013). A queda do pH logo após 3 horas após alimentação está relacionada com o aumento da produção total de ácidos nesse momento, mostrando uma rápida fermentação ruminal em todas as dietas e uma não diferenciação em relação ao padrão de fermentação.

Todas as dietas proporcionaram alta disponibilidade de energia no rúmen, evidenciado por um curto pico de  $N-NH_3$  após a alimentação. De acordo com Neto et al. (2007), uma sincronização dos carboidratos fermentáveis e nitrogênio da dieta permite uma menor perda de nitrogênio em forma de amônia pela alta eficiência microbiana. A concentração dos ácidos graxos de cadeia ramificada (isovalerato e isobutirato) são respostas ao metabolismo de proteína verdadeira no rúmen e está relacionada ao aumento do suprimento de proteína metabolizável para o intestino delgado (Broderick, 1986), o que sugere que dietas com 100% SMR proporcionaram maior sincronismo pela maior proporção de isobutirato, porém a quantidade de proteína microbiana produzida não diferiu entre os tratamentos.

## *Experimento 2*

Além do efeito do processamento em modificar o local de digestão do amido, outros fatores estão interligados a esse fato, como a composição da dieta, quantidade de ração consumida, e grau de adaptação da microbiota ruminal à dieta (Huntington et al., 1997). Devido a composição das dietas ser a mesma nos dois experimentos, uma possível explicação para o aumento de CMS em dietas com menor inclusão de SMR no *Experimento 2*, seria o maior período de adaptação dos animais, gerando maior consumo. Com isso, a taxa de passagem é aumentada causando uma falta de oportunidade para a fixação bacteriana aos grânulos de amido da dieta que contém milho seco, conseqüentemente houve uma menor presença dos produtos da fermentação, como os ácidos graxos de cadeia curta que causam diminuição do consumo (Owens et al., 1997).

O aumento da digestão ruminal do amido em dietas com 100% SMR aumentaria as chances de desafiar o gado com acidose e potencialmente diminuir o desempenho destes (Huntington et al., 1997, Macken et al., 2006), porém como observado no *Experimento 1*, os animais mantiveram o pH acima do limite crítico para a ocorrência de acidose. Isso pode explicar a ausência de efeito das dietas no GMD dos animais. Outra variável resposta à alta digestão do amido em dietas 100% SMR foi o amido fecal (Zinn et al., 2002). Como relatado, houve uma quantidade expressivamente menor de amido fecal em dietas 100% SMR comparada às dietas com inclusão de milho seco. Já foi relatado que o teor de amido fecal indicou maior digestibilidade do amido no trato total de touros alimentados com SMU em comparação com touros alimentados com milho seco moído finamente.

O pH fecal dos animais que consumiram dietas com inclusão de milho seco foi menor que os alimentados com dietas 100% inclusão de SMR. Isso ocorre porque o pH das fezes é inversamente correlacionado com o a concentração do amido fecal, no caso dos animais que consumiram dietas com 100% de SMR o amido que chega ao intestino é mais fermentável e reduz o pH (Zinn et al., 2002, Nuñez et al., 2013).

O aumento na ELM e ELg nas dietas com inclusão de 100% silagem pode ser explicada por uma maior digestão dessas dietas. O processamento do milho como

SMR proporcionou maior disponibilidade do amido. No trabalho de Owens et al., (1997), a SMU resultou em aumento da EMg, diminuição da ingestão de matéria seca sem deprimir o GMD, quando comprada com milho seco e milho floculado.

## 5. CONCLUSÃO

Dieta com uso de 100% SMR como fonte de milho com tamanho de partícula de 0,95 mm (pequena) ou de 1,72 mm (grande) pode ser usado para aumentar a energia da dieta sem afetar negativamente o metabolismo e desempenho de bovinos Nelore em confinamento. O uso de SMR com partícula grande é vantajosa por possibilitar maior taxa de moagem.

## 6. REFERÊNCIAS

Allen MS (2000) Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science** 83: 1598–1624.

Ahmadi F, Ghorbani GR, Heydari M, Rafiee H, Beauchemin KA (2020) Performance and feeding behavior of dairy cows fed high-concentrate diets containing steam-flaked or ground corn varying in particle size. **Journal of Dairy Science** 103: 3191-3203.

Arcari MA, Martins CMMR, Tomazi T, Gonc JL, Santos MV (2016) Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. **Animal Feed Science and Technology** 221: 167–173.

ASABE (2008) Methods of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI, p.1-8.

Broderick GA (1986) Relative value of solvent and expeller soybean meal for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science** 11: 2948-58.

Caetano M, Goulart RS, Rizzo PM, Silva SL, Drouillard JS, Leme PR (2019) Impact of flint corn processing method and dietary starch concentration on finishing performance of Nelore bulls. **Animal Feed Science Technology** 251:166–175.

Caetano M, Goulart RS, Silva SL, Drouillard JS, Leme PR, Lanna DPD (2015) Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. **Journal of Animal Science** 93: 4023–4033.

Carvalho JRR, Chizzotti ML, Schoonmaker JP (2016) Performance, carcass characteristics, and ruminal pH of Nellore and Angus young bulls fed a whole shelled corn diet. **Journal of Animal Science** 6: 2451-2459.

Castro LP, Pereira MN, Dias JDL, Lage DVD, Barbosa EF, Melo RP, Ferreira K, Carvalho JTR, Cardoso FF, Pereira RAN (2019) Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of Dairy Science** 102: 9857-9869.

Chizzotti ML, Valadares Filho SC, Valadares R FD, Chizzotti FHM, Tedeschi LO (2008) Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. **Livestock Science** 113: 218–225.

De Nardi R, Marchesini G, Stefani A, Barberio A, Andrighetto I, Segato S (2013) Effect of feeding fine maize particles on the reticular pH, milk yield and composition of dairy cows. **Animal Physiology and Animal Nutrition** 5: 1-7.

Devries TJ, Schwaiger T, Beauchemin KA, Penner GB (2014) The duration of time that beef cattle are fed a high-grain diet affects feed sorting behavior both before and after acute ruminal acidosis. **Journal of Animal Science** 92: 1728-1737.

Ferraretto LF, Crump PM, Shaver RD (2013) Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science** 96: 533–550.

Firkins JL, Eastridge ML, Stpierre NR, Nofstger SM (2001) Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science** 79: 218-238.

Fredin SM, Ferraretto LF, Akins MS, Bertics SJ, Shaver RD (2015) Effects of corn-based diet starch content and corn particle size on lactation performance, digestibility, and bacterial protein flow in dairy cows. **Journal of Dairy Science** 98:1–13.

Giuberti G, Gallo A, Moschini M, Cerioli C, Masoero F (2013) Evaluation of the impact of maize endosperm vitreousness on in vitro starch digestion, dry matter digestibility and fermentation characteristics for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 186:71–80.

Hoffman PC, Esser NM, Shaver RD, Coblenz WK, Scott MP, Bodnar AL, Schmidt RJ, Charley RC (2011) Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science** 94: 2465–2474.

Huntington GB (1997) Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science** 75: 852–867.

Jobim CC, Reis RA (2001) Produção e utilização de silagens de grãos úmidos In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001.

Junges D, Morais G, Spoto MHF, Santos PS, Adesogan AT, Nussio LG, Daniel JLP (2017) Short communication: influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal of Dairy Science** 100: 9048–9051.

Lofgreen GP, Garrett WN (1968) A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science** 27: 793-806.

Macken CN, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Stock RA (2006). Effects of Corn Processing Method and Protein Concentration in Finishing Diets Containing Wet Corn Gluten Feed on Cattle. **The Professional Animal Scientist** 22: 14–22.

Neto SFC, Zeoula LM, Kazma R, Prado IV, Geron LJV, Oliveira FCL, Prado OPP (2007) Proteína degradável no rúmen associada a fontes de amido de alta ou baixa degradabilidade : digestibilidade in vitro e desempenho de novilhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36:452-460.

Nocek, JE (1988) In Situ and Other Methods to Estimate Ruminant Protein and Energy Digestibility: A Review. **Journal of Dairy Science** 71: 2051-2069.

NRC (1984) Nutrient Requirements for Beef Cattle. 6th ed. National Academy Press, Washington, DC.

Núñez, A.J.C., Caetano, M., Berndt, A., Demarchi, J.J.A.A., Leme, P.R., Lanna, D.P.D., (2013). Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nelore steers fed high concentrate diets. *Scientia Agricola*. V.70, p. 229–236.

Oliveira CA, Millen DD (2014) Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology** 197: 64–75.

Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR (1997) The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science** 75: 868–879.

San Emeterio F, Reis RB, Campos WE (2000) Effect of Coarse or Fine Grinding on Utilization of Dry or Ensiled Corn by Lactating Dairy Cows 1. **Journal of Dairy Science** 12: 2839–2848.

Silva JD, Carrara TVB, Pereira MCS, Oliveira CA, Batista Júnior IC, Watanabe DHM, Rigueiro ALN, Arrigoni MB, Millen DD (2018). Feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics of Nelore cattle submitted to different feeding frequencies. **Scientia Agricola** 75: 121-128.

Silva NC (2016) **Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados**. 130 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Silva SL, Leme PR, Putrino SM, Valinote AC, Nogueira Filho JCM, Lanna DPD (2007) Milho grao seco ou umido com sais de calcio de acidos graxos paranovilhas Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36:1426-1434.

Zinn RA, Owens FN, Ware RA (2002) Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science** 80:1145–1156.

Zinn R A, Shen Y (1998) An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science** 76:1280–1289.

Zinn RA, Barreras A, Corona L, Owens FN, Ware, RA (2007) Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science** 85: 1727-1730.