UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROCESSAMENTO DO MILHO EM DIETAS DE ALTO GRÃO PARA OVINO

Autor: Luiza Maria Gigante Nascimento
Orientador: Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março de 2020

LUIZA MARIA GIGANTE NASCIMENTO

PROCESSAMENTO DO MILHO EM DIETAS DE ALTO GRÃO PARA OVINO

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo

Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Pereira de Figueiredo

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março de 2020

636.085 Nascimento, Luiza Maria Gigante.
N196p Processamento do milho em dietas de alto grão para ovino. / Luiza Maria Gigante Nascimento. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2020.
43fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. José Augusto Gomes Azevêdo e coorientação do Prof. D. Sc. Mauro Pereira de Figueiredo.

1. Ovinos - Milho – Dietas. 2. Pequenos ruminantes – Milho - Metabolismo ruminal. 3. Ovinos confinados – Alimentação - Consumo e digestibilidade. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Azevêdo, José Augusto Gomes. III. Figueiredo, Mauro Pereira de. IV. Título.

CDD(21): 636.085

Catalogação na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Ovinos - Milho – Dietas
2. Pequenos ruminantes – Milho - Metabolismo ruminal
3. Ovinos confinados – Alimentação - Consumo e digestibilidade

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-*BA*

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Processamento do milho em dietas de alto grão para ovino".

Autor (a): Luiza Maria Gigante Nascimento
Orientador (a): Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo
Co-orientador (a): Prof. Dr. Mauro Pereira de Figueiredo

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo – UESC
Orientador

Prof. Dr. Márcio dos Santos Pedreira - UESB

Ana Paula Gomes da Silva
Drª. Ana Paula Gomes da Silva

Data de realização: 05 de março de 2020.

“Todos querem ser pastores
quando encontram,
de manhã, os carneirinhos
enroladinhos,
como carretéis de lã.”

Xangai

À minha mãe, pelo apoio desde o início.

À minha irmã, por sempre me incentivar.

À minha família, pelo carinho e incentivo.

Aos meus amigos, pelo companheirismo e suporte.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela força para superar as dificuldades e atingir nossos objetivos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, por minha formação acadêmica e pela oportunidade de cursar uma pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos no início do curso.

Ao professor José Augusto Gomes Azevêdo, pela orientação e contribuição ao meu desenvolvimento profissional.

Ao professor Mauro Pereira de Figueiredo, pela co-orientação e pelos ensinamentos desde a Iniciação Científica.

À professora Lígia Lins, pelos ensinamentos e pela disponibilidade.

À Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, pela estrutura durante o experimento e a pesquisa.

Ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes – LaPNAR, pela estrutura e contribuição para minha formação profissional.

A todos os membros do LaPNAR que ajudaram durante a pesquisa, em especial, Éverton, Alana, Letícia, Karenina, Ivan, Gilmara, Diego, Jaci, Laís, Saionara, Mariston, João Araújo, João Pedro e Bruno pela amizade e importante ajuda durante a condução do experimento.

Ao Sr. Antônio e Sr. Roberto, pela ajuda com o manejo dos animais durante o experimento, mas principalmente pela parceria e amizade.

Ao Laboratório de Nutrição Animal – LabNut, na pessoa de Gerson, pela estrutura, que foi fundamental para realização das análises.

Aos amigos e colegas da UESB, principalmente “os Paias” Bárbara, Pedro, Welliny e Carol, pela fundamental amizade.

Aos amigos Rita e Luiz, pelo importante apoio desde o início do curso de Mestrado.

Ao Coral Madrigal do IFBA, na pessoa do meu querido e amigo maestro Marcos Ferreira, pelo suporte e pela indescritível amizade, e a toda Família Madrigal.

Aos meus amigos do grupo “Coisas”, Guilherme, Marina, Sam, Raíssa, Esdras, Enya, Uirá, Luna, Carina, Luana e Letícia, pela amizade e pelo incentivo.

À minha mãe Amélia, irmã Idia e todos familiares (primos e tios), principalmente Adalto, Rosi, Janete, Relva e Ana Maria, Aroldo, Wilma, Quezia, Janoca e Gilson.

À Gisandra, pelas conversas e pelo convívio diário durante esse último ano.

Aos animais, que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho de pesquisa.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

BIOGRAFIA

LUIZA MARIA GIGANTE NASCIMENTO, filha de Amélia Maria Lopes Gigante e Sérgio Silva Nascimento, nasceu em Vitória da Conquista, Bahia, no dia 15 de junho de 1992.

Em 2012, ingressou no curso de graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Bahia, colando grau em 17 de dezembro de 2017.

Em março de 2018, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção de Ruminantes, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, defendendo o projeto em março de 2020.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
I. REFERENCIAL TEÓRICO	1
1.1. Introdução	1
1.2. Utilização do milho	2
1.3. Fornecimento de concentrado e metabolismo ruminal	4
1.4. Silagem de milho grão	7
1.5 Referências	9
II. OBJETIVO GERAL	14
2.1. Objetivos específicos	14
III. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Local e animais	15
3.2. Dietas experimentais	15
3.3. Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes	18
3.4. Comportamento ingestivo	19
3.5. Coleta de urina e sangue	19
3.6. Degradabilidade ruminal da matéria seca do milho	20
3.7. Parâmetros ruminais	21
3.8. Análise estatística	21
IV. RESULTADOS	22
4.1. Consumo e digestibilidade	22
4.2. Comportamento ingestivo	24
4.3. Metabolismo de nitrogênio	24
4.4. Degradabilidade ruminal	26
4.5. Parâmetros ruminais	28
V.DISCUSSÃO	31
VI. CONCLUSÕES	37
VII. REFERÊNCIAS	38

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 - Degradabilidade *in situ* da matéria seca do milho moído seco (fubá) em relação ao MMRE - milho moído reidratado e ensilado..... 27

FIGURA 2 - Estimativa dos valores de pH nos intervalos de tempo..... 29

FIGURA 3 - Desdobramento da interação do pH dentro dos tempos, em função da forma de fornecimento do milho para ovinos..... 30

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 - Proporção e composição química das dietas totais, em função do tipo de fornecimento de milho nas dietas experimentais para ovinos..... 16

TABELA 2 - Distribuição do tamanho das partículas do milho nas dietas experimentais 17

TABELA 3 - Consumo, coeficientes de digestibilidade aparente de nutrientes, em função do tipo de fornecimento do milho nas dietas experimentais para ovinos..... 22

TABELA 4 - Comportamento ingestivo, em função do processamento de milho nas dietas experimentais para ovinos 24

TABELA 5 - Balanço de nitrogênio, em função do tipo fornecimento de milho nas dietas experimentais para ovinos 25

TABELA 6 - Volume urinário, excreção urinária de derivados de purina e eficiência microbiana, em função do processamento de milho nas dietas experimentais para ovinos 26

TABELA 7 - Parâmetros do modelo de degradabilidade da matéria seca, em função do milho e da silagem reidratada 26

TABELA 8 - Valores médios de pH e nitrogênio amoniacal, em função do tempo nas dietas experimentais de ovinos 28

RESUMO

NASCIMENTO, Luiza Maria Gigante. **Processamento do milho em dietas de alto grão para ovino**. Itapetinga, BA: UESB, 2020. 43p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). *

Objetivou-se avaliar o efeito do processamento do milho nas formas de grão seco inteiro, quirela, fubá e moído reidratado e ensilado (MMRE) em dietas para ovinos confinados. Foram utilizados oito ovinos (quatro portadores de cânula ruminal), machos castrados, mestiços Dorper-Santa Inês, com peso corporal (PC) e idade médios de 35,98 ± 8,71 kg e 210 dias, respectivamente. Utilizou-se um delineamento experimental em duplo quadrado latino 4 x 4. As dietas afetaram o consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), observando-se maior consumo de FDNcp em dietas com milho quirela; as dietas com milho fubá não diferiram das com milho quirela e milho grão. As dietas com milho quirela apresentaram 5,4 e 9,1% maior digestibilidade da PB e FDNcp, respectivamente, além de 22,2 e 35,9% maior fração digestível de PB e ED, em comparação às dietas com MMRE. Todavia, observou-se que as dietas com milho quirela não diferiram nestes resultados para as dietas com milho grão e milho fubá, sendo que estas últimas não diferiram das dietas com MMRE. Notou-se que dietas com o MMRE teve 22% a mais de mastigação total (min/kg FDNcp) que as dietas contendo o milho quirela. Todavia, não diferiu das dietas com milho grão e fubá, de forma que essas dietas foram iguais ao milho quirela. As dietas contendo milho quirela foi 22 e 6% maior para nitrogênio absorvido (g/dia) e N absorvido (% N ingerido), respectivamente, do que dietas contendo MMRE, mas não diferiu das dietas com milho grão e fubá, assim como as duas não diferiram das dietas com MMRE. Constatou-se que a eficiência microbiana foi influenciada pelas dietas. Dessa forma, a dieta com milho quirela aumentou em 54% a eficiência microbiana quando comparada a dietas com grão inteiro, porém os valores do milho quirela não diferiram das dietas com milho fubá e MMRE, e os resultados destas dietas foram iguais aos valores do milho grão. Comparando-se a degradabilidade efetiva do milho fubá com o MMRE, ocorreu aumento de 81% dessa taxa de degradação quando o milho foi ensilado. A demanda proteica atendida pelas dietas manteve-se próxima de 27 mg/dL de nitrogênio amoniacal ruminal. As dietas com MMRE interferiram na digestibilidade da proteína bruta e fibra. Recomenda-se o uso do grão inteiro em dietas de alto grão para ovinos, pois, além de não demandar processamento, promove melhor fermentação ruminal e maior aproveitamento dos nutrientes.

Palavras-chave: granulometria, pequenos ruminantes, *Zea mays*

---

* Orientador: José Augusto Gomes Azevêdo, Dr., UESC e Co-orientador: Mauro Pereira de Figueiredo, Dr., UESB.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Luiza Maria Gigante. **Corn processing in high grain diets for lambs. Itapetinga**, BA: UESB, 2020. 43p. Dissertação. (Master's Program in Animal Sciences, Concentration Area: Production of Ruminants). *

This work aims to evaluate the corn processing effect in the configurations of whole corn, broken corn, fine corn, and rehydrated corn silage (RCS) in confined ovine diets. Eight ovines (four of them submitted to ruminal cannulation), castrated male, Dorper-Santa Inês mixed-race with weight and medium age respectively 35,98 ± 8,71 kg and 210 days were used for the study, as well as an experimental outline in 4x4 double latin square. The diets affected the consumption of neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), being observed NDFap's bigger consumption in broken corn's diet. Fine corn's diet did not differ from the ones with broken corn and whole corn. Broken corn's diet presented respectively 5,4 and 9,1% bigger digestibility of crude protein and NDFap, besides a 22,2 and 35,9% bigger digestible fraction of crude protein and digestible energy comparing to diets with RCS. However, were noticed that broken corn diets did not differ from diets using whole corn and fine corn. Also, fine corn diets did not differ from diets using RCS. This research noticed that RCS diets had 22% more total chewing (min/kg NDFap) than broken corn diets. Though, did not differ from whole corn and fine corn diets, which ones were equal to broken corn. The diets containing broken corn were respectively 22 and 6% bigger for absorbed nitrogen (g/day) and N absorbed (% N ingested) than diets containing RCS but did not diverge from diets using whole corn and fine corn. Also, both of them did not differ from diets that used RCS. The research testified that diets influenced microbial efficiency. In this way, broken corn diets increased 54% of the microbial efficiency comparing to whole corn diet, however the broken corn values did not diverge from diets that used fine corn and RCS which results were equal to whole corn values. Comparing the effective degradability of the fine corn with the RCS occurred an 81% increase in the degradation rate when the corn was ensiled. The protein demand keeps close to 27 mg/dL of ruminal ammonia nitrogen. Diets using RCS interfered in the digestibility of crude protein and fiber. The recommendation is for the use of the whole grain in high grain diets for ovine. These ones do not demand to process, promote better ruminal fermentation, and more effective use of the nutrients.

Keywords: particle size; small ruminants; *Zea Mays*

---

* Adviser: José Augusto Gomes Azevêdo, Dr. UESC and Co- adviser: Mauro Pereira de Figueiredo, Dr. UESB.

I. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Introdução

A criação extensiva de ovinos é uma opção viável em regiões tropicais, haja vista a alta disponibilidade de pastagem ou forragem verde como fonte de alimento. Embora apresente menor custo, essa forma de criação apresenta limitação qualiquantitativa, devido, entre outros fatores, principalmente ao clima, a exemplo das condições de semiárido na região Nordeste. Em razão de escassez de chuvas em determinadas épocas do ano, a baixa disponibilidade de forragem torna-se um fator limitante ao desempenho animal.

Segundo o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), o Nordeste foi a única região onde o número de cabeças do rebanho ovino aumentou – atual de 12.634.412 de cabeças. Esta região é responsável por 67% do número de ovinos da produção nacional brasileira, que possui um total de 18.948.934 milhões de cabeças (IBGE, 2018).

Desse modo, quando há baixa disponibilidade de forragem, a suplementação e o confinamento com dietas de alto grão são alternativas para atender às exigências nutricionais do animal.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo a segunda cultura mais importante para a agricultura brasileira (Conab, 2018). O milho é o cereal mais utilizado para suplementação na alimentação animal no Brasil e, em nível mundial, tem 72% de amido, 9,33% de PB na MS, além de aminoácidos, minerais e vitaminas em sua composição (Loy & Lundy, 2019).

No Brasil, a maioria dos grãos de milho comercializados é classificada, de acordo com a textura, como duro ou cristalino *flint*, isto é, apresenta endosperma predominantemente córneo, exibindo aspecto vítreo (Correa et al., 2002). O endosperma vítreo está relacionado à dureza do grão e tem alta correlação negativa com a degradação ruminal do amido, ou seja, quanto mais vítreo for o grão, menor é a degradabilidade do

amido no rúmen (Correa et al., 2002). O amido é o principal carboidrato do grão do milho e constitui a principal fonte de energia em dieta animal.

Assim, a baixa digestibilidade do amido contido em cultivares de milho duro pode limitar a eficiência de uso de dietas com milho inteiro. Portanto, seu aproveitamento depende dos métodos de processamento a que é submetido (Theurer, 1986). O processamento do milho serve para expor os grânulos de amido à digestão (Beauchemin et al., 1994), formando fissuras, quebrando ou expandindo o amido, por meio da eliminação da película externa do grão, o pericarpo, que constitui uma barreira física ao ataque microbiano e à ação das enzimas digestivas do animal (Kotarski et al., 1992).

Dessa forma, é necessário otimizar a utilização do milho para melhoria quanto a sua digestibilidade e aproveitamento do amido e buscando alternativas mais baratas para o processamento do grão.

Porém, não existe um consenso do tipo de processamento ou tamanho de partícula adequada a ser utilizado para ruminantes. Existem alguns entraves nas pesquisas considerando a variação dos resultados, aos tamanhos médios das partículas, categoria animal e espécie de ruminante. Além disso, muitas pesquisas não informam o tamanho médio das partículas utilizado. Embora existam vários estudos sobre processamento de milho realizados em ruminantes (Ørskov et al., 1974; Theurer, 1986; Nocek & Tamminga, 1991; Huntington, 1997; Firkins et al., 2001), em pequenos ruminantes são escassos e não consideram dietas de alto grão, com mais de 60% de milho na dieta. Logo, são necessárias pesquisas para recomendação ideal do tipo de processamento e da granulometria a ser utilizada em dietas para pequenos ruminantes, com o objetivo de melhorar a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes.

1.2. Utilização do milho

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais utilizado na alimentação animal no mundo. O amido é o principal componente dos grãos de cereais energéticos, sendo o responsável pelo valor nutritivo de cereais em ruminantes (Humer & Zabeli, 2017).

A matriz amido-proteína em grãos de milho forma uma espécie de barreira físico-química que influencia a digestão do amido em ruminantes (Owens et al., 1986). O endosperma – correspondente a, aproximadamente, 830 g kg^{-1} do peso seco do grão – consiste principalmente de grânulos de amido (880 g kg^{-1}), podendo ser farináceo ou

vítreo, e proteínas de reserva, as zeínas (80 g kg^{-1}). O endosperma vítreo do grão de milho apresenta maior concentração de zeína que o farináceo, que contém os grânulos menos agregados (Pratt et al., 1995).

No Brasil, a preferência das indústrias de sementes de milho é por híbridos de textura dura, nos quais predominam endospermas com alta vitreosidade (73,1%) (Correa et al., 2002). A vitreosidade é indicativo de digestibilidade – o milho maduro com endosperma mais vítreo tem a proteína zeína fortemente aderida aos grânulos de amido e, assim, menor digestibilidade do amido em comparação a grãos de milho com níveis mais baixos de endosperma vítreo (Arcari et al., 2016).

Para otimizar a utilização do milho, processamentos mecânicos visando à quebra física do pericarpo permitem que bactérias amilolíticas acessem grânulos de amido, aumentando a taxa e extensão da digestão ruminal (McAllister & Cheng, 1996). Os métodos mais usados no processamento de grãos envolvem a redução do tamanho das partículas com ou sem adição de água ou vapor. A moagem e a laminação, para formarem grãos moídos a seco ou apenas moídos, são os métodos mais comuns de processamento de grãos (Owens, 2005). Existem diferentes formas de processamento físico do milho: seco moído, integral, alta umidade, em flocos de vapor (Owens, 2005).

A moagem do milho quebra a barreira física, o que aumenta a área de superfície de contato dos grânulos de amido e facilita a aderência e colonização pelos microrganismos ruminais que realizam a degradação enzimática (Huntington, 1997). Porém, não existe um consenso do tipo de processamento ou tamanho de partícula ideal a ser utilizado para ruminantes. Existem alguns entraves nas pesquisas considerando a variação dos resultados, tamanho médio das partículas, categoria animal e espécies de ruminante. Além disso, muitas pesquisas não informam o tamanho médio das partículas.

Callison et al. (2001), em pesquisa realizada com vacas leiteiras, observaram que a diminuição do tamanho de partícula do milho (milho inteiro; milho fino 1.200 µm; milho moído grosso 2.600 µm) acarretou comportamento quadrático para a digestibilidade ruminal verdadeira dos carboidratos não fibrosos (CNF) (498, 465 e 870 g kg^{-1}, respectivamente), mas observaram menor diferença (de 913 a 980 g kg^{-1}) na digestibilidade total (ruminal e intestinal) dos CNF entre o maior e menor tamanho de partícula.

Em um experimento, Remomd et al. (2004), avaliando o tamanho médio de partícula do milho processado (568 vs. 3458 µm, respectivamente), em dietas para vacas leiteiras, observaram que o milho moído finamente é digerido mais rapidamente no rúmen

e no trato digestivo total do que o milho moído grosseiramente. Esses autores observaram que a digestibilidade do amido no rúmen diminuiu de 700 g kg $^{-1}$ no milho moído para 540 g kg^{-1} no milho grosso.

Por outro lado, diferentes formas de processamento de milho podem ocasionar efeitos negativos sobre a digestibilidade ruminal e total da fibra ou diminuição da ingestão de matéria seca, de modo que neutralizem as melhorias na disponibilidade ruminal e total de amido do trato gastro intestinal (Firkins et al., 2001). Contudo, Ferraretto et al. (2013), ao reduzirem o tamanho médio das partículas do grão de milho (de 4.000 µm vs. 500 µm), notaram que a digestibilidade total do amido no trato gastro intestinal foi de 777 para 933 g kg^{-1}, em vacas leiteiras.

Bolzan et al. (2007), em experimento com ovinos confinados, comparando milho grão e milho moído, ao fornecerem dietas com grão de milho inteiro, inteiro tratado com ureia ou moído, também não encontraram efeito do processamento na digestibilidade de MS, EE e FDN, 685,8; 716,7 e 484,9 g kg^{-1}, respectivamente. Vargas et al. (2008), em pesquisa sobre o processamento do grão de milho para bezerros, observaram que, quando ofertado o milho moído ou inteiro nas dietas, não se alteraram a digestibilidade e o desempenho, sugerindo a utilização do milho inteiro.

1.3. Processamento de grãos e metabolismo ruminal

Os processamentos de grãos nas formas de moagem fina, grossa, laminação, ensilagem visam aumentar a superfície de contato das partículas do grão, diminuindo a interação da matriz proteica com os grânulos. Assim, com o aumento da solubilidade devido ao processamento, pode-se aumentar o amido disponível, o que altera as características de fermentação ruminal, as taxas de passagem e o local de digestão. Maior consumo de FDN na dieta altera o local da digestão do amido em direção ao intestino e maior consumo de MS modifica o local da digestão do amido em direção ao intestino. Porém, aumento na disponibilidade de amido pode desencadear desequilíbrio no pH ruminal e nos microrganismos do rúmen e provocar acidose ruminal (Owens et al., 2005).

Nas dietas de alto grão, os produtos da fermentação modificam os valores estequiométricos, em que 1 hexose = 1,34 acetato + 0,45 propionato + 0,11 butirato + 0,61mol metano para dietas à base de volumoso e para alto grão, 1 hexose = 0,90 acetato + 0,70 propionato + 0,20 butirato + 0,38 mol metano. Em comparação a dietas à base de forragem, as de alto concentrado aumentam a taxa de fermentação e, por conseguinte, a produção de lactato ruminal (Kozloski, 2019). O epitélio gastrointestinal é uma barreira

física e imunológica que mantém e regula a saúde gastrointestinal. Animais ingerindo dieta com alto nível concentrado apresentam maior acidez do líquido ruminal, o que altera as composições microbianas do rúmen e, consequentemente, pode causar danos no epitélio ruminal e aumentar sua permeabilidade da membrana (Emmanuel et al., 2007). Li et al. (2014) relataram que a alimentação com alto concentrado causa diminuição no pH cecal de 7,49 para 6,57 e aumento nas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta, elevando a fermentação no intestino grosso de cabras.

Em experimento com cabras leiteiras, Metzler-Zebeli et al. (2013), utilizando dietas com 0, 30 e 60% de grão, constataram que o pH ruminal diminui linearmente com o aumento do nível de grão na dieta. Assim, espécies de bactérias que degradam celulose no rúmen reduzem (Petri et al., 2012; Li et al., 2014).

Além disso, deve existir um equilíbrio entre energia e proteína, pois as bactérias não têm mecanismos eficientes para controlar a entrada de substratos na célula. Quando as concentrações de substrato energético excedem a capacidade bacteriana de obter energia em reações de síntese, o metabolismo diminui a produção e aumenta o gasto de ATP em reações denominadas “energy spillig” ou “ciclos fúteis” (Kosloski, 2019). A quantidade de nitrogênio consumida e excretada pelos animais é contabilizada no balanço de nitrogênio de forma que o nitrogênio consumido pelos ruminantes seja convertido em amônia pelas bactérias (Koloski, 2019). O ruminante recicla nitrogênio através do intestino, como uréia, ou através de secreções endógenas; a ureia retornada ao intestino representa, em média, até 80% N digerido no ovino (Lapierre & Lobley, 2002).

À medida que a ingestão de nitrogênio na dieta aumenta, elevam-se linearmente a concentração de nitrogênio ureico no sangue (NUS), a quantidade de ureia produzida pelo fígado e a quantidade de N reciclado no trato gastro intestinal, bem como o teor de N na urina, modificando o balanço de nitrogênio (Marini et al., 2004). Os microrganismos do rúmen necessitam de proteína solúvel no rúmen como fonte de N, peptídeos e aminoácidos, que depois serão utilizados para sintetizar proteínas microbianas (Zhou et al., 2015). De acordo com Chen & Ørskov (2004), a quantidade de nitrogênio microbiano e a eficiência do crescimento microbiano baseiam-se na excreção de derivados urinários da purina (DP), sendo utilizadas para estimar a síntese de proteínas microbianas do rúmen em ruminantes. Os microrganismos do rúmen constituem a principal fonte de fornecimento de proteínas aos ruminantes (Chen & Ørskov, 2004).

Comparando dietas experimentais com o milho grão inteiro, milho a vapor ou grão

embebido em água, Gholami et al. (2018) observaram que, ao fornecerem dietas com milho embebido em água na dieta, houve aumento não somente da espessura de parede, papilas e camadas musculares do rúmen, como também de bactérias amilolíticas.

Em estudo com cordeiros alimentados com dieta alto concentrado granulada contendo grãos de diferentes tamanhos de moagem (2 e 6 mm), Andrés et al. (2018) verificaram que o cereal moído mais fino alterou a mucosa ruminal e o perfil de ácido graxo de cadeia curta, além de contribuir para maior quantidade de bactérias associadas à acidose *Prevotella* e *Quinella*, mas não alterou o pH e a digestibilidade de nutrientes. Infere-se que o uso de dietas com grão moídos de forma mais grosseira diminuiria o risco de distúrbios digestivos.

Ao compararem granulometrias de milho moído grosso, médio e fino para vacas lactantes, Plascencia et al. (2009) observaram que o uso de milho processado a seco nas dietas não elevou o consumo e a digestibilidade da MS, em relação à redução do tamanho de partícula dos grãos além do obtido com a moagem grosseira. Em experimento com vacas em lactação recebendo alto concentrado (72%) com milho processado grosseiramente, moído em tamanhos médio e fino, Plascencia et al. (2007) verificaram que não houve melhora na digestibilidade da MO e PB, com a diminuição do tamanho das partículas, e no pH ruminal, com valores de 77%, 67% e 5,9, respectivamente.

No entanto, para ovinos, seria indicado o grão inteiro, pois a mastigação seria suficiente para diminuir o tamanho de partícula, além de evitar problemas com acidose em carneiros (Owens, 2005), de forma que seriam capazes de usar de maneira eficiente o grão na forma inteira (Orskov, 1986; Gallo et al., 2014). O milho grão inteiro, comparado ao milho moído e à silagem de grão úmido, obteve menor pH médio ruminal de 5,3, maior peso corporal final e maior tamanho das papilas ruminais em carneiros recebendo dietas de alto grão (Oliveira et al., 2015a). Porém, proporcionou maior peso de carcaça quente e fria junto com o milho moído quando comparados à silagem de grão úmido nas dietas (Oliveira et al., 2015b).

1.4. Silagem de milho grão moído

Junges et al. (2017), em estudo sobre a proteólise na silagem de grão reidratado, estimaram que 60% da atividade proteolítica estavam relacionados às atividades bacterianas durante o processo de fermentação e, assim, melhorariam a digestibilidade do amido, em razão da degradação da matriz proteica que protege o grânulo de amido. O processo de ensilagem do grão de milho moído possui o mecanismo potencial causado pela ruptura da matriz da proteína zeína em torno dos grânulos de amido (Saylor et al., 2020).

Hoffman et al. (2011) verificaram que, com o processo de ensilagem dos grãos, ocorre a degradação das proteínas γ e de outras zeínas responsáveis pela reticulação dos grânulos de amido, ocorrendo uma dissociação dos grânulos de amido em silagem de grão úmido, que facilita o acesso aos grânulos de amido pelas bactérias do rúmen.

O processo de ensilagem é uma boa alternativa para conservar o milho por mais tempo, porque aumenta a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Ferraretto et al., 2015; Carvalho et al., 2017) e reduz a população de mofo na silagem (Carvalho et al., 2017). Além disso, a qualidade do milho pode se beneficiar desse método, pois o processo de ensilagem não utiliza calor ou produtos químicos, o que poderia afetar a digestibilidade do amido, surgindo como alternativa para armazenamento (Arcari et al., 2016).

Segundo Almeida Júnior et al. (2004), a silagem de grãos úmidos de milho pode substituir totalmente os grãos secos de milho em rações para cordeiros, não afetando o desempenho, com ganho médio diário próximo de 383 g/dia, 50% carcaça quente, 49% carcaça fria, porém a substituição de 50% proporcionou os melhores resultados econômicos. De acordo com Henrique et al. (2007), o fornecimento de dietas com silagem de grãos de milho úmido, comparado ao milho em grão seco, para bovinos jovens em confinamento, melhora em 9,7% a eficiência alimentar. Em estudos de digestibilidade do amido, Firkins et al. (2001) notaram que essa degradação foi 54% maior nos grãos colhidos e ensilados com alta umidade em comparação ao amido de milho seco.

A degradabilidade *in situ* efetiva da matéria seca aumentou em 30% com a ensilagem de milho (Castro et al., 2019). A ensilagem de grão reidratado, por sua vez, pode sofrer influência com o maior tempo. Nesse sentido, Arcari et al. (2016) verificaram aumento da degradabilidade efetiva do amido de milho moído reidratado e ensilado, obtendo-se taxas de passagem de 0,02/h (79,9% vs. 94,5%), 0,05/h (65,9% vs. 90,01%) e 0,08/h (56,98 vs. 86,52%), quando foi avaliado aos 3 vs. 330 dias de ensilagem,

respectivamente. Silva et al. (2019) também observaram que, com o tempo de ensilagem, as degradações das frações modificaram e a degradabilidade da MS e do amido aumentou.

A perda de MS e o pH do milho seco integral, quando armazenado, foram maiores que do milho reidratado e ensilado. A silagem de milho seco moído fino e reidratado reduziu o tempo de ruminação (466 vs. 486 min/d) por dia e aumentou o tempo de alimentação por ingestão de MS em vacas de leite (16,2 vs. 17,4 min /MS kg). A moagem fina aumentou a degradabilidade efetiva da MS ruminal do milho não fermentado de 66,6 para 69,9%, mas o tamanho de partícula (9 ou 3 mm) não afetou a degradabilidade do milho fermentado por mais de 200 dias (Castro et al., 2019).

Existem vários estudos acerca da substituição do milho seco pelo milho reidratado e ensilado em vacas, aumentando a digestibilidade do amido e a produção de leite em vacas lactantes (Ferraretto et al., 2015; Arcari et al., 2016; Castro et al. 2019). Porém, é preciso mais estudos sobre a utilização da silagem de milho reidratado na alimentação de pequenos ruminantes.

1.5. Referências

ALMEIDA JÚNIOR, G. A. D.; COSTA, C.; MONTEIRO, A. L. G.; GARCIA, C. A.; MUNARI, D. P.; NERES, M. A. Live weight gain, carcass traits and economic results on lambs fed with high moisture corn silage in creep feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 1048-1059, 2004.

ANDRÉS, S.; JARAMILLO, E.; BODAS, R.; BLANCO, C.; BENAVIDES, J.; FERNÁNDEZ, P.; GONZÁLEZ, E. P.; FRUTOS, J.; BELENGUER, A.; LÓPEZ, S.; GIRÁLDEZ, F. J. Grain grinding size of cereals in complete pelleted diets for growing lambs: Effects on ruminal microbiota and fermentation. **Small Ruminant Research**, v. 159, p. 38-44, 2018.

ARCARI, M. A.; MARTINS, C. M. D. M. R.; TOMAZI, T.; DOS SANTOS, M. V. Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 1, p. 60-71, 2016.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCALLISTER, T. A.; DONG, Y.; FARR, B. I.; CHENG, K. J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 1, p. 236-246, 1994.

BOLZAN, I. T.; SANCHEZ, L. M. B.; CARVALHO, P. A.; VELHO, J. P.; DE LIMA, L. D., Morais, J.; CADORIN JUNIOR, R. L. Food intake and digestibility by sheep fed diets containing ground, whole or urea treated whole corn grains at three concentrate levels. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 229-234, 2007.

CARVALHO, B. F.; ÁVILA, C. L. S.; BERNARDES, T. F.; PEREIRA, M. N.; SANTOS, C. R. F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 122, n. 3, p. 589-600, 2017.

CALLISON, S. L.; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; HULL, B. L. Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 6, p. 1458-1467, 2001.

CASTRO, L. P.; PEREIRA, M. N.; DIAS, J. D.; LAGE, D. V.; BARBOSA, E. F.; MELO, R. P.; PEREIRA, R. A. Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 11, p. 9857-9869, 2019.

CENTRO DE ESTUDOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>. Acesso em: 06. jan. 2020.

CHEN, X. B.; ØRSKOV, E. R. Research on urinary excretion of purine derivatives in ruminants: past, present and future. In: MAKKAR, H. P. S.; CHEN, X. B. (Eds.) **Estimation of microbial protein supply in ruminants using urinary purine derivatives**. Dordrecht: Springer, 2004. p.180-210.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos. SAFRA 2017/18. Disponível em: http://www.conab.gov.br. Acesso em: 20 nov. 2019.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D., PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

COSTA, S. F.; PEREIRA, M. N.; MELO, L. Q.; CALIARI, M. V.; CHAVES, M. L. Lactate, propionate, and butyrate induced morphological alterations on calf ruminal mucosa and epidermis. II. Ultra-structurals aspects. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 10-18, 2008.

EMMANUEL, D. G. V.; MADSEN, K. L.; CHURCHILL, T. A.; DUNN, S. M., AMETAJ, B. N. Acidosis and lipopolysaccharide from Escherichia coli B: 055 cause hyperpermeability of rumen and colon tissues. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5552-5557, 2007.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. 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**, v. 96, n. 1, p. 533-550, 2013.

FERRARETTO, L. F.; FREDIN, S. M.; SHAVER, R. D. 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**, v. 98, n. 10, p. 7318-7327, 2015.

FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; ST-PIERRE, N. R.; NOFTSGER, S. M. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. suppl_E, p. E218-E238, 2001.

GALLO, S. B.; DE ALMEIDA MERLIN, F.; DE MACEDO, C. M.; DE OLIVEIRA SILVEIRA, R. D. Whole grain diet for feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 120, n. 2-3, p. 185-188, 2014.

GHOLAMI, M. A.; FOROUZMAND, M.; KHAJAVI, M.; HOSSIENIFAR, S.; Naghiha, R. Effect of different corn processing methods on enzyme producing bacteria, protozoa, fermentation and histomorphometry of rumen in fattening lambs. In **Veterinary Research Forum** (Vol. 9, No. 1, p. 43). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran, 2018.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J. A.; LEME, P. R.; LANNA, D. P. D., ALLEONI, G. F.; COUTINHO FILHO, J. L. V.; Sampaio, A. A. M. Feeding high moiture corn with different roughages for finishing young bulls. Performance and carcass traits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 183-190, 2007.

HOFFMAN, P. C.; ESSER, N. M.; SHAVER, R. D.; COBLENTZ, W. K.; SCOTT, M. P.; BODNAR, A. L.; SCHMIDT, R. J.; CHARLEY, R. C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2465-2474, 2011.

HUMER, E.; ZEBELI, Q. Grains in ruminant feeding and potentials to enhance their nutritive and health value by chemical processing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, p. 133-151, 2017.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 852-867, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário: número de estabelecimentos agropecuários com ovinos, efetivos, venda, produção de lã e produção de leite, por tipologia, condição do produtor em relação às terras e grupo de cabeças de ovinos**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#pecuaria>. Acesso em 06 jan. 2020

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal**: efetivo dos rebanhos (cabeças) Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em 10 jan. 2020

JUNGES, D.; MORAIS, G.; SPOTO, M. H. F.; SANTOS, P. S.; ADESOGAN, A. T.; NUSSIO, L. G.; DANIEL, J. L. P. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9048-9051, 2017.

KOTARSKI, S. F.; WANISKA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 178-190, 1992.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3.ed. 2ª reimpressão. Santa Maria, Editora da UFSM, 2019. 216p.

LAPIERRE, H.; LOBLEY, G. E. Nitrogen recycling in the ruminant: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. E223-E236, 2001.

LI, F.; YANG, X. J.; CAO, Y. C., LI, S. X.; YAO, J. H.; Li, Z. J.; SUN, F. F. Effects of dietary effective fiber to rumen degradable starch ratios on the risk of sub-acute ruminal acidosis and rumen content fatty acids composition in dairy goat. **Animal Feed Science and Technology**, v. 189, p. 54-62, 2014.

LIU, J.; XU, T.; ZHU, W.; MAO, S. High-grain feeding alters caecal bacterial microbiota composition and fermentation and results in caecal mucosal injury in goats. **British Journal of Nutrition**, v. 112, n. 3, p. 416-427, 2014.

LOY, D. D.; LUNDY, E. L. Nutritional properties and feeding value of corn and its coproducts. In: SERNA-SALDIVAR, S.O. (Ed.) **Corn**: chemistry and technology. AACC International Press, 2019. p.633-659.

MARINI, J. C.; KLEIN, J. D.; SANDS, J. M.; VAN AMBURGH, M. E. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 4, p. 1157-1164, 2004

McALLISTER, T. A.; CHENG, K.-J. Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 29-36, 1996.

METZLER-ZEBELI, B. U.; SCHMITZ-ESSER, S.; KLEVENHUSEN, F.; PODSTATZKY-LICHTENSTEIN, L.; WAGNER, M.; ZEBELI, Q. Grain-rich diets differently alter ruminal and colonic abundance of microbial populations and lipopolysaccharide in goats. **Anaerobe**, v. 20, p. 65-73, 2013.

MOMBACHET, M. A.; PEREIRA, D. H.; PINA, D. S.; BOLSON, D. C.; PEDREIRA, B. C. Silage of rehydrated corn grain. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 71, n. 3, p. 959-966, 2019.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

OLIVEIRA, L. S.; MAZON, M. R.; CARVALHO, R. F.; PESCE, D. M. C.; SILVA, S. D. L.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; GALLO, S. B.; LEME, P. R. Processing of corn grain on feedlot and rumen health in lambs. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1292-1298, 2015.

OLIVEIRA, L. S.; MAZON, M. R.; CARVALHO, R. F.; PESCE, D. M. C.; LUZ, E. S.; GALLO, S. B.; LEME, P. R. Effects of processing corn on the carcass traits and meat quality of feedlot lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 883-887, 2015.

OLIVEIRA, E. R.; TAKIYA, C. S.; DEL VALLE, T. A.; RENNÓ, F. P.; GOES, R. H. T. B.; LEITE, R. S. R.; OLIVEIRA, K. M. P.; BATISTA, J. D O.; ARAKI, H. M. C.; DAMIANI, J.; DA SILVA, M. S. J.; GANDRA, E. R. S.; PEREIRA, T. P.; GANDRA, J. R. Effects of exogenous amylolytic enzymes on fermentation, nutritive value, and in vivo digestibility of rehydrated corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 86-95, 2019.

ØRSKOV, E. R.; FRASER, C.; GORDON, J. G. Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time, and firmness of subcutaneous fat in lambs. **British Journal of Nutrition**, v. 32, n. 1, p. 59-69, 1974.

ØRSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1624-1633, 1986.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1634-1648, 1986.

OWENS, F. **Corn grain processing and digestion**. Johnston, IA: Pioneer Hi-Bred International, 2005. 21p.

PETRI, R. M.; FORSTER, R. J.; YANG, W.; McKINNON, J. J.; McALLISTER, T. A Characterization of rumen bacterial diversity and fermentation parameters in concentrate fed cattle with and without forage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 112, n. 6, p. 1152-1162, 2012.

PLASCENCIA, A; MARIA, A.V J. Influence of cracked, coarse grind, or fine grind of corn on digestion and rumen function in steers fed a 73% corn-based diet. **Journal Animal and Veterinary Advances**, v. 6, n. 1, p.118-122, 2007.

PLASCENCIA, A.; GONZÁLEZ-VIZCARRA, V. M.; LÓPEZ-SOTO, M. A.; MAY, D.; PUJOL, L. C.; RUIZ, G. F.; VEGA, S. H. Influence of cracked, coarse ground or fine ground corn on digestion, dry matter intake and milk yield in Holstein cows. **Journal of Applied Animal Research**, v. 35, n. 2, p. 149-154, 2009.

PRATT, R. C.; PAULIS, J. W.; MILLER, K.; NELSEN, T.; BIETZ, J. A. Association of zein classes with maize kernel hardness. **Cereal Chemistry**, v. 72, n 2, p. 162-167, 1995.

REMOND, D.; CABRERA-ESTRADA, J. I.; CHAMPION, M.; CHAUVEAU, B.; COUDURE, R.; PONCET, C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 5, p. 1389-1399, 2004.

RUSSELL, J. B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca: Cornell University, Department of Microbiology, 2002. 120p.

SAYLOR, B. A.; CASALE, F.; SULTANA, H.; FERRARETTO, L. F. 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**, v. 103, n. 1, p. 379-395, 2020.

SILVA, N. C. da; NASCIMENTO, C. F.; CAMPOS, V. M.; ALVES, M. A., RESENDE, F. D.; DANIEL, J. L.; SIQUEIRA, G. R. 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**, v. 251, p. 124-133, 2019.

SUN, Y. Y.; CHENG, M.; XU, M.; SONG, L. W.; GAO, M.; HU, H. L. The effects of subacute ruminal acidosis on rumen epithelium barrier function in dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 169, p. 1-7, 2018.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: Site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 4, p. 1413-1424, 2005.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1649-1662, 1986.

VARGAS JR., F. M.; BONNECARRERE SANCHEZ, L. M.; WECHSLER, F. S.; BIANCHINI, W.; OLIVEIRA, M. V. M. Effects of corn grain processing on digestibility of diets and performance of calves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2056-2062, 2008.

ZHOU, J. W.; MI, J. D.; DEGEN, A. A.; GUO, X. S.; WANG, H. C.; DING, L. M.; QIU, Q.; LONG, R. J. Apparent digestibility, rumen fermentation and nitrogen balance in Tibetan and fine-wool sheep offered forage-concentrate diets differing in nitrogen concentration. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 6, p. 1135, 2015.

II. OBJETIVO GERAL

Objetivou-se avaliar os processamentos de milho nas formas de grão seco inteiro, quirela, fubá e moído reidratado e ensilado, em dietas para ovinos.

2.1 Objetivos específicos

Avaliar os efeitos das dietas experimentais com diferentes processamentos de milho sobre consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana em ovinos.

Comparar a degradabilidade *in situ* da matéria seca do milho seco vs milho moído reidratado e ensilado.

Analisar o pH e nitrogênio amoniacal do rúmen de ovinos, em função do processamento do milho.

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e animais

Os procedimentos realizados com os animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Santa Cruz, com o número de protocolo 025/19.

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Santa Cruz – Campus Soane Nazaré, no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes (LaPNAR), em Ilhéus/BA.

Foram utilizados oito ovinos (quatro portadores de cânula ruminal), machos castrados, mestiços Dorper-Santa Inês, com peso corporal (PC) e idade médios de 35,98 ± 8,71 kg e 210 dias, respectivamente. Os animais foram identificados, vermifugados e confinados em galpão coberto e alojados em gaiolas metabólicas suspensas individuais (1,20 m x 0,80 m), com piso ripado, equipadas com comedouro e bebedouro individuais.

O delineamento experimental foi em quadrado latino 4 x 4 duplo, com quatro dietas e quatro períodos experimentais (15 dias cada). Além disso, houve 15 dias extras que antecederam o início do 1º período, quando ocorreu a adaptação do animal às gaiolas metabólicas. Dessa forma, os primeiros 12 dias de cada período de coleta foram destinados à adaptação dos animais à dieta e os três últimos dias, à coleta de dados, perfazendo 75 dias total de confinamento.

3.2. Dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas para atender à exigência de ganho médio diário de 200 g/dia, de acordo com o NRC (2007). As dietas experimentais diferiram apenas quanto à forma de fornecimento do milho grão: inteiro, passado em máquina sem peneira (quirela), moído a 3 mm (fubá) e moído a 3 mm reidratado e ensilado (MMRE). O volumoso consistiu de silagem de milho planta inteira e o concentrado, de farelo de soja, bicarbonato, ureia, calcário calcítico e premix mineral, além de milho (Tabela 1).

Para a produção do MMRE, 10 kg de milho foram moídos em peneira com crivo de 3 mm e, posteriormente, umedecidos com 4 L de água para atingir aproximadamente 350 g kg $^{-1}$ de umidade (Rezende et al., 2014), ou seja, para cada kilo de milho na matéria natural foram adicionados 400 mL de água. Posteriormente, essa mistura foi

transferida para um tambor de plástico com capacidade de 200 litros, onde as camadas foram compactadas de forma a completar o recipiente até sua vedação. Os tambores foram armazenados em galpão coberto por 120 dias, para posterior abertura antes de cada período experimental.

Tabela 1 - Proporção e composição química das dietas totais, em função do tipo de fornecimento de milho nas dietas experimentais para ovinos

Item	Dieta						
	Grão	Quirela	Fubá	MMRE	Silagem milho	Milho	MMRE
Proporção dos ingredientes[1]							
Silagem de milho	160,0	160,0	160,0	160,0			
Farelo de soja	138,4	138,4	138,4	138,4			
Milho grão	673,0	-	-				
Milho quirela	-	673,0					
Milho fubá	-	-	673,0	-			
MMRE	-	-	-	673,0			
Ureia pecuária	5,0	5,0	5,0	5,0			
Premix mineral[2]	7,0	7,0	7,0	7,0			
Calcário calcítico	14,6	14,6	14,6	14,6			
Bicarbonato de sódio	2,0	2,0	2,0	2,0			
Composição químico-bromatológica das dietas totais[1]							
Matéria seca	791,3	791,3	791,3	602,2	320,3	877,4	596,3
Matéria orgânica	947,2	947,2	947,2	951,5	953,4	981,5	987,9
Extrato etéreo	28,4	28,4	28,4	33,5	24,9	31,8	39,4
Proteína bruta	151,7	151,7	151,7	144,8	99,9	85,5	75,2
FDNcp[3]	166,0	166,0	166,0	92,3	537,0	118,6	76,7
Carboidratos não fibrosos	601,0	601,0	601,0	680,9	291,5	745,5	796,6
Carboidratos totais	767,0	767,0	767,0	773,2	828,5	864,1	873,4
Energia bruta (MJ/kg MS)	18,0	18,0	18,0	18,2	17,7	18,3	18,5

[1] g/kg MS; MG - milho grão, MQ - milho quirela, MF - milho fubá, MMRE - milho moído, reidratado e ensilado, MMRE - milho moído, reidratado e ensilado.

[2] Composição do premix mineral, cálcio, 160 g/kg; fósforo, 16 g/kg; enxofre, 36 g/kg; magnésio 20 g/kg, potássio 34 g/kg; sódio, 56 g/kg; cobalto 8 mg/kg; cobre, 540 mg/kg; cromo, 6,7 mg/kg; iodo 27,5 mg/kg; manganês 1.070mg/kg; selênio, 6,7 mg/kg; zinco, 2.000 mg/kg; vitamina A, 168.000 U.I/kg, vitamina D3, 17.000 U.I/kg; vitamina E; biotina, 90 mg/kg; amilase, 11.400 KNU/kg; D-limonese, 3000 mg/kg; *Saccharomyces cerevisiae*, 2,7x10e9 UFC/kg; Flúor, 160 mg/kg.

[3] Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

A distribuição do tamanho das partículas do milho grão seco, moído e silagem foi determinada em agitador eletromagnético Bertel ajustando-se o equipamento vibratório a 80% por 10 minutos (Tabela 2). A silagem de milho moído e reidratado foi pré-seca em estufa (60°C) por 72 horas (AOAC, 1995). Alíquotas de 1 kg foram divididas em três sub-amostras de cada granulometria, que foram colocadas em peneiras com o seguinte ordenamento: 2.000, 1.000, 840, 500, 250 e 53 µm. A proporção das partículas, o diâmetro geométrico médio e o desvio-padrão geométrico foram determinados por meio de desvio-padrão geométrico calculado de acordo com as equações de Zanotto et al. (1995).

Tabela 2 - Distribuição do tamanho das partículas do milho nas dietas experimentais

Item	Processamento do milho			
	Grão	Quirela	Fubá	MMRE
Tamanho [µm]				
> 2000	987,0	746,0	206,0	367,0
> 1000	5,0	129,0	425,0	412,0
> 840	1,0	14,0	39,0	34,0
> 500	3,0	47,0	163,0	115,0
> 250	3,0	37,0	147,0	55,0
> 53	2,0	27,0	20,0	18,0
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
DGM µm	2146,0	1702,0	1033,0	1315,0
DPG µm	1,2	1,1	2,0	1,9

Quantidade em g kg^{-1} retida nos tamanhos das respectivas peneiras.
DGM - diâmetro geométrico médio.
DPG - desvio-padrão geométrico.

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (7 e 13h), permitindo-se sobra de 10% na matéria natural, com água à vontade. Amostras de alimentos fornecidos e sobras foram coletadas entre o 13º e 15º dia de cada período, armazenadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e congeladas a -20°C, para posteriores análises laboratoriais. As amostras de fezes foram coletadas entre o 13º e 15º de cada período.

Amostras de alimento fornecido, sobras e fezes foram pré-secas em estufa (60ºC) por 72 horas (AOAC, 1995) e, após, processadas em moinho tipo Willey (1 mm), acondicionadas em sacos plásticos identificados e fechados.

Os teores de matéria seca – MS (número 930,15), matéria orgânica – MO (número 942,05), proteína bruta - PB (6.25×N; número 954,01) e extrato etéreo - EE em amostras

de alimento fornecido, sobras e fezes foram determinados de acordo com AOAC (1995). Em todas as análises para avaliação de fibra em detergente neutro (FDN), utilizou-se alfa-amilase termoestável para correção de cinza residual (Mertens, 2002). A correção de FDN para os compostos nitrogenados e a estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). O teor de carboidratos totais (CT) foi determinado por meio da equação: (CT) = 100 - CNF + FDNcp, em que CNF é carboidratos não fibrosos e FDNcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, e o de carboidratos não-fibrosos, CNF = (100 –FDNcp – PB – EE– MM), segundo Hall (2003).

Foram calculados os valores de energia digestível energia metabolizável, conforme o NRC (2001): ED (MJ/dia) = ((CNF-d/100) * 4,2 + (FDN-d/100) * 4,2 + (PB-d/100) * 5,6 + (EE-d/100) * 9,4)) *4,184.

3.3. Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

O consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes foram mensurados do 13º ao 15º dia de cada período experimental. Inicialmente, foram pesadas e coletadas as amostras do alimento fornecido e das sobras diárias e, posteriormente, determinada a composição química para o cálculo do consumo dos nutrientes.

Foi realizada coleta de fezes para determinação da digestibilidade aparente *in vivo*, utilizando-se bolsas de couro adaptadas ao tamanho de cada animal, do 13º ao 15º dia do período. As bolsas foram esvaziadas e pesadas 24 horas após o fornecimento da alimentação matinal, somando 24 horas de coleta total. Foram coletados 10% do peso de cada amostra, que foi armazenada em sacos plásticos e congelada em freezer a -20°C, para análises posteriores. Alíquotas da amostra total de cada dia de coleta (três dias) foram retiradas para compor uma amostra composta. As amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada (60ºC, 72 horas) e processadas em moinho de facas tipo Willey (1 mm), para análises (AOAC, 1995). As digestibilidades aparentes dos nutrientes foram calculadas de acordo com os coeficientes de digestibilidade (CD), propostos por Sniffen et al. (1992): CD = (Nutriente ingerido(g)- Nutriente fezes(g)) / Nutriente ingerido(g), considerando-se a diferença do que foi consumido pelo que foi excretado nas fezes.

3.4. Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos animais foi avaliado por 24 horas, em intervalos de 10 minutos (De et al., 2018), sob iluminação artificial no período noturno, conforme metodologia de Martin & Bateson (1993). O período de observação iniciou-se no 13º dia às 7h e finalizou às 7h do dia seguinte As atividades merícicas avaliadas (alimentação, ruminação e ócio) foram contabilizadas três vezes em cada período do dia: manhã, tarde e noite. A média do número de mastigações por bolo ruminal e a média do tempo despendido de mastigação merícica por bolo ruminal foram contabilizadas por cronômetro digital.

Eficiência de alimentação (g MS/h), CMS (g MS/dia), consumo de MS, tempo de alimentação (h/dia), eficiência de ruminação (g MS/h; g FDN/h), tempo de ruminação (h/dia), tempo de mastigação total (h/dia), número de bolos ruminais (nº/dia), mastigação total (min/kg MS) e mastigação total (min/kg FDNcp) foram estimados de acordo com Bürger et al. (2000).

3.5. Coleta de urina e sangue

A coleta total de urina para análise foi realizada do 13º ao 14º dia do período. Foram colocados baldes com 100 mL de ácido sulfúrico a 8N abaixo de cada gaiola metabólica, para evitar a destruição bacteriana de derivados de purina na urina. Após 24 horas, a urina dos baldes foi homogeneizada, retirando-se alíquotas de 10% do volume de cada animal, que foram armazenadas em freezer para análises posteriores de nitrogênio, alantoína, ácido úrico e xantina hipoxantina. O volume urinário foi mensurado pela pesagem média da urina total nos três dias de coleta (Chen & Gomes, 1992).

O sangue foi coletado pela veia jugular no 13º dia, nos quatro períodos experimentais, quatro horas após o fornecimento da alimentação em tubos Vacutainer® sem anticoagulante. O sangue foi centrifugado a 3.500 rpm por 15 minutos e o soro, armazenado em *eppendorf* e congelado para posterior análise de ureia.

As análises de sangue e urina, para determinação de ureia e ácido úrico e suas respectivas concentrações, foram realizadas por kits comerciais (Bioclin®). Os valores de ureia foram convertidos em nitrogênio ureico pela multiplicação dos valores obtidos por 0,4667 (Bioclin®). Derivados de purina (alantoína, xantina e hipoxantina) foram determinados nas amostras de urina pelo método espectrofotométrico colorimétrico, proposto e descrito por Chen & Gomes (1992). A excreção total de derivados de purina

totais (DP) foi calculada considerando-se os valores de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretadas na urina (mmol/dia). As purinas microbianas absorvidas (Pabs) foram calculadas com relação à excreção de derivados de purina totais (PT) na urina, utilizando-se a equação proposta por Chen & Gomes (1992), para ovinos: Pabs = 0,84PT + (0,150 $PC^{0.75}$ $exp^{-0,25PT}$), em que $PC^{0,75}$ é o peso metabólico do animal. O teor de nitrogênio microbiano (NM) foi calculado pela equação proposta por Chen & Gomes (1992) para ovinos: N microbiano(g/dia) = PT(mmol/dia)*70*0,83*0,116*1000, em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (70 mgN/mmol); 0,83, a digestibilidade intestinal das purinas microbianas; e 0,116, a relação de N-purina/ N- total na massa microbiana.

O balanço de nitrogênio (BN) foi calculado como a diferença entre a ingestão de nitrogênio e o nitrogênio excretado na urina e nas fezes. O teor de nitrogênio total foi quantificado pelo método de Kjeldhal (AOAC, 1995).

3.6. Degradabilidade ruminal da matéria seca do milho

Para estimativa da degradabilidade de MS ruminal do milho e do MMRE, foram utilizados três ovinos Dorper x Santa Inês fistulados no rúmen e alimentados com dietas semelhantes à desta pesquisa. As amostras foram pré-secas por 72 horas em estufa de circulação forçada e processadas em moinho (2 mm). Após, foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT - 100 g/m²) com 5 x 5 cm de área livre e porosidade conhecida de 52 μm, conforme recomendação de Casali et al. (2008). Foram pesados aproximadamente 2,0 g, respeitando-se a relação de 20 mg cm^{-2}, nos tempos de 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas (Nocek, 1988). Depois de retirados do rúmen, os sacos com amostra foram lavados em água corrente até a água sair limpa e, então, levados à estufa para determinação da matéria seca.

A degradabilidade potencial da MS e os parâmetros da cinética da degradabilidade ruminal foram estimados segundo modelo proposto por Ørskov & McDonald (1979), de acordo com a fórmula: DP = a + b ($1 - e^{-c \times t}$), em que "DP" é degradabilidade potencial; "a", fração solúvel em água; "b", fração potencialmente degradável; "c", taxa de degradação da fração "b" (h^{-1}); e "t", tempo de incubação (h). A degradabilidade efetiva das dietas foi calculada pela fórmula: DE = a + (b × c) /(c + k), em que "k" é a taxa de passagem (Ørskov & McDonald, 1979). As taxas de passagem utilizadas foram de 2, 5 e 8% h^{-1}, para o cálculo da degradabilidade efetiva (AFRC, 1993).

3.7. Parâmetros ruminais

Para determinar os parâmetros ruminais de pH e nitrogênio amoniacal, foram realizadas coletas do líquido ruminal, no 15º dia do período experimental, em quatro ovinos portadores de cânula ruminal, às 0, 2, 4, 6 e 8 horas pós-alimentação. Durante a coleta do líquido de rúmen, foi realizada a amostragem na parte ventral com alíquotas de aproximadamente 50 mL e imediatamente mensurado o pH com potenciômetro de bancada. Posteriormente, 40 mL da amostra foram filtradas em três camadas de gaze e acidificadas em 1 mL de ácido sulfúrico 1:1 para cessar a fermentação (Reis et al., 2016). As amostras foram armazenadas a -20ºC, descongeladas e centrifugadas a 3.000 rpm. Logo após, 2 mL do sobrenadante foram pipetados para determinação da concentração de $N\text{-}NH_3$, mediante destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N, descrita por Fenner (1965).

3.8. Análise estatística

Os dados foram analisados por intermédio do modelo matemático:

$$Yijk = m + Ai + Pj + Ck + eijk,$$

em que Yijk é observação do efeito da dieta k, no período j, no animal i; m, média geral; Ai, efeito do animal i; Pj, efeito do período j; Ck, efeito da dieta k; eijk, erro aleatório associado a cada observação. Adotou-se o nível de 0,05 de probabilidade para o erro do tipo I. Quando significativo, foi realizado teste Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de pH e $N\text{-}NH_3$ foram analisados como medidas repetidas no tempo e, quando ocorreu interação com o tempo, foi realizada a interação das dietas dentro de cada tempo.

IV. RESULTADOS

4.1. Consumo e digestibilidade

A forma de fornecimento do milho nas dietas não interferiu (P>0,05) no consumo de MS (g/d, g/kg PC e g/kg $PC^{0,75}$), MO, PB, EE e CNF (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo e coeficientes de digestibilidade aparente de nutrientes, em função do processamento de milho nas dietas experimentais para ovinos

Item	Processamento do milho				EPM	Valor de P
	Grão	Quirela	Fubá	MMRE		
Ingestão de nutrientes						
Matéria seca [g/d]	857,1	1005,3	940,7	877,1	53,5	0,158
Matéria seca [g/kg PC]	25,3	29,2	28,0	26,0	1,9	0,076
Matéria seca [g/kg $PC^{0,75}$]	60,8	70,4	67,1	62,4	4,3	0,087
Matéria orgânica [g/d]	825,3	961,8	899,0	844,1	51,0	0,181
Proteína bruta [g/d]	127,0	151,6	144,7	128,1	8,1	0,084
Extrato etéreo [g/d]	24,9	27,4	26,1	28,5	0,2	0,447
Fibra em detergente neutro [g/d][1]	$147,6^{bc}$	$182,6^{a}$	$168,9^{ab}$	$139,3^{c}$	8,3	0,002
Carboidratos não fibrosos [g/d]	525,8	600,2	559,3	548,3	33,6	0,416
Digestibilidade [g/g]						
Matéria seca	0,867	0,879	0,844	0,849	0,012	0,063
Matéria orgânica	$0,880^{ab}$	$0,891^{a}$	$0,858^{b}$	$0,863^{ab}$	0,011	0,039
Proteína bruta	$0,836^{ab}$	$0,849^{a}$	$0,811^{ab}$	$0,803^{b}$	0,016	0,020
Extrato etéreo	0,884	0,891	0,839	0,858	0,012	0,162
Fibra em detergente neutro	$0,747^{ab}$	$0,790^{a}$	$0,768^{ab}$	$0,718^{b}$	0,011	0,006
Carboidratos não fibrosos	0,938	0,945	0,930	0,936	0,006	0,357
Ingestão de frações digestíveis [g/d]						
Proteína bruta	$104,0^{ab}$	$128,1^{a}$	$115,0^{ab}$	$99,7^{b}$	6,2	0,022
Extrato etéreo	22,3	24,4	21,6	24,2	1,8	0,596
Fibra em detergente neutro[1]	$112,4^{b}$	$146,0^{a}$	$131,5^{ab}$	$101,5^{b}$	7,9	0,001
Carboidratos não fibrosos	489,9	564,9	516,3	509,9	30,6	0,355
Energia digestível (MJ/d)	$4,5^{ab}$	$6,4^{a}$	$5,2^{ab}$	$4,1^{b}$	0,5	0,021

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.
EPM - erro-padrão da média.
[1] Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Observou-se maior consumo de FDNcp em dietas com milho quirela, a qual diferiu (P<0,05) das dietas com milho grão e MMRE, porém as dietas com milho fubá

não diferiram (P>0,05) daquelas com milho quirela e das com milho grão. As dietas com milho grão, por sua vez, não diferiram (P>0,05) das dietas com MMRE.

As dietas experimentais não influenciaram (P>0,05) os coeficientes de digestibilidade de MS, EE e CNF e nem as frações digestíveis de EE e CNF. Contudo, observou-se que a forma de fornecimento do milho nas dietas interferiu (P<0,05) nos coeficientes de digestibilidade de MO, PB e FDNcp, bem como nas frações digestíveis de PB e FDNcp. Verificou-se que as dietas com milho quirela apresentaram digestibilidade de MO 3,7% maior (P<0,05) que as dietas com milho fubá. Todavia, as dietas com milho quirela não diferiram (P>0,05) na digestibilidade da MO para as dietas com milho grão e MMRE, sendo que estas últimas não diferiram (P>0,05) das dietas com milho fubá.

Observou-se que a forma de processamento do milho nas dietas experimentais interferiu (P<0,05) de forma semelhante nos resultados da digestibilidade de PB e FDNcp, além da fração digestível de PB e ED. As dietas com milho quirela apresentaram 5,4 e 9,1% maior digestibilidade da PB e FDNcp, respectivamente, além de 22,2 e 35,9% maior fração digestível da PB e da ED, em comparação às dietas com MMRE. Contudo, as dietas com milho quirela não diferiram (P>0,05) nestes resultados para as dietas com milho grão e milho fubá, sendo que estas últimas não diferiram (P>0,05) das dietas com MMRE.

Dietas com milho quirela apresentaram fração digestível de FDN 23 e 30,5% maior (P<0,05) que as dietas com milho grão e MMRE, respectivamente, porém não diferiram (P>0,05) da dieta com milho fubá, sendo que esta última dieta não diferiu (P>0,05) das demais.

4.2. Comportamento ingestivo

O tempo gasto nas atividades de alimentação, ruminação e ócio não foi afetado (P>0,05) pelo tipo de fornecimento do milho nas dietas. As dietas não influenciaram as eficiências de alimentação e ruminação, nem as variáveis número de bolos, número de mastigação, mastigação total (h/dia) e mastigação total (min/kgms). No entanto, o tipo de processamento do milho interferiu (P=0,023) na mastigação total (min/kgFDNcp) (Tabela 4).

Tabela 4 - Comportamento ingestivo, em função do processamento de milho nas dietas experimentais para ovinos

Item	Processamento do milho				EPM	Valor de P
	Grão	Quirela	Fubá	MMRE		
Tempo gasto [h/dia]						
Alimentação	2,3	2,2	1,9	2,7	0,3	0,425
Ruminação	3,7	4,0	3,8	3,4	0,3	0,768
Ócio	18,0	17,8	18,3	17,9	0,4	0,845
Eficiência [g/hora]						
Alimentação matéria seca	478,0	757,7	654,2	424,3	81,3	0,175
Alimentação FDNcp	91,7	134,2	121,2	79,1	16,1	0,088
Ruminação matéria seca	267,5	288,1	300,4	284,7	22,8	0,926
Ruminação FDNcp	46,4	52,3	54,6	48,2	4,0	0,764
Mastigação						
Nº bolos ruminados [nº bolos/dia]	247,0	253,9	254,2	263,4	22,6	0,980
Nº de mastigação [nº mastigação/ dia]	7986,0	8937,6	9428,8	8660,1	800,8	0,712
Mastigação total [h/dia]	6,0	6,2	5,7	6,1	0,4	0,845
Mastigação total [min/kg MS]	414,5	372,1	358,4	430,7	126,2	0,395
Mastigação total [min/kg FDNcp]	2386,6[ab]	2004,8[ab]	1994,6[b]	2555,0[a]	21,0	0,023

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.
FDNcp - fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.
EPM - erro-padrão da média.
MMRE - milho moído reidratado e ensilado.

Notou-se que dietas com MMRE tiveram tempo de mastigação total (min/kg FDNcp) 22% maior que dietas contendo o milho quirela. Todavia, as dietas com milho fubá não diferiram (P>0,05) das dietas com milho grão e quirela, sendo que estas últimas também não diferiram (P>0,05) das dietas com milho fubá.

4.3. Metabolismo de nitrogênio

As dietas experimentais não influenciaram (P>0,05) o consumo de nitrogênio, nem a excreção de N fecal, o N urinário, N retido (g/dia e %N consumido) e N ureico no sangue, com valores médios de 22,1; 4,5; 5,1; 13,2 (g/dia); 59,2%; e 14 mg/dL. Entretanto, as formas de processamento do milho influenciaram (P<0,05) a absorção de nitrogênio (g/dia) e N absorvido (% N ingerido) (Tabela 4). As dietas contendo milho quirela foi 22 e 6% maior (P<0,05) para nitrogênio absorvido (g/dia) e N absorvido (% N ingerido), respectivamente, que dietas contendo MMRE, mas não diferiram (P>0,05) das

dietas com milho grão e fubá, assim como as duas últimas não diferiram (P>0,05) das dietas com MMRE (Tabela 5).

Tabela 5 - Balanço de nitrogênio, em função do processamento de milho nas dietas experimentais para ovinos

Item	Processamento do milho				EPM	Valor de P
	Grão	Quirela	Fubá	MMRE		
Nitrogênio (g/d)						
N consumido	20,3	24,3	23,2	20,5	1,3	0,084
Excreção de N (g/d)						
N fecal	3,7	3,8	4,8	4,5	0,5	0,116
N urinário	3,7	5,6	5,4	4,4	0,6	0,180
Balanço de N (g/d)	7,4	9,4	10,2	8,9	0,9	0,161
N absorvido	16,6[ab]	20,5[a]	18,4[ab]	15,9[b]	1,0	0,022
N retido	12,9	14,9	13,0	11,6	0,8	0,151
Balanço de N (% N consumido)						
N absorvido	83,6[ab]	84,9[a]	81,1[ab]	80,3[b]	1,6	0,020
N retido	65,2	64,0	58,2	57,4	2,4	0,140
NUS (mg/ dL)	12,7	16,0	14,9	12,4	0,9	0,099

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

EPM - erro-padrão da média; MMRE - milho moído reidratado e ensilado; NUS - N ureico sangue.

As dietas com diferentes processamentos do milho não modificaram (P>0,05) o volume urinário, a excreção de purinas totais, as purinas absorvidas, o nitrogênio microbiano e a PB microbiana (Tabela 6), mas influenciaram (P=0,022) a eficiência microbiana. Dessa forma, as dietas com milho quirela aumentaram (p<0,05) em 54% a eficiência microbiana em relação a dietas com o grão inteiro, no entanto, constatou-se que os valores das dietas com milho quirela não diferiram (P>0,05) das dietas com milho fubá e MMRE, assim como os resultados destas duas últimas dietas não diferiram (P>0,05) da dieta com milho grão (Tabela 6).

Tabela 6 - Excreção urinária de derivados de purina e eficiência microbiana, em função do processamento de milho nas dietas experimentais para ovinos

Item	Processamento do milho				EPM	Valor de P
	Grão	Quirela	Fubá	MMRE		
Volume urinário [mL/dia]	912,0	889,9	1381,1	957,5	0,2	0,609

PT [mmol/dia]	9,2	9,7	15,2	13,3	2,0	0,497
Pabs [mmol/dia]	9,5	10,2	17,1	14,8	2,4	0,427
N microbiano [g/dia]	6,9	7,4	12,4	10,8	1,7	0,427
PB microbiana [g/dia]	46,1	48,8	79,4	65,1	10,7	0,427
Eficiência microbiana						
PBMic/kgNDT	70,5[b]	152,1[a]	102,0[ab]	111,8[ab]	14,6	0,022

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.
EPM - erro-padrão da média; MMRE - milho moído reidratado e ensilado; PT - purinas totais excretadas; Pabs - purinas absorvidas; PBMic - proteína bruta microbiana.

4.4. Degradabilidade

O milho fubá diferiu (P<0,0001) do MMRE quanto à fração solúvel “a”, fração “b”, taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável “c”, degradabilidade efetiva (2, 5 e 8%) e degradabilidade potencial. O tipo de processamento influenciou (P=0,0019) a diferença da fração indigestível (Tabela 7).

Tabela 7 - Parâmetros do modelo de degradabilidade da matéria seca, em função do milho seco e da silagem reidratada

Item	Processamento do milho		EPM	Valor de P
	Fubá	MMRE		
a %	17,01	56,27	8,78	<,0001
b %	69,27	34,86	7,70	<,0001
c %	0,01	0,08	0,02	<,0001
DE 2%/h	44,80	84,37	8,85	<,0001
DE 5%/h	31,65	78,04	10,37	<,0001
DE 8%/h	26,95	74,04	10,53	<,0001
DP 48h	49,87	90,49	9,08	<,0001
I %	13,72	8,86	1,13	0,0019

MMRE - milho moído reidratado e ensilado; EPM - erro-padrão da média; a - fração solúvel; b - fração insolúvel potencialmente degradável; c - taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável b; DE - degradabilidade efetiva; kp - taxas de passagem em 2, 5, 8% h^{-1}; DP48h - degradabilidade potencial em 48 horas de incubação *in situ*; I - fração indigestível.

Observou-se que o processamento na forma de MMRE aumentou (P<0,001) em 230% a fração “a”, reduziu em 99% a fração “b” e foi 700% maior para a taxa de degradação da fração solúvel “c”, quando comparado ao milho fubá. Além disso, o MMRE aumentou (P<0,001) 88, 147 e 175% para as degradabilidades efetivas nas taxas de passagem a 2, 5 e 8 %/h. A degradabilidade efetiva do milho fubá foi 81% inferior (P<0,001) quando comparado ao MMRE (Tabela 7).

A degradação da MS do milho fubá e MMRE foi de 60 e 91%, respectivamente, em 72 horas de incubação (Figura 1).

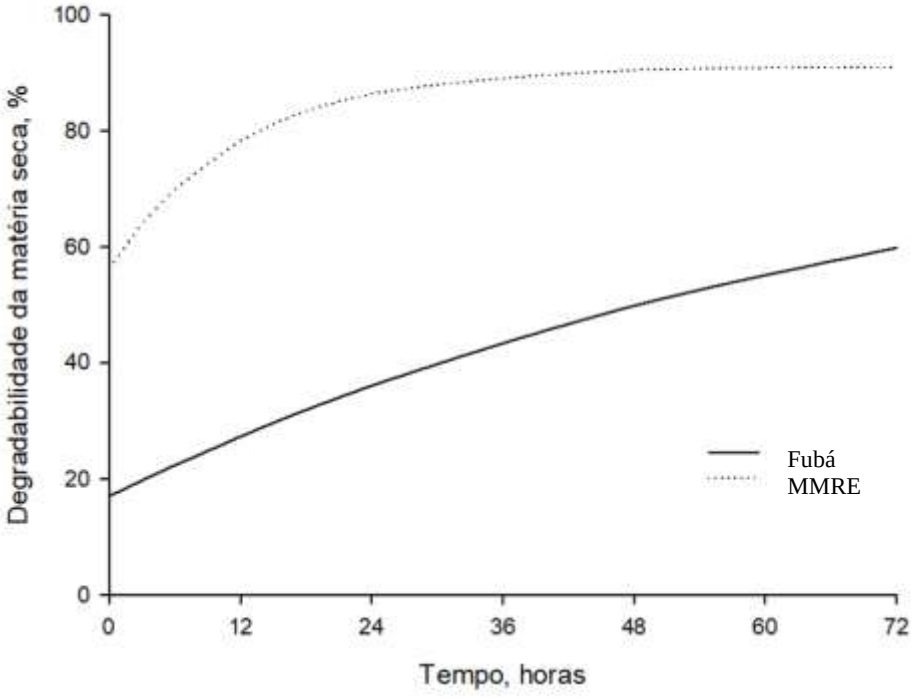

Figura 1 - Degradabilidade *in situ* da matéria seca do milho moído seco (fubá) em relação ao MMRE - milho moído reidratado e ensilado.

O processo de ensilagem do milho aumentou a degradação da MS em comparação à moagem fina.

4.5. Parâmetros ruminais

Para o nitrogênio amoniacal, não houve interação (P>0,8253) do tipo de fornecimento do milho × tempo, além de não existir (P>0,05) modificação das concentrações entre os processamentos das dietas. (Tabela 8). Contudo, houve interação (0,0199) de tipo de processamento do milho × tempo (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios de pH e nitrogênio amoniacal, em função do tempo nas dietas experimentais de ovinos

Item		pH	$N\text{-}NH_3$
Processamento do milho (PM)	Grão	5,77	28,18
	Quirela	5,88	27,86
	Fubá	5,85	27,43
	MMRE	5,42	24,53
Tempo	0	6,15	27,09
	2	5,66	27,18
	4	5,69	25,58
	6	5,67	28,42
	8	5,48	26,74
EPM		0,05	1,79
Valor de P	PM	0,1918	0,9455
	Tempo	<,0001	0,9598
	Interação	0,0199	0,8253

EPM: erro-padrão da média; MMRE - milho moído reidratado e ensilado.

Por consequência, obtiveram-se as equações para estimativas do pH, em função dos tempos. As equações para estimativas do pH foram $\hat{Y}_{GRÃO} = 5{,}7725$; $\hat{Y}_{QUIRELA} = 6{,}119 - 0{,}0605*Tempo$ ($r^2 = 0{,}94$); $\hat{Y}_{FUBÁ} = 6{,}24032 - 0{,}3868*Tempo + 0{,}0917*Tempo^2 - 0{,}00654*Tempo^3$ ($R^2 = 0{,}99$); $\hat{Y}_{MMRE} = 6{,}29786 - 0{,}94744*Tempo + 0{,}23223*Tempo^2 - 0{,}01667*Tempo^3$ ($R^2 = 0{,}97$) (Figura 2).

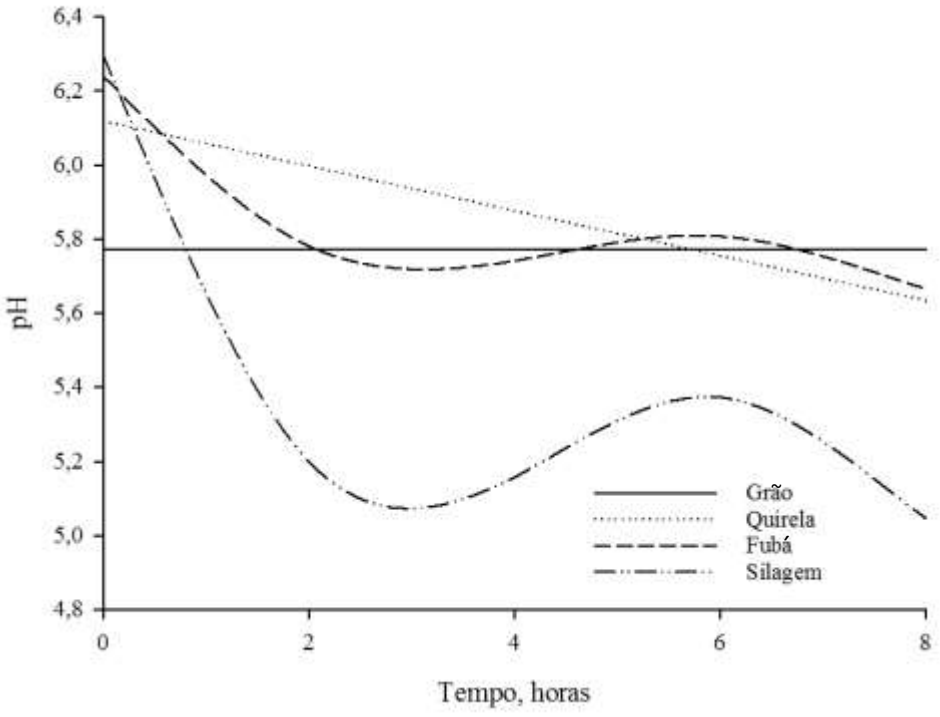

Figura 2 - Estimativa dos valores de pH nos intervalos de tempo.

A interação das dietas dentro de cada tempo não diferiu (P>0,05) para 0 e 6 horas, porém teve influência (P<0,05) dentro dos tempos de 2, 4 e 8 horas após a alimentação (Figura 3).

Observou-se que, nos tempos de 2 e 4 horas, dietas com milho quirela tiveram maior pH (P<0,05), com 0,8 e 0,73 a mais na escala, respectivamente, quando comparado com o MMRE, mas não diferiram (P>0,05) das outras dietas. Assim, para o tempo de 4 horas, o milho grão e fubá permaneceram iguais (P<0,05) ao MMRE.

Dessa forma, no tempo de 8 horas, o milho grão apresentou pH mais alto (P<0,05) em relação ao MMRE, sendo acrescido 0,72 na escala, mas não diferiu (P>0,05) do milho quirela e fubá, que para estas dietas também se mostraram iguais (P>0,05) entre si. Contudo, o milho grão permaneceu igual ao MMRE (P>0,05).

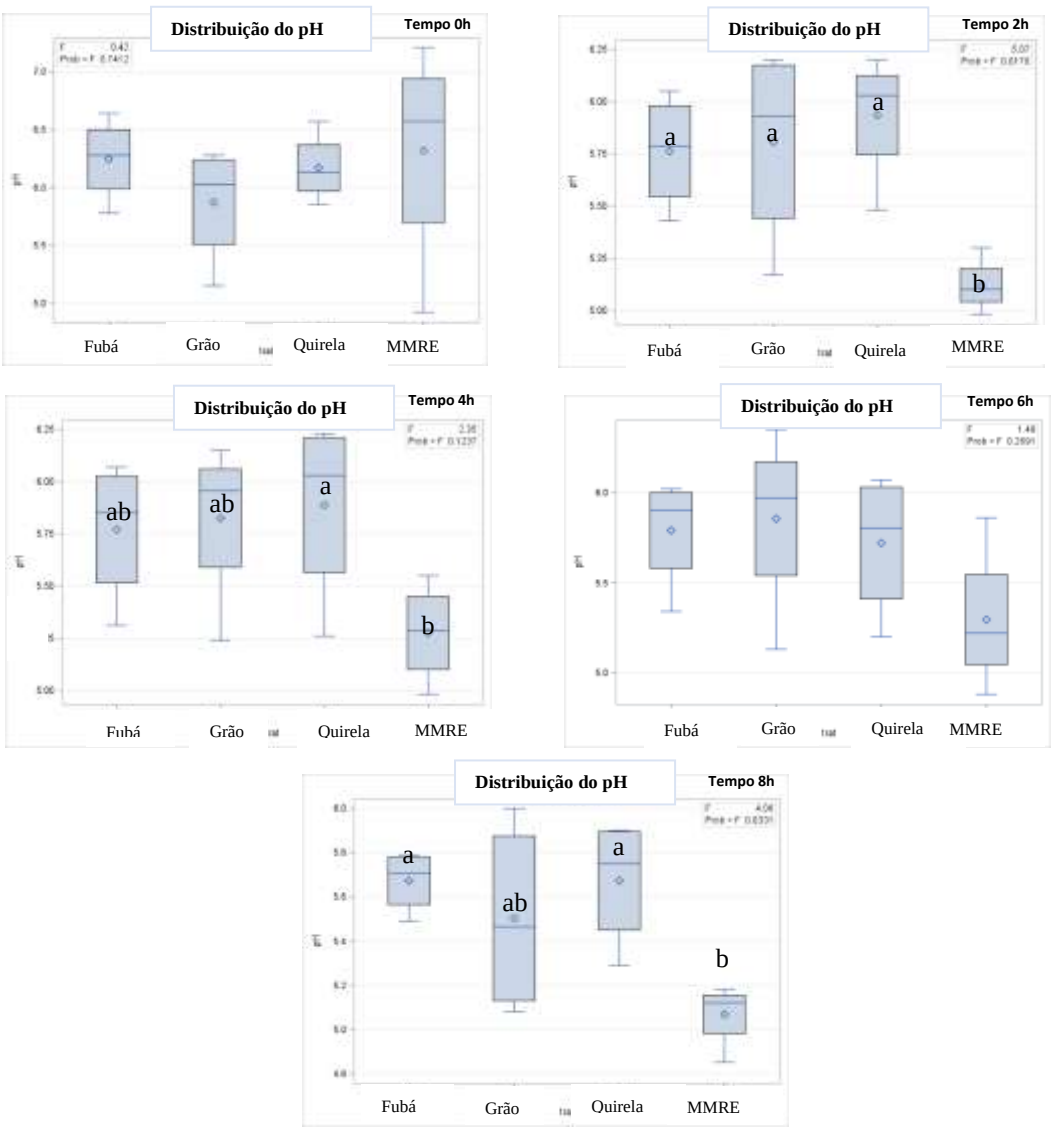

Figura 3 - Desdobramento da interação de pH dentro dos tempos, em função da forma de processamento do milho para ovinos; MMRE - milho moído reidratado ensilado.

V. DISCUSSÃO

Em dietas de alto grão tendo o milho como principal ingrediente, a maior fonte de energia é o amido. Porém, para maior aproveitamento do amido do milho com endosperma vítreo, é preciso quebrar a barreira física da matriz protéica do pericarpo para facilitar o acesso das enzimas ao endosperma (Zinn et al., 2011).

O processamento físico reduz o tamanho da partícula do grão de milho e altera a estrutura morfológica do revestimento do grão, quebrando barreiras da matriz proteica (McAllister et al., 2001; Zinn et al., 2011), que limitavam o acesso enzimático aos componentes nutricionais; além disso, aumenta a área de superfície para atuação das enzimas. Quando se usa mais de um tipo de processamento, como foi o caso do MMRE, maiores são os benefícios, fato corroborado nos resultados iniciais das incubações *in situ*.

A maior degradabilidade do MMRE decorreu do processo de ensilagem, que aumenta a degradabilidade do amido, resultando na maior fração rapidamente degradável (fração a) e degradação potencial da MS. Isso porque, no período em que ocorreu o processo fermentativo, dentro do silo, promoveu ruptura da matriz proteína zeína em torno dos grânulos de amido (Hoffman et al., 2011; Junges et al., 2017; Saylor et al., 2020). Com isso, houve maior degradação potencial da MS *in situ* do MMRE em relação ao milho sem ensilagem. Owens et al. (1986) verificaram que a degradabilidade ruminal variou de 58,9% para o grão inteiro a 86% para o grão ensilado. A degradabilidade efetiva *in situ* da MS foi aumentada em 30% com a ensilagem de milho (Castro et al., 2019). O amido passa por transições irreversíveis que desordenam sua estrutura durante o processamento térmico e não térmico em excesso de água, denominado gelatinização (Liu et al., 2009). Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), pode ocorrer a gelatinização do amido quando há elevação da temperatura no interior do silo no início da ensilagem dos grãos ou, conforme Henrique et al. (2007), como resultado da ação dos ácidos e álcalis presentes na silagem. O amido sofre gelatinização, causando a quebra das ligações de hidrogênio mais fracas, que se unem às cadeias de amilose e amilopectina (Rooney & Pflugfelder, 1986). Portanto, o processo de fermentação do milho reidratado acarreta

tanto a quebra da matriz proteica quanto a gelatinização do amido, disponibilizando mais energia para o animal.

Entretanto, esta disponibilidade de energia do MMRE em dietas de alto grão deve ser analisada com cautela, em função do pH, da população microbiana e da saúde do rúmen. Apesar de o MMRE ter maior degradabilidade potencial da MS, dietas de alto grão com milho reidratado não proporcionaram condições adequadas de saúde do rúmen, evidenciado pela rápida queda de pH, alcançando e se mantendo próximo a 5,0 (Figura 2).

Quando os valores de pH ruminal reduzem abaixo de 6,0, as bactérias que degradam a fibra como *Ruminococcus albus* diminuem sua atividade, pois seu pH intracelular deve ser próximo à neutralidade de 6,5. Bactérias celulolíticas são mais sensíveis à variação de pH, levando à inibição da atividade desses microrganismos (Russel, 1996; Petri et al., 2012; Li et al., 2014). Maior número de bactérias amilolíticas produzem um ácido orgânico lactato, que aumenta a quantidade de hidrogênio livre e reduz o pH, proporcionando um ambiente favorável para espécies como a *Megasphaera elsdenii* – produtora de lactato e tolerante ao ambiente ruminal ácido com pH próximo a 5,0 (Trabi et al., 2019).

Conforme Russell & Wilson (1996), a acidose ruminal subclínica reduz a quantidade bactérias celulolíticas, caracterizada por uma longa duração de pH abaixo de 5,6. Esta situação foi observada para as dietas contendo MMRE, as quais apresentaram pH ruminal abaixo de 5,6, que se prolongou por mais de 3 h/d. Como as bactérias que degradam a fibra diminuíram, consequentemente a digestibilidade da FDN também reduziu, principalmente em comparação ao ambiente ruminal de dietas com milho quirela, no qual a redução de pH foi mais lenta que as outras dietas, em função do tempo após a alimentação (Figura 2). Valores de pH ruminal abaixo de pH <5,6 também são nocivos para a sobrevivência de bactérias amilolíticas (Hook et al., 2011).

Dietas com alta disponibilidade de amido não somente aumentam o risco de acidose ruminal subaguda, mas também de acidose intestinal, bem como reduzem a degradação dos carboidratos fibrosos (Petri et al., 2019). Além disso, afetam a degradação do amido do milho e da PB, proporcionando maior proliferação de bactérias que fermentam amido *Ruminobacter amylophilus* e *Succinomonas amylolytica*, e diminuem espécies que fermentam a fibra, a exemplo de *Fibribacter succinogenes* e *Ruminococcus Flavefaciens* (Li et al., 2014).

Em estudo com cordeiros alimentados com dieta de alto grão contendo diferentes tamanhos de moagem (2 e 6 mm), Andrés et al. (2018) verificaram que o cereal moído mais fino alterou a mucosa ruminal e o perfil de AGCC, além de contribuir para maior quantidade de bactérias associadas à acidose (*Prevotella* e *Quinella),* mas não alterou o pH e a digestibilidade de nutrientes.

As alterações de pH nos ovinos foram mais prejudiciais para as dietas com MMRE e as com milho fubá, sugerindo que, nestes animais, possivelmente se instaurou um quadro de acidose subclínica. Portanto, em dietas de alto grão para ovinos, recomenda-se a utilização do milho na forma de grão inteiro ou processado, para se obterem partículas maiores (quirela) e, assim, diminuir os riscos de distúrbios digestivos.

O epitélio gastrointestinal é uma barreira físico-imunológica com a função de manter e regular a saúde gastrointestinal. Por isso, o fornecimento de uma dieta de alto grão causa aumento da acidez do líquido ruminal e alterações na composição microbiana do rúmen, que podem desencadear danos no epitélio ruminal e aumentar sua permeabilidade (Emmanuel et al., 2007; Sun et al., 2018). Liu et al. (2014) observaram que a alimentação com alto grão acarreta diminuição no pH cecal e aumento nas concentrações de AGCC do ceco, ácido lático e lipossacarídeo, aumentando a fermentação intestino grosso de cabras.

Em dietas de alto grão, os produtos da fermentação se alteram, as concentrações de acetato e metano diminuem e as de propionato e butirato aumentam. Em comparação com dietas à base de forragem, dietas de alto grão aumentam a taxa de fermentação. Em experimento com cabras leiteiras, Metzler-Zebeli et al. (2013), utilizando dietas com 0, 30 e 60% de grão, constataram que o pH ruminal diminuiu linearmente com o aumento do nível de grão na dieta. Dessa forma, em dietas de alto concentrado, é necessário evitar que o pH ruminal diminua, seja por meio de aditivo tamponante na dieta ou pela própria atividade mastigatória dos animais.

As atividades de mastigação e ruminação não foram modificadas ($P>0,05$) pela forma de processamento de milho nas dietas. O processo mastigatório dos carneiros foi suficiente para diminuir o tamanho de partícula, proporcionando melhor aproveitamento dos nutrientes em um processo de digestão total. Além disso, durante a mastigação, ocorre a produção de saliva, que possui em sua composição o dióxido de carbono e o bicarbonato, que, juntamente com o alto teor de fosfato, funcionam como tamponante (McDougall, 1948), tornando o ambiente ruminal com pH ideal e evitando que ele se reduza.

Tanto o processo de redução do tamanho dos grãos quanto a atividade mastigatória realizada pelos ovinos servem para quebrar o revestimento do grão, gerando rachaduras e fissuras, o que ocasiona a quebra da barreira física e aumenta a exposição do amido (Zinn et al., 2011), permitindo a colonização microbiana e a ação de suas enzimas. Nesse sentido, algumas pesquisas relataram que os ovinos, por apresentarem atividade mastigatória intensa, seriam capazes de usar de maneira eficiente o grão na forma inteira, sem processamento (Ørskov, 1986; Gallo et al., 2014). Por isso, não houve diferenças (P>0,05) na digestibilidade entre as dietas de milho grão e as dietas com milho quirela ou milho fubá.

Em contrapartida, em dietas com MMRE, a ruminação e mastigação não proporcionaram insalivação suficiente para evitar valores baixos de pH, prejudicando a digestão da fibra e da proteína, mesmo sem diminuir o consumo.

Para degradação de material vegetal no rúmen, é necessária a colonização do alimento ingerido por um consórcio microbiano complexo. As proteínas vegetais são anexadas à estrutura tridimensional da celulose, que deve ser decomposta por enzimas celulolíticas e hemicelulolíticas de bactérias ruminais para permitir posterior proteólise (Rotger et al., 2006). Assim, com a menor taxa de degradação das proteínas, essas se tornam menos disponíveis para as bactérias proteolíticas; consequentemente, a redução do pH ruminal (P<0,05) altera a digestibilidade da PB e FDNcp e, por conseguinte, da MO.

O pH e NH_3 são importantes parâmetros do funcionamento e equilíbrio do ambiente ruminal. A demanda proteica atendida pelas dietas mantiveram-se próximas de 27 mg/dL de nitrogênio amoniacal ruminal e estão dentro do mínimo recomendado para o crescimento de microrganismos que degradam celulose e a otimização do consumo. Recomenda-se concentração mínima de 5 mg/dL (Satter & Roffler, 1979) para que exista fermentação ruminal e de 23 mg/dL (Mehrez & Ørskov, 1977) para que a fermentação microbiana potencialize.

Considerando que a ingestão de N é um fator que influencia a quantidade excretada de nitrogênio pelos animais (Marini et al., 2004), nesta pesquisa o consumo de nitrogênio foi igual entre as dietas. Além disso, quando se aumenta esta ingestão, verifica-se aumento linear da concentração de NUS (Marini et al., 2004), o que pode explicar o fato de o BN e NUS não terem diferido entre as dietas experimentais.

Entretanto, nas dietas utilizadas, apenas o milho quirela apresentou eficiência microbiana acima do recomendado pelo NRC (2001) para vacas leiteiras, de 130 g N

microbiano/kg NDT. De acordo com Hackman & Firkins (2015), os mecanismos do crescimento microbiano do rúmen podem diminuir a eficiência. Dessa forma, os microrganismos do rúmen possuem capacidade de acumular e mobilizar carboidratos de reserva, o que acarreta gasto de ATP e, por conseguinte, redução na eficiência do crescimento. Contudo, deve existir equilíbrio de energia e proteína, pois as bactérias não têm mecanismos eficientes para controlar a entrada de substratos na célula. Quando as concentrações de substrato energético excedem a capacidade bacteriana de obter energia em reações de síntese, o metabolismo diminui a produção e aumenta o gasto de ATP em reações denominadas "energy spillig" ou "ciclos fúteis" (Kozloski, 2019). Dietas de alto grão contento milho quirela proporcionaram o maior equilíbrio entre a disponibilidade de energia e proteína para os microrganismos ruminais, melhorando a eficiência do seu crescimento. Mesmo assim, percebe-se que, nas dietas contendo MMRE, o aumento da fração solúvel e da degradação ruminal do milho, nas condições de dieta de alto grão, não foi suficiente para melhorar a digestão total.

Provavelmente, partículas pequenas dos carboidratos (entre 1 e 2 mm) que escapam da degradação ruminal saem do rúmen através do orifício retículo-omasal em direção ao abomaso e, depois, o amido não fermentado é parcialmente convertido em glicose, no intestino delgado, pelas enzimas pancreáticas. Depois será aproveitado como energia pelas vísceras, e o restante será fermentado no intestino grosso, produzindo áxidos graxos de cadeia curta ou eliminado com as fezes.

Contudo, a digestão de amido no intestino delgado em ruminantes é relativamente menor que nos monogástricos, provavelmente pela baixa secreção de α-amilase pancreática (Ren et al., 2020). A função do pâncreas é fornecer enzimas digestivas para garantir a decomposição completa dos substratos na digesta duodenal e neutralizar o quimo ácido que sai do abomaso através da secreção de bicarbonato e fornecerá um ambiente ideal para atividade enzimática no processo digestivo (Huntington et al., 2006).

Carvalho et al. (2017) e Ferraretto et al. (2015) constataram maior digestibilidade *in vitro* da MS do MMRE e amido, todavia, nesta pesquisa foi observada maior degradabilidade do MMRE nos resultados *in situ* em ovinos (Figura 1), quando comparadas dietas com milho seco (grão, quirela e fubá). Isso porque os ovinos são capazes de se adaptarem ao aumento do amido intestinal (Harmon & Swamon, 2020), fato comprovado por Mabjeesh et al. (2003), que observaram respostas adaptativas no transporte de glicose e sua absorção no intestino delgado em ovinos.

Gorocica-Buenfil & Loerch (2005) compararam o milho inteiro e o milho quebrado com dois níveis de silagem de milho (5 vs 18% da MS). A inclusão de 18% de silagem de milho na dieta de milho inteiro reduziu em 7% o CMS dos animais, mas o processamento do milho não afetou significativamente o ganho de peso, a eficiência alimentar e o rendimento de carcaça. Este resultado comprova que não houve vantagem em quebrar o milho, em vez de fornecê-lo inteiro.

O processamento a ser utilizado em dietas de alto grão para cordeiros deve ser selecionado com base no aumento de digestibilidade, na aceitabilidade pelo animal, no custo e na probabilidade de causar disfunções digestivas.

Desse modo, como a dieta representa uma parcela significativa no custo de produção, a decisão de usar milho grão inteiro apresenta vantagens, por ser de fácil fornecimento, sem requerer prévio processamento. Isto porque, além dos benefícios inerentes da digestibilidade, a opção por moagem, mesmo que sem peneira para obtenção do milho quirela, implicaria em maiores custos de energia, mão de obra e tempo despendido para a atividade de processamento.

Em razão de o rendimento médio por tempo de moagem ser até três vezes menor em diferentes granulometrias (3 mm vs 9 mm) (Castro et al., 2019), quanto menor o rendimento por hora, consequentemente mais tempo se gasta com mão de obra e energia. Contudo, a moagem do milho quirela processado sem a peneira neste experimento, com tamanho geométrico médio das partículas de 1.700 µm, melhorou a eficiência de crescimento microbiano e, dessa forma, à semelhança da moagem do grão inteiro, também apresentou vantagem em relação ao tempo gasto para realização desse processamento quando comparado à moagem em peneira de crivo com menor diâmetro.

Precisa-se de mais estudos sobre desempenho, eficiência alimentar e retorno econômico de dietas com MMRE para ovinos, porque seria uma alternativa de conservação do milho para uso em maior período de tempo de armazenagem.

VI. CONCLUSÕES

Recomenda-se o uso do milho grão inteiro para dietas de alto grão, pois possibilita maior aproveitamento dos nutrientes e condições ruminais satisfatórias ao desenvolvimento dos microrganismos.

O processamento do milho na dieta afeta os parâmetros metabólicos e ruminais em ovinos.

Dietas de alto grão com MMRE diminuem a digestibilidade da proteína bruta e fibra e podem ocasionar acidose subclínica.

VII. REFERÊNCIAS

AGRICUTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Necesidades energéticas y protéicas de los ruminantes**. Zaragoza: Acribia, 1993. 175p.

ANDRÉS, S.; JARAMILLO, E.; BODAS, R.; BLANCO, C.; BENAVIDES, J.; FERNÁNDEZ, P.; GONZÁLEZ, E. P.; FRUTOS, J.; BELENGUER, A.; LÓPEZ, S.; GIRÁLDEZ, F. J. Grain grinding size of cereals in complete pelleted diets for growing lambs: effects on ruminal microbiota and fermentation. **Small Ruminant Research**, v. 159, p. 38-44, 2018.

ARCARI, M. A.; MARTINS, C. M. D. M. R.; TOMAZI, T.; DOS SANTOS, M. V. Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 1, p. 60-71, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington, Virginia: AOAC International, 1995.

BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; COELHO DA SILVA, J. F.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P. Ingestive behavior in holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.

CARVALHO, B. F.; ÁVILA, C. L. S.; BERNARDES, T. F.; PEREIRA, M. N.; SANTOS, C. R. F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 122, n. 3, p. 589-600, 2017.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. D. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G. D.; PAULINO, M. F. Influence of incubation time and particles size on indigestible compounds contents in cattle feeds and feces obtained by *in situ* procedures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.2, p. 335-342, 2008.

CASTRO, L. P.; PEREIRA, M. N.; DIAS, J. D.; LAGE, D. V.; BARBOSA, E. F.; MELO, R. P.; PEREIRA, R. A. Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n.11, p. 9857-9869, 2019.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. **Rowett Research Institure,** 21p., 1992.

DE, K.; SAXENA, V. K.; BALAGANUR, K., KUMAR, D.; NAQVI, S. M. K. Effect of short-term seclusion of sheep on their welfare indicators. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 27, p. 1-7, 2018.

EMMANUEL, D. G. V.; MADSEN, K. L.; CHURCHILL, T. A.; DUNN, S. M., AMETAJ, B. N. Acidosis and lipopolysaccharide from *Escherichia coli* B: 055 cause hyperpermeability of rumen and colon tissues. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5552-5557, 2007.

FENNER, H. et al. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v. 48, p. 249-251, 1965.

FERRARETTO, L. F.; FREDIN, S. M.; SHAVER, R. D. 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**, v. 98, n.10, p. 7318-7327, 2015.

GALLO, S. B.; DE ALMEIDA MERLIN, F.; DE MACEDO, C. M.; DE OLIVEIRA SILVEIRA, R. D. Whole grain diet for feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 120, n. 2-3, p.185-188, 2014.

GAYRAL, M.;GAILLARD, C.; BAKAN, B.; DALGALARRONDO, M., ELMORJANI, K.; DELLUC, C.; BRUNET, S.; LINOSSIER, L.; MARIE-HELENE, M.; MARION, D. Transition from vitreous to floury endosperm in maize (*Zea mays* L.) kernels is related to protein and starch gradients. **Journal of Cereal Science**, v.68, p. 148-154, 2016.

GOROCICA-BUENFIL, M.A.; LOERCH, S.C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on the diet digestibility and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, v.83, p.705-714, 2005.

GOZHO, G. N.; PLAIZIER, J. C.; KRAUSE, D. O., KENNEDY, A. D.; WITTENBERG, K. M. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.4, p. 1399-1403, 2005.

HACKMANN, T. J.; FIRKINS, J. L. Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. **Frontiers in microbiology**, v.6, p.465, 2015.

HALL, M.B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.

HARMON, D. L.; SWANSON, K. C. Nutritional regulation of intestinal starch and protein assimilation in ruminants. **Animal**, v.14, n.S1, p.s17-s28, 2020.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J. A.; LEME, P. R.; LANNA, D. P. D., ALLEONI, G. F.; COUTINHO FILHO, J. L. V.; Sampaio, A. A. M. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação: Desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p.183-190, 2007.

HOFFMAN, P. C., N. M. ESSER, R. D. SHAVER, W. K. COBLENTZ, M. P. SCOTT, A. L. BODNAR, R. J. SCHMIDT, AND R. C. CHARLEY. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**. v. 94, p. 2465-2474, 2011.

HOOK, S. E.; STEELE, M. A.; NORTHWOOD, K. S.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; WRIGHT, A. D. G.; McBRIDE, B. W. Impact of subacute ruminal acidosis (SARA) adaptation and recovery on the density and diversity of bacteria in the rumen of dairy cows. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 78, n. 2, p. 275-284, 2011.

HUNTINGTON, G. B., HARMON, D. L.; RICHARDS, C. J., Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. suppl_13, p. E14-E24, 2006.

JUNGES, D.; MORAIS, G.; SPOTO, M. H. F.; SANTOS, P. S.; ADESOGAN, A. T.; NUSSIO, L. G.; DANIEL, J. L. P. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9048-9051, 2017.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3.ed. 2ª reimpressão. Santa Maria, Editora da UFSM, 2019. 216p.

LI, F.; YANG, X. J.; CAO, Y. C., LI, S. X.; YAO, J. H.; Li, Z. J.; SUN, F. F. Effects of dietary effective fiber to rumen degradable starch ratios on the risk of sub-acute ruminal acidosis and rumen content fatty acids composition in dairy goat. **Animal Feed Science and Technology**, v. 189, p. 54-62, 2014.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LIU, H.; XIE, F.; YU, L.; CHEN, L.; LI, L. Thermal processing of starch-based polymers. **Progress in Polymer Science**, v. 34, n. 12, p. 1348-1368, 2009.

LIU, J.; XU, T.; ZHU, W.; MAO, S. High-grain feeding alters caecal bacterial microbiota composition and fermentation and results in caecal mucosal injury in goats. **British Journal of Nutrition**, v. 112, n. 3, p. 416-427, 2014.

MABJEESH, S. J.; GUY, D.; SKLAN, D. Na+/glucose co-transporter abundance and activity in the small intestine of lambs: enhancement by abomasal infusion of casein. **British Journal of Nutrition**, v. 89, n. 5, p. 573-580, 2003.

MARINI, J. C.; KLEIN, J. D.; SANDS, J. M.; VAN AMBURGH, M. E. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 4, p. 1157-1164, 2004.

MARTIN, P.; BATESON, P. P. G.; BATESON, P. **Measuring behaviour**: an introductory guide. Cambridge University Press, 1993.

McALLISTER, T.A.; HRISTOV, A. N.; BEAUCHEM. Enzymes in ruminant diets. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. (Eds.) **Enzymes in farm animal nutrition**. Oxon: Cab International, 2001. p. 273-298.

McDOUGALL, E. I. The composition and output of sheep's saliva. **The Biochemical Journal**, v. 43, n. 1, p. 99-109, 1948.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of artificial fibre bag technique for determining the dig estibility of feeds in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.

METZLER-ZEBELI, B. U.; SCHMITZ-ESSER, S.; KLEVENHUSEN, F.; PODSTATZKY-LICHTENSTEIN, L., WAGNER, M.; ZEBELI, Q. Grain-rich diets differently alter ruminal and colonic abundance of microbial populations and lipopolysaccharide in goats. **Anaerobe**, v. 20, p. 65-73, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. **Nutrient requirements of small ruminants**, 2007. 362p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed Washington. DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

ØRSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1624-1633, 1986.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 1634-1648, 1986.

PETRI, R. M.; FORSTER, R. J.; YANG, W.; McKINNON, J. J.; McALLISTER, T. A Characterization of rumen bacterial diversity and fermentation parameters in concentrate fed cattle with and without forage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 112, n. 6, p.1152-1162, 2012.

PETRI, R. M.; MÜNNICH, M.; ZEBELI, Q.; KLEVENHUSEN, F. Graded replacement of corn grain with molassed sugar beet pulp modulates the fecal microbial community and hindgut fermentation profile in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5019-5030, 2019.

REN, H.; BAI, H.; SU, X.; PANG, J.; LI, X.; WU, S.; CAO, Y.; CAI, C.; YAO, J. Decreased amylolytic microbes of the hindgut and increased blood glucose implied

improved starch utilization in the small intestine by using rumen-protected leucine in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 5, p. 4218-4235, 2020.

REIS, W. L. S.; DETMANN, E.; BATISTA, E. D., RUFINO; L. M. A.; GOMES, D. I.; BENTO, C. B. P.; MANTOVANI, H. C.; VALADARES FILHO, S. C. Effects of ruminal and post-ruminal protein supplementation in cattle fed tropical forages on insoluble fiber degradation, activity of fibrolytic enzymes, and the ruminal microbial community profile. **Animal Feed Science and Technology**, v. 218, p. 1-16, 2016.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H.; VEIGA, R. M., ANDRADE, L. P.; HÄRTER, C. J;, RABELO, F. H.; BASSO, F.C.; DENISMAR, A. N.; REIS, R. A. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 213-221, 2014.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.

ROTGER, A.; FERRET, A.; CALSAMIGLIA, S.; MANTECA, X. Effects of nonstructural carbohydrates and protein sources on intake, apparent total tract digestibility, and ruminal metabolism in vivo and in vitro with high-concentrate beef cattle diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 5, p. 1188-1196, 2006.

RUSSELL, J. B.; WILSON, D. B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 8, p. 1503-1509, 1996.

SAYLOR, B. A.; CASALE, F.; SULTANA, H.; FERRARETTO, L. F. 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**, v. 103, n. 1, p. 379-395, 2020.

SATTER, L. D.; ROFFLER, R. E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 8, p. 1219-1237, 1975.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SUN, Y. Y.; CHENG, M.; XU, M.; SONG, L. W.; GAO, M.; HU, H. L. The effects of subacute ruminal acidosis on rumen epithelium barrier function in dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 169, p. 1-7, 2018.

TRABI, E. B.; SEDDIK, H. E., XIE, F., LIN, L.; MAO, S. Comparison of the rumen bacterial community, rumen fermentation and growth performance of fattening lambs fed low-grain, pelleted or non-pelleted high grain total mixed ration**. Animal Feed Science and Technology**, v. 253, p. 1-12, 2019.

ZANOTTO, D. L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A. S. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 3, p. 428-436, 1995.

ZHANG, H.; GAO, R.; DONG, S. Anatomical and physiological characteristics associated with corn endosperm texture. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 4, p. 1258-1264, 2011.

ZINN, R. A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F. N.; PLASCENCIA, A. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. **Nutrition Research Reviews**, v. 24, n. 2, p. 183-190, 2011.